



**HAL**  
open science

# Comment améliorer le confort thermique des écoles des “Bas” de La Réunion grâce à des aménagements paysagers ?

Léa Moreau

## ► To cite this version:

Léa Moreau. Comment améliorer le confort thermique des écoles des “Bas” de La Réunion grâce à des aménagements paysagers ?. Sciences du Vivant [q-bio]. 2019. dumas-02395568

**HAL Id: dumas-02395568**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-02395568>**

Submitted on 5 Dec 2019

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L’archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d’enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

Année universitaire : 2018-2019

Spécialité/Mention : Paysage

Spécialisation/Parcours :

Projet de Paysage Site et Territoire (PPST)

### Mémoire de Fin d'Études

d'Ingénieur de l'Institut Supérieur des Sciences agronomiques, agroalimentaires, horticoles et du paysage

de Master de l'Institut Supérieur des Sciences agronomiques, agroalimentaires, horticoles et du paysage

d'un autre établissement (étudiant arrivé en M2)

# Comment améliorer le confort thermique des écoles des « Bas » de La Réunion grâce à des aménagements paysagers ?

Par : Léa MOREAU

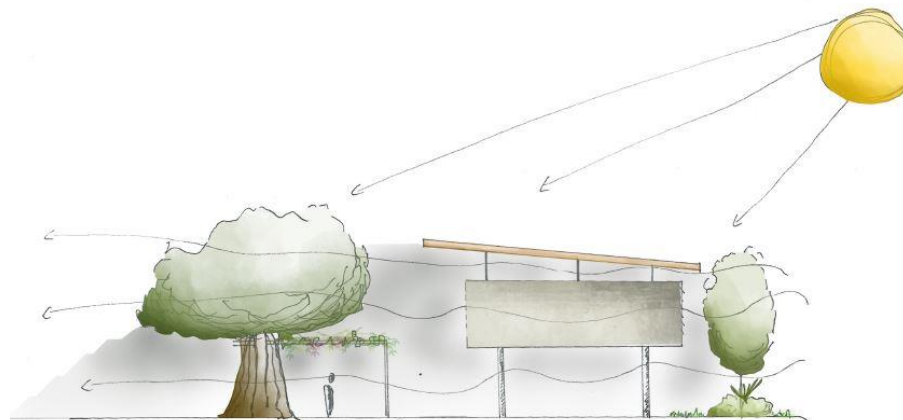
*Soutenu à Angers le 19 septembre 2019*

**Devant le jury composé de :**

Présidente : Sophie Herpin

Maître de stage : Clément Aquilina

Enseignante référente : Nathalie Carcaud



*Les analyses et les conclusions de ce travail d'étudiant n'engagent que la responsabilité de son auteur et non celle d'Agrocampus Ouest*





# Remerciements

Merci à l'ensemble de l'équipe du CAUE de l'île de La Réunion pour son accueil et sa joie de vivre au travail. Une pensée s'adresse particulièrement à Gilberte Labache, Cédric Legros et Clément Aquilina pour leurs conseils et disponibilité dans la rédaction de ce mémoire.

Je remercie Nathalie Carcaud pour sa réactivité et les agréables échanges fournis de bonnes remarques.

Je remercie tendrement ma famille et mes amis pour avoir été à mes côtés même à des milliers de kilomètres, et enfin merci à Benjamin d'être parti à l'aventure avec moi.

# Sommaire

<b>Introduction.....</b>	<b>1</b>
<b>I- Le confort thermique dans les écoles : une urgence à La Réunion qui ne trouve pas une réponse adaptée.....</b>	<b>2</b>
1. Le confort thermique : les facteurs et les liens avec l'aménagement.....	3
2. L'origine du relief et du climat des «Bas».....	5
3. Contexte de la création d'une réglementation spécifique aux DOM.....	7
4. Les problématiques associées à l'utilisation massive de la climatisation : une réponse à l'urgence.....	9
<b>II- La cour, un élément clef du projet pour rafraîchir les salles.....</b>	<b>11</b>
1. Etat des lieux du patrimoine scolaire.....	12
2. Construction : Une école innovante à La Réunion : cas de l'école Bois d'Olive.....	13
3. Vers un programme de réhabilitation des cours : exemple des écoles Oasis , Ville de Paris.....	15
4. Le végétal dans la problématique de confort thermique.....	16
<b>III- Réflexion sur un cas particulier.....</b>	<b>19</b>
1. Méthodologie de l'étude.....	20
2. Analyse des résultats du cas concret.....	20
3. Préconisations paysagères.....	25
4. Application concrète : entre critiques, limites et perspectives.....	30
<b>Conclusion.....</b>	<b>32</b>
<b>Bibliographie et sitographie.....</b>	<b>34</b>

## Glossaire

Albédo : rapport de l'énergie solaire réfléchi par une surface sur l'énergie solaire incidente. C'est le pouvoir réfléchissant d'une surface.

Bagasse : c'est un résidu fibreux de la canne à sucre utilisable pour la production de bioénergie

Baro : portail en créole

Bas : partie de l'île dont l'altitude est inférieure à 400 m. À l'inverse des «hauts».

Haie stratifiée : haie comportant des plantes de différentes tailles (buissons, arbustes, arbres)

Hauteur d'allège : espace compris entre le sol et la fenêtre.

Îlot de chaleur urbain : écart de température observé entre une agglomération et son environnement périphérique

Jalousie : système de volet orientable

Kaz : maison en créole

Kour : jardin en créole

## Liste des abréviations

BET : Bureau d'Étude Technique

CAUE : Conseil d'Architecture, d'Urbanisme et d'Environnement

CBS : Coefficient de Biotope par Surface

DOM : Département d'Outre Mer

HQE : Haute Qualité Environnementale

ICU : Ilot de Chaleur Urbain

LPO : Ligue de Protections des Oiseaux

PACTE : Programme d'Action pour la qualité de la Construction et la Transition Énergétique

PERENE : PERformances ENergétiques des bâtiments à La Réunion

PRR : Plan de Relance Régional

RDC : Rez De Chaussée

R+1 : Rez de Chaussée plus un étage

RTAA DOM : Réglementation Thermique Acoustique Aération des DOM

VRD : Voiries et Réseaux Divers

## Liste des illustrations

### Figures

1 : Diagramme de Givoni

2.1 : Températures au sol selon les formes urbaines et la densité de l'habitat

2.2 : Températures au sol selon le type de revêtement

3 : Course du Soleil et ombres portées

4 : Les étapes de la formation de l'île de La Réunion

5 : Paysage typique de La Réunion : relief abrupt et Océan Indien en toile de fond

6 : Carte localisant les zones climatiques selon PERENE

7 : Diagramme de l'air humide comparant confort thermique et les données relative à la zone 1

8 : Un jardin créole depuis la rue

9 : Plan d'organisation d'une kour

10 : Naissance d'une réglementation

11 : Répartition des énergies utilisées à La Réunion

12 : Les typologies de bâtis scolaires

13 : Plan de l'école et son orientation en fonction des vents dominants et du soleil

14 : Le bâti de l'école et ses protections solaires adaptées

15 : Végétalisation de la cour et ses abords

16 : Une cour Oasis du 18ème arrondissement

17 : Une cour Oasis

18 : Les trois types de rayonnement

19: Capacité d'absorption du rayonnement solaire par une feuille

20 : Graphique de la variation de la température et de l'humidité relative de l'air pour chaque station

21: Comparaison des températures et de l'humidité moyennes sur une semaine pendant le temps de présence des élèves

22 : Comparaison des températures intérieures et extérieures pour deux salles de classe  
23 : Localisation des capteurs, de la course du Soleil et de la direction des vents dominants  
24 : Pare-soleil en métal limitant la ventilation naturelle  
25 : Diagramme radar des ressentis des enseignants dans trois classes  
26 : Relevés des températures à l'ombre et au soleil sur différents matériaux au voisinage des bâtiments  
27 : Une cour peu végétalisée  
28 : Caractérisation de l'environnement proche de l'école  
29 : Modélisation des ombres portées sur la cour de l'école lors de la campagne de mesures  
30 : Ombres portées partielles des banians sur la cour  
31 : Température ressentie en fonction de l'ombre  
32 : Analyse générale de la cour de récréation  
33 : Plan de masse de la proposition  
34 : Coupes de principes de la proposition  
35 : Esquisse de la proposition  
36 : Planche de photographies de la palette végétale  
37 : Planche de photographies de la palette matériaux

## Tableaux

1 : Quelques matériaux et leur capacité d'absorption  
2 : Données météorologiques de la zone 1 en été et en hiver  
3 : Comparaison du CBS initial et après travaux  
4 : Les grands enjeux de la cour de récréation

# Introduction

33 degrés dans les classes des Bas de l'île de La Réunion : c'est le premier chiffre paru en mars 2019 après le lancement de l'étude sur le confort thermique dans les écoles, menée par le CAUE de La Réunion dans le cadre du programme national PACTE (Programme d'Action pour la qualité de la Construction et la Transition Energétique). Les "Bas de l'île" est une expression pour désigner les parties de l'île dont l'altitude est inférieure à 400 mètres et où la chaleur est la plus élevée.

Depuis de nombreuses années, la problématique du confort thermique dans les écoles est récurrente, notamment durant l'été austral, saison la plus chaude à La Réunion.

Les enfants y passant en moyenne 7 heures par jour durant 4 jours par semaine : comment est-il possible de se concentrer dans de telles conditions?

A une échelle plus large, en métropole, le brevet des collèges de juin 2019 a été décalé à cause

de la canicule qui pouvait nuire à la sécurité des élèves. Décision ministérielle relativement critiquée à La Réunion où les habitants se sont sentis ignorés : "la «canicule» ici, on la vit tous les étés. Et pourtant rien n'est fait." [1]

La problématique est réelle et urgente.

L'école est le premier lieu d'expérience avec le cadre de vie éducatif, dans lequel la cour de récréation a un rôle majeur. En effet, la cour est l'endroit de socialisation qui "fonctionne comme une micro-société où les élèves mettent en place des règles de vie" (Delalande J., 2001). Généralement, c'est aussi le seul espace de l'école qui est végétalisé et donc celui où nous pouvons intervenir en tant que paysagistes.

Aujourd'hui, une pression importante de la part des parents d'élèves est exercée pour installer des systèmes de climatisation dans les écoles (voir article de journaux en annexes). Or, d'autres solutions plus durables, permettant d'abaisser la température, existent. En effet, il est nécessaire d'adapter nos lieux de vie aux conditions de vie contemporaine.

Les bâtiments et les espaces extérieurs font très souvent l'objet de deux projets bien distincts. Cette ségrégation entre le domaine de l'architecture et du paysage se révèle de manière flagrante notamment dans l'organisation et le fonctionnement des agences de conception ou

encore dans la formation des étudiants. Comme nous le démontrerons dans ce mémoire, il existe une forte interdépendance au sujet de la recherche du confort thermique entre l'espace extérieur et l'espace intérieur. Ils doivent donc être considérés comme un seul et même projet car ils fonctionnent ensemble à l'image d'une symbiose chez les êtres vivants.

**Ainsi : comment améliorer le confort thermique des écoles des "Bas" de La Réunion grâce à des aménagements paysagers ?**

Pour répondre à cette problématique, la stratégie développée est décrite selon le plan suivant. Tout d'abord, qu'est ce que le confort thermique? et dans quels contextes s'inscrit l'étude?

Puis, en nous fondant sur des exemples à La Réunion et à Paris, nous présenterons quelles sont les évolutions et les innovations dans l'aménagement des écoles et pourquoi le végétal joue un rôle important.

Enfin, à l'aide des résultats d'une étude de cas, il sera proposé des préconisations paysagères spécifiques ainsi qu'une analyse critique.



# **I- Le confort thermique dans les écoles : une urgence à La Réunion qui ne trouve pas une réponse adaptée**

- 1. Le confort thermique : les facteurs et les liens avec l'aménagement**
- 2. L'origine du relief et du climat des «Bas»**
- 3. Contexte de la création d'une réglementation spécifique aux DOM**
- 4. Les problématiques associées à l'utilisation massive de la climatisation : une réponse à l'urgence**

## I- 1. Le confort thermique : les facteurs et les liens avec l'aménagement

Le confort thermique est défini comme un état de satisfaction du corps vis-à-vis de l'environnement thermique (ASHRAE.,2010).

Il résulte d'une interaction entre un sujet et son milieu ainsi que des échanges entre ces deux systèmes. Selon la norme EN 15251 de 2007 sur les critères d'ambiance intérieure, le confort thermique correspond à une température inférieure à 27°C (source : Conférence Suzanne Déoux)

Définir la notion de confort thermique n'est pas toujours aisé au vue de la multitude de paramètres qui y sont corrélés.

Tout d'abord, nous pouvons citer des facteurs physiologiques, propres à chaque être humain. Pour le fonctionnement du corps, le métabolisme spécifique à chacun permet la création d'énergie à partir de nourriture et d'oxygène, dont une grande partie est dissipée sous forme de chaleur. Trois types d'échanges principaux régissent aussi le corps humain :

### Les échanges radiatifs

Le corps échange des rayonnements et en reçoit de la part de son environnement (soleil,paroi,...)

### Les échanges convectifs

ce sont des transferts de chaleur entre l'air et la peau.

### Les échanges par évapotranspiration

Cet échange dépend essentiellement de l'habillement, de l'activité faite et de la capacité de l'air extérieur à absorber une quantité d'eau

supplémentaire.

Ces échanges physiologiques du corps seront positifs ou négatifs selon les paramètres physiques locaux. Les paramètres qui participent le plus au confort thermique sont :

### la température

L'échelle utilisée dans la vie courante est celle des degrés Celcius, dont le zéro correspond à la température de fusion de la glace. En France métropolitaine, la population est parfois confrontée à des épisodes où les températures sont élevées de jour comme de nuit sur une période prolongée. C'est alors la canicule.

### l'humidité

À La Réunion, l'air ayant une humidité très forte, il est alors difficile pour l'air extérieur d'absorber une grande quantité d'eau supplémentaire, ce qui explique pourquoi la sueur s'évapore mal et donc que nous ressentons un inconfort thermique.

### la vitesse de l'air

pour une vitesse de 1,5 m/s, l'abaissement de la température ressentie peut atteindre 3,5°C. (source conférence Suzanne Déoux)

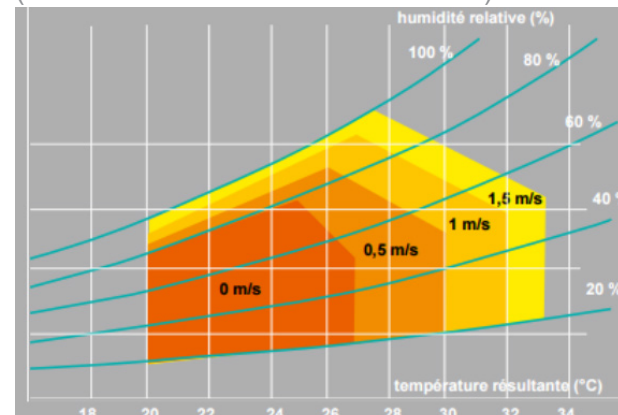


Fig 1 : Diagramme de Givoni

Source : <http://univ-biskra.dz/enseignant/hamel/Confort%20thermique%202002.pdf>

La mise en mouvement de l'air dans les salles de classes est donc un levier d'action important dans le confort thermique selon les conditions d'humidité et de température comme le montre le diagramme de Givoni (fig. 1).

En revanche, un équilibre doit être trouvé. En effet, à partir de 1 m/s, le papier entre en mouvement. Ainsi, dans un cadre scolaire, avec cette vitesse d'air le confort d'usage n'est plus atteint.

Deux autres paramètres précisent ces premiers facteurs causaux :

-l'ensoleillement qui correspond aussi à la nébulosité du ciel

-le rayonnement qui dépend essentiellement de la hauteur du soleil : plus l'angle d'incidence par rapport à l'horizon est grand plus son intensité est forte.

D'autres variables qualifiables de subjectives entrent aussi en jeu.

En effet, l'influence des paramètres physiques étudiés précédemment tels que la température, le rayonnement et la vitesse du vent peuvent être perçus différemment selon la situation. Effectivement, la vue influence beaucoup notre ressenti. Par exemple, nous pouvons éprouver une impression de fraîcheur en observant de la végétation ou encore la peinture d'une pièce peinte en blanc plutôt qu'avec des couleurs chaudes (Auffret P.Y. & Gatina J.C., 1984).

Nous pouvons ainsi agir individuellement pour optimiser notre confort thermique, notamment quotidiennement dans la manière de nous habiller selon notre sensibilité propre au chaud ou au froid. Toutefois, pour améliorer de

manière significative le confort thermique, la seule possibilité pour l'homme est d'agir sur les aménagements. La conception des villes, l'habitat, les espaces collectifs, les jardins doivent permettre de diminuer au maximum les effets négatifs des événements climatiques locaux qui nuisent au confort thermique.

Dans le cas des bâtiments scolaires, les aménagements doivent prendre en compte :

### l'environnement proche du bâtiment

Où et comment diminuer les îlots de chaleur urbain (ICU)? En effet, le ressenti ne sera pas le même selon les formes urbaines et la densité de l'habitat (fig 2.1) ainsi que les revêtements (fig 2.2), comme le montrent les températures au sol de l'espace public dans l'étude réalisée par Météo France. (fig. 2). [2]

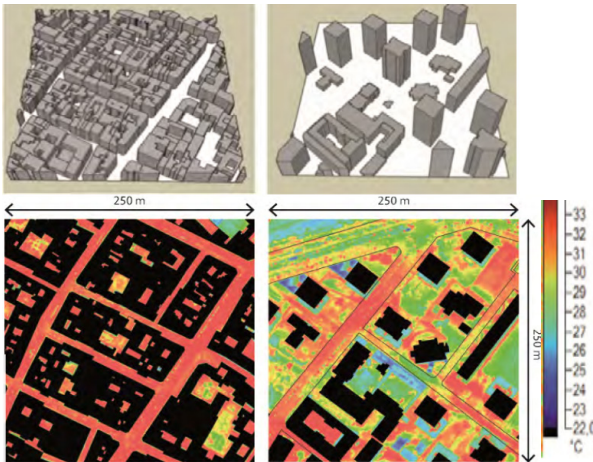


Fig 2.1 : Températures au sol selon les formes urbaines et la densité de l'habitat - Source et crédit : APUR

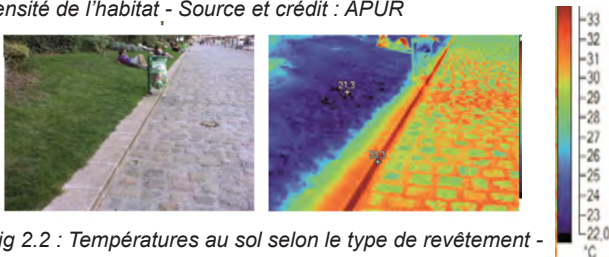


Fig 2.2 : Températures au sol selon le type de revêtement - Source et crédit : APUR

### l'orientation du bâti sur la parcelle

Il est important d'orienter le bâti et ses ouvertures selon la trajectoire du soleil et des vents (fig. 3). L'objectif principal à La Réunion, est de se protéger du soleil et de ventiler au maximum.

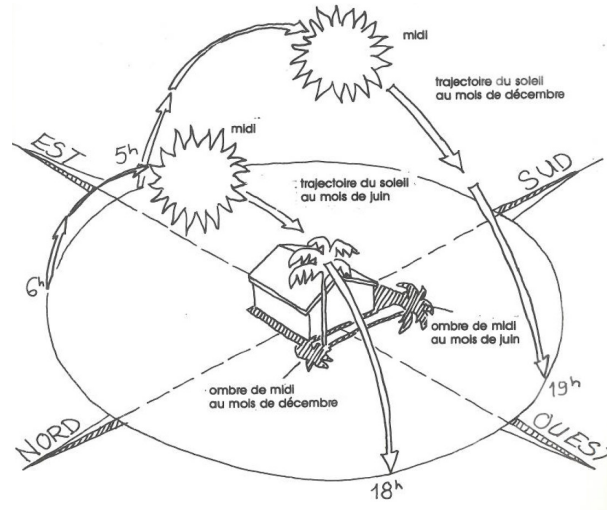


Fig 3 : Course du Soleil et ombres portées  
Source : Auffret P.Y. & Gatina J.C., 1984

### l'enveloppe du bâtiment

Chaque matériau possède des caractéristiques spécifiques selon sa capacité à absorber la chaleur, à la conduire, à l'accumuler ou à la rayonner (Auffret P.Y. & Gatina J.C., 1984). Des grandeurs physiques caractérisent les réactions thermiques que les matériaux peuvent avoir selon leur nature. Il s'agit de :

- la capacité d'absorption : c'est la part du rayonnement direct ou indirect du soleil qui est absorbée par un matériau. Elle dépend essentiellement de la couleur de sa surface exposée. Le facteur d'absorption vaut 1 pour un corps parfaitement noir et à l'inverse 0 pour un corps parfaitement réfléchissant. Le tableau suivant (tab. 1) recense les différents matériaux selon leur capacité d'absorption (Auffret P.Y. & Gatina J.C., 1984).

Tab 1 : Quelques matériaux et leur capacité d'absorption  
données : Auffret P.Y. & Gatina J.C., 1984

Surface	Facteur d'absorption
Aluminium	0,15
Oxyde de zinc	0,15
Peinture crème clair	0,40
Peinture jaune clair	0,45
Peinture vert clair	0,50
Béton nu	0,60
Noir	0,87

- l'inertie thermique : lorsque les rayons du soleil atteignent le mur extérieur d'un bâtiment celui-ci va s'échauffer progressivement. L'onde de chaleur pénètre dans le mur jusqu'à atteindre la face intérieure du mur avec un déphasage de temps qui dépend de la résistance thermique du mur. Par exemple, un mur en béton d'une épaisseur de 20 centimètres transmet la chaleur jusqu'à la face intérieure du mur avec un décalage d'environ 8 heures et la restitue pendant un temps relativement long. Si le soleil commence à chauffer à 11h du matin, il commencera à rayonner à l'intérieur à partir de 19 heures et continuera jusqu'au milieu de la nuit (Auffret P.Y. & Gatina J.C., 1984).

Ces grandeurs physiques nous éclairent sur les choix de matériaux les plus adaptés à la problématique du confort thermique. Ainsi, il semble judicieux d'orienter nos choix vers des matériaux avec une capacité d'absorption et une inertie thermique faibles afin que l'enveloppe du bâtiment contribue à diminuer les sensations d'inconfort ressenties par les usagers.

### **l'aménagement de la cour d'école**

Celui-ci vient compléter un bâtiment bien pensé. La végétation, tout comme l'implantation du bâti, sont à concevoir selon les éléments naturels influençant le confort thermique (course du soleil, vent,..). Ils faut réfléchir aux palettes végétales notamment en fonction de l'ombrage, de la densité et des strates souhaitées.

### **les équipements**

Installer des brasseurs d'air performants.

### **les usages**

Par exemple, en disposant de manière pertinente le mobilier pour qu'il ne soit pas un frein à la ventilation naturelle ainsi qu'une utilisation adéquate des jalousies et des protections solaires. Cela passe aussi par une sensibilisation importante auprès des usagers.

Après cette définition générale du confort thermique, il est nécessaire de l'adapter au cas de La Réunion en étudiant les paramètres climatiques locaux.

## **I- 2. L'origine du relief et du climat des «Bas»**

La formation de l'île de La Réunion est d'origine volcanique à partir d'un point chaud. Le trop-plein de chaleur remonte depuis le noyau de la terre jusqu'à la surface.

Lorsque la croûte terrestre cède sous la pression de la chaleur extrême, la lave jaillit et forme alors un volcan. C'est un même point chaud qui, grâce aux mouvements des plaques tectoniques, a formé successivement les Trapps du Deccan en Inde, les Laccadives, les Maldives, les îles Chagos et les Mascareignes. La Réunion est

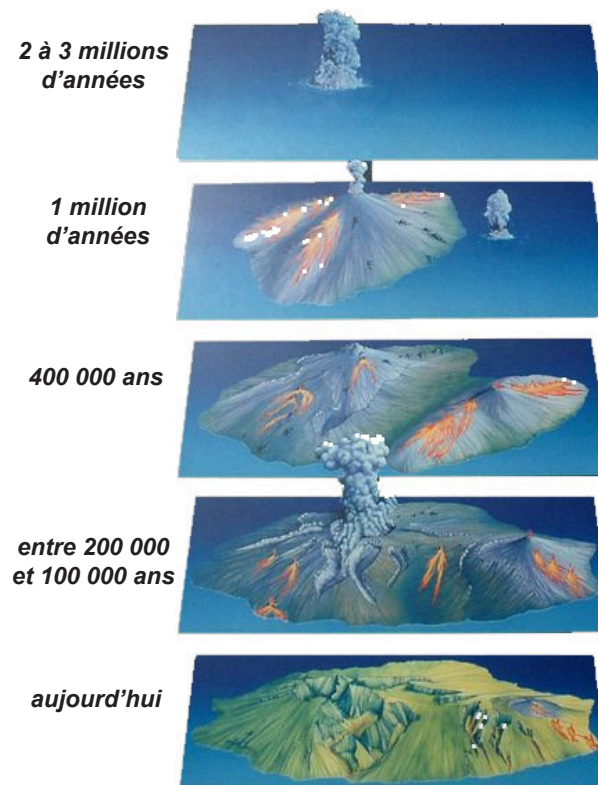


Fig 4 : Les étapes de la formation de l'île de La Réunion  
Source : Atlas des paysages de La Réunion, [3]

donc le maillon le plus jeune issu du point chaud. Sa formation s'est faite progressivement pour atteindre la circonférence et le relief que nous connaissons actuellement. (fig. 4).

L'île de La Réunion est caractérisée par un relief très accidenté du fait de la jeunesse des deux volcans émergés qui la composent. Le Piton des Neiges, endormi depuis 12 000 ans, est le point culminant de l'île. Sa partie émergée s'élève à 3069 mètres. Il est entouré des trois cirques Mafate, Cilaos, Salazie résultant de l'affaissement des chambres magmatiques. Le Piton de la Fournaise, formé il y a environ 350 000 ans, culmine à 2 631 mètres et fait partie des volcans les plus actifs au monde. [3]

Une autre caractéristique majeure de ce relief est sa variabilité brutale. Effectivement, à seulement une trentaine de kilomètres des côtes, il est possible d'atteindre une altitude de 3 000 mètres. Comme une jonction entre les "hauts" et les "bas" de l'île, les pentes externes de l'ensemble volcanique sont striées par des ravines nées de l'érosion autour des sommets.



Fig 5 : Paysage typique de La Réunion : relief abrupt et Océan Indien en toile de fond  
Source : Moreau L., 2019

Nous le comprenons, l'évolution de la structure géologique de l'île est très active. Soumise aux éruptions volcaniques du piton de La Fournaise, l'île voit sa surface augmenter régulièrement et ses paysages changer lorsque des coulées de lave atteignent la mer vers le sud-est.

Ce relief particulier est un facteur de la diversité des climats sur l'île.

La localisation de l'île dans le sud-ouest de l'Océan Indien et légèrement au nord du tropique du Capricorne, lui confère un climat tropical humide. Cependant, l'outil d'aide à l'aménagement PERENE (PERformances ENergétiques des bâtiments à La Réunion), qui sera développé plus amplement dans la partie suivante, définit quatre zones climatiques principales sur l'île de La Réunion : (fig. 6)

- deux zones littorales selon l'exposition au vent alizé : Z1 (zone sous le vent) et Z2 (zone au vent) dont l'altitude est inférieure à 400 mètres,
- une zone Z3 dont l'altitude est comprise entre 400 mètres et 800 mètres.
- une zone Z4 dont l'altitude se situe au-dessus de 800 mètres. (PERENE,2009)

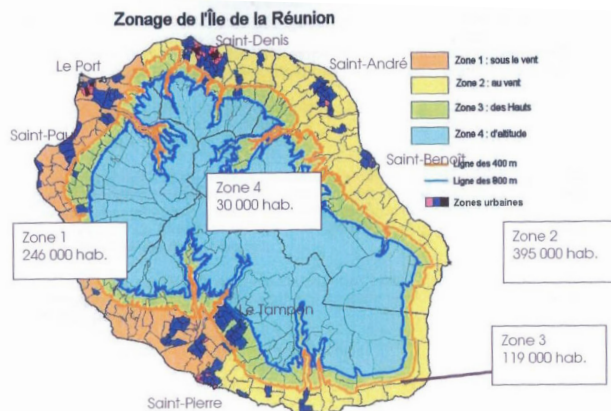


Fig 6 : Carte localisant les zones climatiques selon PERENE source : PERENE 2009

L'étude concerne les Bas de l'île situés principalement dans l'ouest, zone où les températures sont maximales. Ainsi, afin de caractériser ce climat local, nous étudierons les paramètres météorologiques uniquement dans cette zone géographique qui correspond à la zone 1 sous le vent dans l'outil PERENE.

De plus, en lien avec la partie précédente, nous nous concentrerons sur les paramètres climatiques qui rentrent en ligne de compte dans le confort thermique : température, humidité, vitesse de l'air et rayonnement. Pour ces raisons, nous développerons par la suite ces variables.

Nous distinguons deux saisons. L'hiver, de mai à octobre, c'est la saison « fraîche » durant laquelle les températures sont plus douces et la pluviométrie plus faible. A l'inverse l'été, de novembre à avril, est la saison « chaude » où les dépressions tropicales engendrent de fortes pluies. C'est aussi durant ces mois que le risque cyclonique est le plus élevé avec des cyclones touchant l'île chaque année.

Tab 2 : Données météorologiques de la zone 1 en été et en hiver données : PERENE 2009

### Été

	Rayonnement (cumul jour Wh/m2)		Température (°C)			Humidité Relative (%)			Intensité moyenne du vent (m/s)
	Diffus	Global	Moy	Min	Max	Moy	Min	Max	
zone 1	2321	7070	28.1	24.6	35	69.6	47	88	1.7

### Hiver

	Rayonnement (cumul jour Wh/m2)		Température (°C)			Humidité Relative (%)			Intensité moyenne du vent (m/s)
	Diffus	Global	Moy	Min	Max	Moy	Min	Max	
zone 1	1898	5950	23	17.7	27	58	47	87	2.6

Ces paramètres physiques ne sont pas indépendants. Il convient alors de ne pas les étudier de manière isolée. Le diagramme psychrométrique permet cette analyse globale en reliant les paramètres entre eux. Nous nous intéressons à une présentation simplifiée du diagramme où la température est portée en abscisse et l'humidité relative sur les courbes. Ces deux données nous permettent de situer la notion de confort thermique (fig. 7). Si nous prenons le cas le plus critique, c'est-à-dire pendant l'été austral, le polygone orange obtenu avec les données climatiques des Bas de La Réunion est très éloigné de celui correspondant au confort thermique (polygone vert). Les températures sont d'autant plus inconfortables que le taux d'humidité de l'air (qui peut atteindre 88%) est fort. Ainsi, les paramètres température et humidité de l'air étant très élevés, le vent apparaît comme un réel levier.

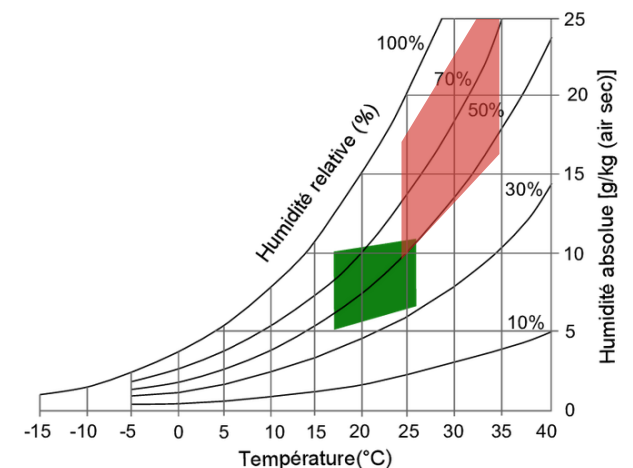


Fig 7 : Diagramme de l'air humide comparant confort thermique et les données relatives à la zone 1 en vert le polygone de confort thermique et en orange celui obtenu avec les données de la zone 1 en été source : d'après Energie Plus 2015

Dans cette île aux reliefs singuliers, les données climatiques des Bas pendant l'été austral sont éloignées de celles qui correspondent au confort thermique. Ainsi, dans ce département français au contexte climatique particulier, nous chercherons à comprendre comment la réglementation concernant l'aménagement des bâtiments a évolué et s'est adaptée.

### I- 3. Contexte de la création d'une réglementation spécifique aux DOM

Source pour cette partie : CAUE, 2017.

Ce n'est qu'au début des années 80 que les premières études d'ingénieurs sur le climat de l'île sont publiées. A l'origine, les maisons étaient simples, biens ventilées et orientées. Le jardin occupait une place prépondérante, car il remplissait des fonctions primaires comme se nourrir et jouait un rôle principal dans le confort thermique. (cf encadré «le jardin créole»)

En 1946 a lieu la départementalisation. Cet événement dans l'histoire réunionnaise va générer de nouvelles façons d'habiter. La population est en constante augmentation, il est donc nécessaire de construire rapidement pour répondre à la demande croissante. De plus, le cyclone Jenny qui est passé le 28 février 1962 a détruit une grande partie de l'habitat sur l'île. Cela a remis en cause les techniques de constructions traditionnelles.

#### **Le jardin créole**

Source : Hoarau I. (2002)

*La culture créole accorde une grande place au jardin qui, comme le jardin à la française ou le jardin anglais, possède des caractéristiques qui lui sont propres.*

*«La kour» s'organise autour de la «kaz» située au milieu de la parcelle.*

*Dans la partie qui donne sur la rue, le jardin de devant la fonction première est surtout ornementale. Il est organisé pour la contemplation depuis la maison ou la rue, ce n'est pas un espace de vie. C'est aussi un outil de démonstration qui évalue le faire-valoir de la maîtresse de maison, cette partie du jardin étant gérée par la femme. Il est caractérisé par l'abondance et l'accumulation des espèces présentes et donc de couleurs, textures, strates dans lequel nous ne percevons pas le moindre morceau de terre.*

*Une haie touffue et souvent débordante délimite de manière floue la parcelle côté rue. L'entrée se fait par un «baro» qui est parfaitement aligné avec la porte d'entrée de la case et le chemin qui y mène. Toutefois, la tradition veut qu'il ne faut jamais franchir le seuil du jardin sans avoir lancé d'une voix forte : « Na pwin person' ? Nana d'moun ? Na kelkin ? ». Ce jardin qui se veut traditionnel est aussi chargé de symboles et de rites : On parle de «massif de*



Fig 8 : Un jardin créole depuis la rue  
Source : Hoarau I. (2002)

*vocabulaire». Par exemple, la cordyline sera installée pour protéger la maison et ses habitants. Le songe caraïbe sera planté à l'installation dans la maison pour éviter les mauvais sorts. Il existe aussi des rites de transmission de plantes.*

*Le jardin de derrière est lui beaucoup plus fonctionnel. L'usage de ce jardin est uniquement nourricier. Nous retrouvons le potager avec les arbres fruitiers et la basse-cour. De plus, des pièces annexes sont présentes comme la cuisine, les toilettes et la réserve. En plus de toute cette symbolique et de cet héritage, ce jardin permettait aux habitants de rafraîchir leur kaz grâce à la luxuriance de la végétation. Ce réel patrimoine ainsi que les bienfaits en terme de confort thermique sont aujourd'hui plus rares car remplacés par les nouvelles manières d'habiter.*



Fig 9 : Plan d'organisation d'une kour  
source : Wolff E. (1991)

C'est dans ce contexte que, dans les années 60, le béton fait son apparition pour la construction de bâtiments administratifs, scolaires, et de logements collectifs. Ce nouveau matériau, solide, qui reflète l'image d'une vie métropolitaine et "moderne", ne peine pas à s'imposer.

Dans la fin des années 90, le label Ecodom a pour objectif de sensibiliser aux solutions techniques à coût acceptable pour réaliser des bâtiments thermiquement confortables avec une ventilation naturelle. Ecodom n'a aucune valeur réglementaire.

En effet, l'expérience métropolitaine a montré qu'une phase de labellisation incitative était plus constructive avant la mise en place d'une réglementation obligatoire.

Il concerne principalement cinq points : implantation sur site, protection solaire de l'enveloppe du bâti, ventilation naturelle selon le vent dominant, production d'eau chaude sanitaire, option chambre climatisée.

Ce premier outil servira de réelle base pour les réglementations à venir.

En 2001, une concertation est lancée dans les DOM pour mieux prendre en compte la spécificité des contextes climatiques, architecturaux, énergétiques et économiques dans lesquels ils s'inscrivent dans la réglementation.

En 2004, à La Réunion, un outil de conception des bâtiments plus fin sur les thématiques de la thermique et de la ventilation est écrit. Il aboutira à la création de l'outil PERENE. Cet outil, tout comme le label Ecodom est une démarche incitative qui "se concentre sur la conception thermique des nouveaux bâtiments à La Réunion dans un souci de confort et d'optimisation énergétique".

Pour les quatre zones climatiques, définies par PERENE et étudiées dans la partie précédente, sont présentées des propositions adaptées sur les thèmes de :

- l'implantation du site : prise en compte de la qualité de l'environnement autour du bâti comme le revêtement et la végétalisation.

- la conception thermique: isolation, protection solaire, double vitrage,..

- le traitement d'air neuf : renouvellement d'air obligatoire prévu pour le tertiaire si il y a présence de système de climatisation ou de chauffage,

- l'eau chaude sanitaire : par énergie solaire avec un appoint électrique.

A la suite des retours d'expériences, PERENE a été révisé en 2009.

La même année, le 17 avril 2009 sont publiés les premiers intitulés de la Réglementation Thermique Acoustique Aération des DOM (RTAA DOM). Elle est entrée en vigueur le 1er mai 2010 et concerne toutes les constructions neuves et parties nouvelles de bâtiments existants à usage d'habitation.

La RTAADOM se fonde sur les principes suivants

- améliorer les performances énergétiques des bâtiments
- limiter le recours à la climatisation
- garantir la qualité de l'air à l'intérieur du logement
- protéger la santé des occupants
- promouvoir les énergies renouvelables
- garantir un confort d'usage minimal, acoustique comme hygrothermique

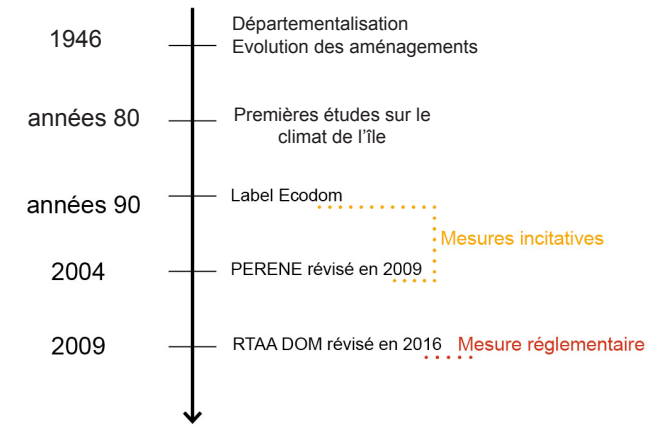


Fig 10 : Naissance d'une réglementation  
Source : Moreau L., 2019

Cette réglementation fut révisée en 2016.

Pour résumer, nous comptabilisons deux démarches incitatives (label ecodom et PERENE) et une réglementation (RTAA DOM) en lien avec le confort thermique.

Malgré ces avancées, nous pouvons relever quelques limites.

Tout d'abord, la prise en compte de l'environnement extérieur dans lequel s'inscrit le bâti est très limitée. Or, son rôle est certain dans le confort thermique. En lien avec cette dernière idée, le rôle qu'a la végétation dans le confort thermique n'est que trop peu évoqué. Pourtant, la végétalisation est une composante tout aussi importante que l'architecture. L'extérieur et l'intérieur doivent être complémentaires et fonctionner ensemble afin de ressentir un confort maximal.

De plus, dans la loi, les réglementations concernant le froid sont plus détaillées que celles liées à la chaleur pour lesquelles il s'agit uniquement de mesures minimales.

Enfin, la réglementation concerne uniquement les nouveaux bâtiments. Ainsi, elle ne concerne que trop peu le domaine scolaire où la construction de ces bâtiments est rare à La Réunion. Il serait nécessaire d'intégrer les processus de réhabilitation et de rénovation à cette réglementation pour que les bâtis scolaires soient inclus.

Face à cet inconfort thermique et à cette timidité réglementaire, les parents d'élèves, ne supportant plus de savoir leurs enfants souffrir de la chaleur à l'école, sont à la recherche d'une réponse rapide.

#### **I- 4. L'utilisation massive de la climatisation : une réponse à l'urgence**

Durant l'été austral, les parents d'élèves demandent fermement l'installation de climatiseurs dans les écoles. Cette revendication est reprise de manière soutenue dans la presse. Les coupures de journaux situées en annexe, prouvent l'importance de la problématique à La Réunion.

L'étude menée par le CAUE a été réalisée en collaboration avec Madame Suzanne Déoux, médecin et ingénieure, qui s'intéresse depuis longtemps à la relation entre environnement de travail et santé. Elle est l'auteure de nombreux ouvrages dont "Bâtir pour la santé des enfants". Dans le cadre de l'étude, elle a réalisé une conférence au CAUE sur le confort thermique

dans les écoles de La Réunion et notamment sur les effets de la climatisation sur l'organisme des enfants. Il est donc intéressant de revenir sur les grandes conclusions issues de cet échange. (source conférence Suzanne Déoux)

Premièrement, comme nous l'avons vu précédemment, l'hygrométrie est un paramètre essentiel dans le confort thermique. Les données collectées montrent que la climatisation assèche l'air ambiant de manière assez marquée par rapport à une salle non climatisée. Or cela n'est pas sans conséquence pour la santé. En effet, l'assèchement du mucus bronchique diminue sa capacité à fixer les bactéries qui pourraient pénétrer les voies respiratoires.

Deuxièmement, la qualité de l'air ambiant est aussi affectée dans les espaces climatisés. Effectivement, dans une salle climatisée, par soucis d'économie d'énergie, nous avons tendance à ouvrir le moins possible les fenêtres et les portes qui permettraient pourtant un renouvellement de l'air non négligeable.

Le seuil de concentration de l'air en CO<sub>2</sub> au-delà duquel l'air intérieur est considéré comme trop confiné est fixé à 1000 ppm (partie par million). Dans une salle de classe climatisée, les relevés indiquent une teneur en CO<sub>2</sub> deux à quatre fois supérieure par rapport à une salle non climatisée et un dépassement quasi systématique du seuil de 1000 ppm. Avec un confinement si important des salles, nous retrouvons aussi d'autres polluants de l'air (particules présentes dans la colle, la peinture, ...) qui sont présents avec des quantités similaires.

On observe donc de réelles répercussions sur le système respiratoire relatif au non renouvellement de l'air.

Troisièmement, l'utilisation de climatiseur dans une salle crée un écart de température important entre l'intérieur et l'extérieur. Cela peut engendrer un choc thermique qui est défini comme le stress subi par l'organisme suite à un brusque changement de température positif ou négatif, supérieur à 7°C. Les conséquences possibles sur la santé des enfants sont des irritations des voies respiratoires et des contractures musculaires.

Enfin, il est important de maîtriser l'utilisation du climatiseur pour éviter les impacts négatifs qui lui sont directement corrélés :

- l'encrassement des filtres qui libèrent des particules dans l'air ambiant pouvant entraîner des irritations des yeux ou des voies respiratoires.

- le manque d'entretien engendre la dispersion aérienne d'agents infectieux qui se développent dans les filtres ou dans l'eau de condensation.

- les nuisances sonores qui peuvent être une très grande gêne sur le long terme.

Les deux principaux problèmes écologiques dans l'usage de la climatisation sont les fluides frigorigènes et l'énergie électrique consommée.

Ces fluides frigorigènes sont de puissants gaz à effet de serre qui sont 140 à 11700 fois plus puissants que le CO<sub>2</sub> [4]. En théorie, ces gaz ne devraient pas sortir du climatiseur, mais il y a toujours des fuites lors de sa fabrication, de sa maintenance ou lors des pannes.

L'utilisation de systèmes de climatiseur nécessite de l'énergie électrique. L'installation dans l'ensemble des écoles ferait augmenter de façon significative la consommation d'énergie.



Or, c'est la croissance des besoins en énergie liée à l'augmentation démographique et des usages qui exige de produire toujours plus d'électricité. Dans un contexte îlien, il est nécessaire de produire sur place l'énergie consommée. L'objectif doit être d'atteindre un équilibre permanent entre l'offre et la demande.

Aujourd'hui à La Réunion, malgré une production d'énergie renouvelable importante (32% en 2017) par rapport à la métropole (18,4% en 2017), la production d'énergie fossile a une part de 68%. (Martin A.,2019)

Ces énergies non renouvelables sont polluantes

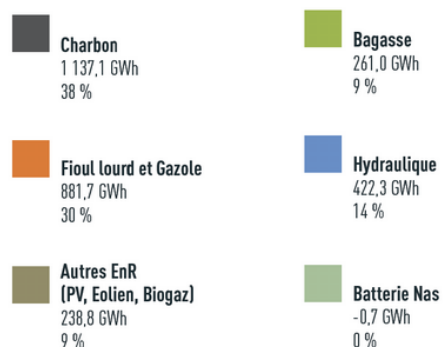
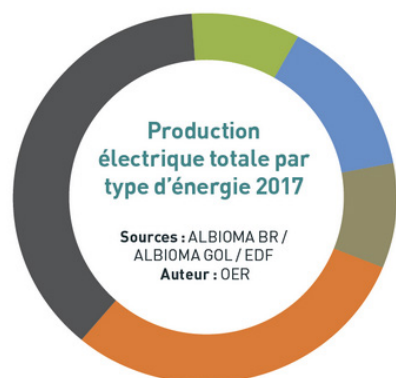


Fig 11 : Répartition des énergies utilisées à La Réunion  
Source : Albioma BR, Albioma GOL, EDF

depuis l'extraction jusqu'à la consommation. Par conséquent, nous pouvons considérer que la climatisation peut-être source de pollution de par l'origine de l'énergie électrique liée à son utilisation.

Enfin, les climatiseurs favorisent l'augmentation des températures localement. En rafraîchissant les pièces intérieures, le climatiseur envoie de l'air chaud à l'extérieur. La température extérieure locale augmente donc et cela participe grandement à la formation des ICU. [2]

Ainsi, les systèmes de climatisation sont une réponse rapide pour remédier à l'inconfort lié à la chaleur. Toutefois, au vue des problématiques tant sanitaires qu'écologiques ou économiques que les climatiseurs génèrent, leur installation doit être raisonnée et réfléchie, afin de réserver leur utilisation dans le cas où aucune autre solution n'est possible. Il est nécessaire d'élargir nos réflexions vers des solutions plus durables notamment liées aux techniques de constructions et aux espaces extérieurs qui se révèlent être de véritables oasis.

Cette première partie introduit le contexte d'étude dans lequel s'inscrit ce mémoire. Nous comprenons aisément qu'au vu du climat il est compliqué d'atteindre la notion de confort thermique à La Réunion. De plus, la réglementation n'est pas encore adaptée au bâti scolaire qui s'inscrit dans un contexte particulier. Il est donc urgent de proposer une réponse plus durable et adaptée aux organismes des enfants dans les écoles réunionnaises.

Dans un second temps, nous dresserons un état des lieux du patrimoine scolaire et présenterons des solutions innovantes réalisées à La Réunion et à Paris.

## **II- La cour, un élément clef du projet pour rafraîchir les salles.**

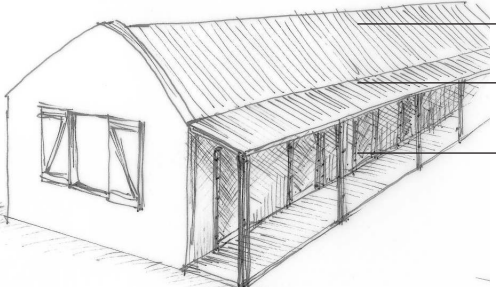


- 1. Etat des lieux du patrimoine scolaire**
- 2. Construction : Une école innovante à La Réunion : cas de l'école Bois d'Olive**
- 3. Vers un programme de réhabilitation des cours : exemple des écoles Oasis , Ville de Paris**
- 4. Le végétal dans la problématique de confort thermique**

## II-1 Etat des lieux du patrimoine scolaire

Le bâti scolaire est un domaine de l'architecture particulier du fait de sa faible fréquence de construction. A La Réunion, nous dénombrons 524 établissements scolaires. Les  $\frac{3}{4}$  des écoles

ont été construits dans la période 1965/1980. Nous pouvons corréliser ce phasage de construction avec la croissance démographique, la départementalisation et l'adaptation des programmes bâtis aux évolutions pédagogiques.

A la suite des visites et à l'aide d'un diagnostic sur les établissements scolaires que le CAUE avait réalisé en 1993, trois typologies d'écoles se dessinent et sont présentées dans le tableau suivant.

Typologie et description générale	Dessin annoté <i>Fig 12 : Les typologies de bâtis scolaires - Source : Caue 2017</i>	La cour d'école Description - Avantage - Enjeux
<p><b>Bâti ancien</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- issu de la construction coloniale</li> <li>- un bâti en longueur avec des murs épais en moellons</li> </ul>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>tôle deux pans</li> <li>circulation sous coursive et protection solaire</li> <li>grandes ouvertures avec volets sans fenêtre</li> </ul>	<p><b>D</b> : pas aménagée en tant que cour à l'origine  <b>A</b> : perméabilité du sol  <b>E</b> : aménagements progressivement réalisés pour le sport et "la propreté" de la cour</p>
<p><b>Bâti béton en RDC ou à étage des années 1960/70</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- organisation et distribution rationnelle et linéaire.</li> <li>- plusieurs vagues de réhabilitation liées aux problématiques sanitaires de sécurité et d'étanchéité.</li> <li>- extensions réalisées correspondant aux besoins pédagogiques (bibliothèque, accès handicapé)</li> </ul>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>débord de toit pour protection solaire</li> <li>ouverture jalousie</li> <li>mur béton avec hauteur sous dalle moins importante que constructions actuelles</li> </ul>	<p><b>D</b> : bétonnée et bitumée présence de végétation faible et aléatoire selon les écoles. grands arbres plantés très ponctuellement  <b>A</b> : entretien faible  <b>E</b> : surchauffe</p>
<p><b>Bâti moderne</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- liberté de choix dans la forme du bâti</li> <li>- prise en compte de l'orientation pour mieux s'adapter aux conditions climatiques</li> <li>- protection solaire et végétalisation restent à traiter</li> </ul>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>toiture tôle et protection partielle</li> <li>jalousies</li> <li>béton et hauteur sous dalle plus faible que bâti années 1960/70</li> </ul>	<p><b>D</b> : bétonnée et bitumée présence de végétation faible et aléatoire selon les écoles. grands arbres plantés très ponctuellement  <b>A</b> : entretien faible  <b>E</b> : surchauffe</p>

En plus de ces trois catégories, une nouvelle typologie émerge. Les écoles Haute Qualité Environnementale (HQE) dont le confort thermique fait réellement partie des caractéristiques de construction en attribuant une part importante à l'implantation du végétal, au choix des matériaux, à la ventilation naturelle,...

## II- 2. Construction : Une école innovante à La Réunion : cas de l'école Bois d'Olive

Dans cette partie :  
source : [5] et [6] - crédit photos : Douis H.

Les premières approches marginales en lien avec l'architecture passive ont lieu après le choc pétrolier de 1973. Nous observons une prise de conscience générale sur l'impact environnemental que peuvent avoir nos constructions. Les matériaux sont alors employés essentiellement en fonction de leurs caractéristiques techniques.

Les extraits suivants de livres montrent que la recherche du confort thermique et la prise en compte du climat local sont des piliers des principes de l'architecture bioclimatique.

“Le terme bioclimatique fait référence à une partie de l'écologie qui étudie plus particulièrement les relations entre les êtres vivants et le climat.”  
(Fernandez P. Lavigne P.,2009)

“La connaissance de l'influence de la conception d'un bâtiment sur les paramètres de confort thermique est à la base de l'architecture bioclimatique” (Auffret P.Y. & Gatina J.C., 1984).

Dans le cadre du Plan de Relance Régional (PRR), la commune de Saint-Pierre à La Réunion a bénéficié d'aide pour la construction de l'école Aimé Césaire. Cette dernière a été construite dans le but d'accueillir 12 classes et 300 élèves. Elle s'inscrit dans une démarche durable de construction bioclimatique basée sur l'outil PERENE.

Les problématiques comme l'insertion dans le site et l'optimisation du confort (usage, thermique, visuel) ont été largement prises en compte.

Lors de la COP23 qui s'est tenue à Paris en 2017, l'école a été primée aux « Green solution awards » catégorie énergie et climat chaud. Ce concours international organisé par le réseau Construction21 met en avant des bâtiments, des quartiers et des infrastructures contribuant à la lutte contre le changement climatique.

De plus, dans le cadre du milieu scolaire, la conception bioclimatique est aussi un outil de sensibilisation à l'aménagement durable grandeur nature. C'est un réel laboratoire qui peut être utilisé par les enseignants à des fins pédagogiques.

Maître d'ouvrage : Commune de Saint-Pierre

Maîtrise d'oeuvre :  
Architecte : Antoine PERRAU Architectures  
Paysage et environnement : LEU Réunion  
BET Structure: GECP  
BET Fluides: AIR  
BET VRD: CREATEUR

Site : Bois d'Olives, Saint-Pierre

Type d'opération : École primaire et école maternelle

Assiette foncière : 4.395 m<sup>2</sup>

Surface hors oeuvre nette: 1.684 m<sup>2</sup>

Année de livraison: 2017

Coût des travaux (y/c VRD) : 4.886.463 € Ht

L'élément central du projet est une grande toiture parasol et parapluie qui couvre les volumes bâtis et non bâtis pour les protéger du soleil et de la pluie.

La forme du bâtiment est allongée et de faible épaisseur. Il est bien orienté par rapport aux vents dominants afin de favoriser la ventilation naturelle (fig. 13). La façade est caractérisée par une forte porosité grâce à la présence de jalousies.

Afin de protéger correctement les différents locaux selon leur orientation, les protections solaires sont variées et adaptées à chaque cas. (fig. 14)

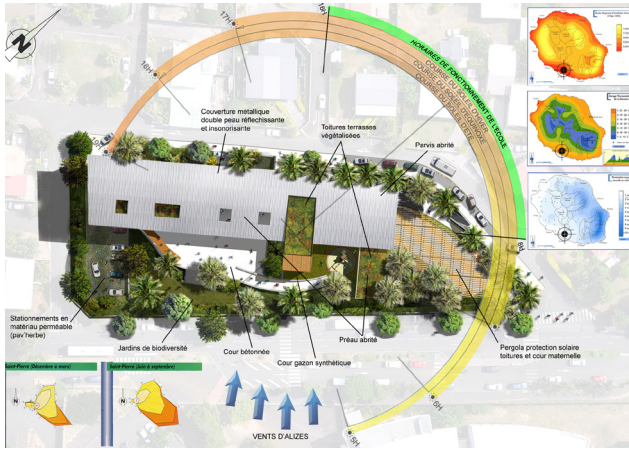


Fig 13 : Plan de l'école et son orientation en fonction des vents dominants et du soleil



Fig 14 : Le bâti de l'école et ses protections solaires adaptées

La toiture est végétalisée pour créer une isolation et favoriser l'infiltration des eaux pluviales. Cela limite aussi le rayonnement de la toiture vers les autres bâtiments et donc réduit la présence d'ICU.

La gestion des déchets ainsi que la consommation d'énergie et de l'eau ont été raisonnées. Par exemple, une optimisation des dispositifs électriques (chauffe-eau solaire, éclairage économe, ventilateurs efficaces, climatisation limitée aux cuisines) permet une consommation prévisionnelle de 18 kWh/m<sup>2</sup>/an, valeur bien inférieure aux objectifs de la loi Grenelle (80 kWh/m<sup>2</sup>/an) [7]

Le bilan carbone pour la construction de l'école a été réfléchi pour être le plus faible possible, grâce à l'emploi d'une ossature sèche et donc l'utilisation du bois principalement. Seuls le réfectoire et la cuisine sont en béton.



Fig 15: Végétalisation de la cour et ses abords

Les jardins sont omniprésents pour améliorer le confort hygrothermique, visuel et la qualité de l'air grâce à la filtration des poussières. Les espèces choisies sont des essences endémiques pour une meilleure adaptation, une limitation de l'arrosage et un approvisionnement local.

La construction de cette école primée à l'international est une réelle avancée. Cela prouve, qu'aujourd'hui, nous disposons des compétences techniques et des connaissances pour réaliser ce genre d'aménagement. Nous verrons par la suite que la réhabilitation des cours d'école peut aussi contribuer au confort thermique.

### **II- 3. Vers un programme de réhabilitation des cours : exemple des écoles Oasis , Ville de Paris**

Source pour cette partie : Cour Oasis - carnet d'inspiration, Réalisé par la Ville de Paris, 2019

Il est intéressant d'élargir notre réflexion et d'étudier comment la problématique du confort thermique dans les écoles est traitée en dehors de La Réunion.

A Paris, ville située dans une zone tempérée où les fortes chaleurs restaient jusqu'alors exceptionnelles, la question se pose déjà. Effectivement, "On sait qu'il y aura au moins vingt-cinq jours de canicule à Paris d'ici à la fin du siècle et qu'à l'horizon 2050, nous allons connaître des épisodes de chaleur de 55 °C à l'ombre" . [8]

Ainsi, la ville de Paris, avec des partenaires comme le CAUE 75, considèrent ces données afin d'agir aujourd'hui pour demain. Avec cette action, nous pouvons souligner la

démarche prospective de la Ville de Paris qui agit avant que le problème soit réellement déclaré. C'est ce qui rend l'action durable et viable. En effet, cela laisse le temps à la végétation de s'installer et de se développer pour remplir pleinement son rôle de protection solaire dans une dizaine d'années.

La Ville de Paris est membre depuis 2015 du réseau des 100 Villes Résilientes créé par la Fondation Rockefeller. C'est dans ce cadre que la ville développe une stratégie de résilience urbaine qui comprend trois piliers.

Pilier I. Une ville inclusive et solidaire, qui s'appuie sur ses habitants pour renforcer sa résilience.

Pilier II. Une ville construite et aménagée pour s'adapter aux défis du XXIe siècle

Pilier III. Une ville en transition qui mobilise l'intelligence collective, adapte son fonctionnement et coopère avec les autres territoires

Le projet de « cours Oasis » répond à l'objectif de l'action 10 du Pilier II. Originellement, pendant la canicule de 2017, il a été constaté que les écoles n'étaient pas en mesure de relever les défis des nouveaux enjeux climatiques.

Ce projet a alors été envisagé. Il est question de transformer ces cours de récréation en véritable îlots verts situés à proximité de chaque habitant.

Pour atteindre cet objectif, 4 principes ont été retenus :

#### **- Renforcement de la perméabilité des sols par la végétation et l'utilisation de revêtements adaptés**

Au moins 20 à 30% de la superficie totale de la cour sont dédiés aux espaces végétalisés.

Pour cela, sont aménagés des espaces avec 3 strates végétales et composés d'au moins 5 espèces pour limiter la propagation de maladie entre les végétaux. La palette végétale doit être composée à 50 % minimum d'espèces indigènes non toxiques ni allergènes. Dès que possible, privilégier les sujets à grand développement 10-15 mètres pour favoriser l'ombre dans la cour. Chaque école sera équipée d'un compost pour créer du paillage grâce aux déchets verts produits.

Le bâti pourra être végétalisé grâce à des plantes grimpantes notamment lorsque la surface au sol est réduite. Un sol clair perméable et drainant est prévu pour moins emmagasiner la chaleur.



Fig 16 : Une cour Oasis du 18ème arrondissement  
Source : Dorval C./ Mairie de Paris



Fig 17 : Une cour Oasis  
Source : Dorval C./ Mairie de Paris

**- Réemploi de matériaux et mobilier de la Ville de Paris avec la mise en place d'une collaboration entre services.**

La création de nouveaux jeux ou mobiliers se fera en priorité avec des matériaux réemployés ou biosourcés.

**- Installation de zones ombragées végétales ou artificielles.**

**- Installation d'équipements cohérents : éclairage, fontaines, jeux d'eau.**

L'évaluation environnementale et la labellisation des cours Oasis sont aussi des points importants.

Pour les cours Oasis, le Coefficient de Biotope par Surface (CBS) permet d'évaluer l'amélioration de l'impact environnemental de l'aménagement sur des parcelles initialement très minéralisées. Cet outil de mesure de la qualité environnementale d'un projet varie entre 0 et 1. «L'objectif retenu pour une cour OASIS est un CBS  $\geq 0,4$  pour une restructuration/réfection et un CBS  $\geq 0,5$  pour un établissement scolaire neuf.»

Tab 3 : Comparaison du CBS initial et après travaux  
Source : Mairie de Paris

cour initiale avant travaux	cour OASIS après travaux
S <sup>2</sup> totale - 1000 m <sup>2</sup> dont - 700 m <sup>2</sup> de revêtement imperméable (bitume) - 200 m <sup>2</sup> de végétalisation peu variée en pleine terre - 100 m <sup>2</sup> de surface partiellement imperméable (béton poreux,...)	S <sup>2</sup> totale - 1000 m <sup>2</sup> dont - 300 m <sup>2</sup> de végétalisation en pleine terre - 700 m <sup>2</sup> de surface perméable ou semi perméable (béton poreux, sol souple,...) - 50 m <sup>2</sup> de murs végétalisés
$CBS_{initial} = 0,19$	$CBS_{Oasis} = 0,53$

La labellisation "Label Ligue pour la Protection des Oiseaux (LPO) refuge établissement" permet de bénéficier d'un accompagnement pédagogique autour de la biodiversité.

Ce projet intègre aussi la thématique de la réversibilité de la cour de récréation. En effet, il serait question de rendre les cours d'écoles publiques le soir pendant les périodes de canicule pour que le grand public vienne se rafraîchir comme dans un parc.

## II- 4. Le végétal dans la problématique de confort thermique

Dans les parties précédentes ont été abordées l'évolution des typologies de bâti scolaire à La Réunion et la débétonisation des cours de récréation. Parmi les exemples innovants tels que l'école à Bois d'Olive et les cours Oasis, l'importance du végétal pour améliorer le confort thermique est indéniable.

De nombreuses études révèlent aussi le potentiel des végétaux dans la thématique du confort thermique. Pour cette partie, nous nous baserons sur deux études :

- Effet de l'ombrage sur le confort thermique et visuel dans les espaces extérieurs : cas de l'esplanade de l'Université de Mentouri de Constantine, Est de l'Algérie - LOUAFI BELLARA S. & ABDOU S. [9]

- Régulation du climat thermique urbain par les arbres : ombrage et température du couvert - SAUDREAU M., KASTENDEUCH P., NGAO J., NAJJAR G., AMEGLIO T. [10]

Les matériaux inorganiques, utilisés dans les constructions humaines, possèdent une capacité de rafraîchissement limitée du fait de leurs caractéristiques comme celles étudiées dans le I-1. Au contraire, la végétation, organisme vivant, optimisera l'usage du rayonnement solaire pour son développement.

Le rayonnement solaire peut-être de trois types : diffus, réfléchis et direct (EDF,1984)

### -diffus

une fraction du rayonnement solaire est interceptée par l'atmosphère terrestre, notamment par les nuages, et est diffusée dans toutes les directions.

### -réfléchis

l'environnement du bâtiment renvoie une partie du rayonnement reçu (direct et diffus). La quantité de rayonnement solaire réfléchi par la surface terrestre est appelée albédo. Plus une surface est réfléchissante, plus l'albédo sera grand et plus la capacité d'absorption sera faible. La surface réfléchira donc plus le rayonnement solaire et chauffera moins. Plus le rayonnement absorbé par une surface est important, moins il sera réfléchi et plus cette surface chauffera. Les objets noirs, tels que l'asphalte de nos routes, ont une valeur albédo faible et absorbent donc une grosse partie des rayons du soleil et se réchauffent fortement [11].

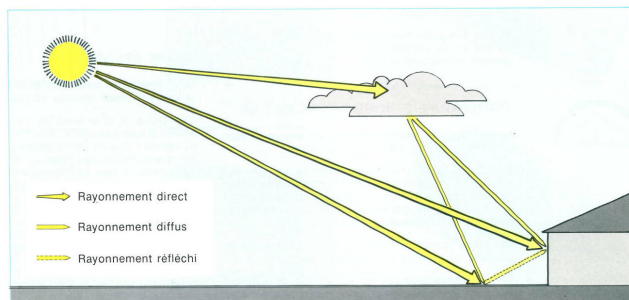


Fig 18 : Les trois types de rayonnement  
Source : météo france

### -direct

radiation provenant directement du soleil.

Le rayonnement reçu par un bâtiment est alors la somme des trois.

À La Réunion, au cours des mois les plus chauds, le ciel est généralement couvert et brillant. Le rayonnement diffus est alors le plus important.

L'effet rafraîchissant des arbres est notamment lié à deux principaux effets combinés :

### Réduction de la radiation solaire

La présence de végétation permet d'intercepter et de minimiser les rayons solaires directs par effet d'écran grâce notamment aux ombres portées du végétal sur le sol ou la façade. Il a été démontré l'importance de l'ombrage sur les surfaces pavées. En effet, les surfaces ombragées sont plus fraîches de 40% que les mêmes surfaces exposées aux rayons solaires. Le feuillage participe grandement à la réduction

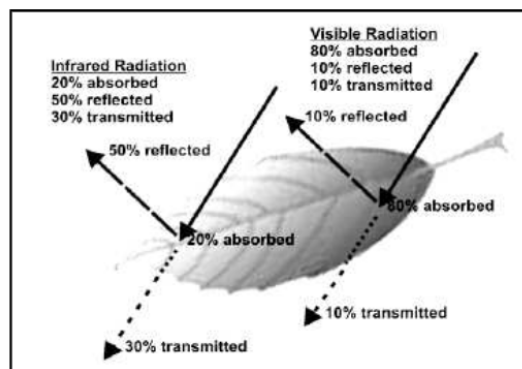


Fig 19 : Capacité d'absorption du rayonnement solaire par une feuille  
Source : [9]

des radiations : une feuille simple absorbe 80% des radiations visibles et 10% sont réfléchies. Ainsi, seulement une fraction du rayonnement incident atteint le sol car tous les arbres peuvent filtrer approximativement 80-90% de radiation solaire. Ces données varient selon la longueur d'onde du rayonnement intercepté, le type de feuillage ainsi que ses propriétés radiatives, la densité foliaire et l'agencement dans l'espace. En effet, la silhouette d'un arbre va influencer la forme de l'ombre. Par exemple, un arbre au port étalé servira de brise-vent et créera une ombre large et affirmée. Un arbre au port érigé offrira des ombres portées grandes et fines idéales pour protéger les bâtiments à étages. (CAUE,2013).

De plus, la couleur de la végétation joue aussi un rôle prépondérant car le vert a un coefficient d'absorption très élevé.[12] Ainsi, à l'inverse des matériaux, nous chercherons à obtenir le coefficient le plus élevé possible avec le choix d'une espèce au feuillage sombre afin que le végétal emmagasine au maximum la chaleur reçue.

### Augmentation de l'humidité

La transpiration est un processus de vaporisation de l'eau (passage de l'état liquide à l'état gazeux) au niveau de la feuille. Ce mécanisme est endothermique, ce qui signifie qu'il est consommateur de chaleur. Ce processus qui permet de réguler la température foliaire est dépendant de la demande évaporative et donc du climat ainsi que la réponse fonctionnelle de la plante via les stomates et ses pertes en eau. De ce fait, grâce à l'humidification de l'air ambiant, la présence de végétal permet d'abaisser la température en rafraîchissant l'air.



Le graphique suivant, issu des résultats de la recherche réalisée sur l'esplanade de l'université de Mentouri de Constantine, montre la variation de la température et de l'humidité relative de l'air des différentes stations entre 12 heures 30 et 13 heures, moment où le soleil est au zénith. Les résultats mettent en évidence de grandes variations entre les stations. En effet, pour les stations 3 et 4, qui correspondent aux endroits avec un environnement relativement végétalisé, nous constatons une diminution de la température de 2 degrés par rapport aux espaces non végétalisés.

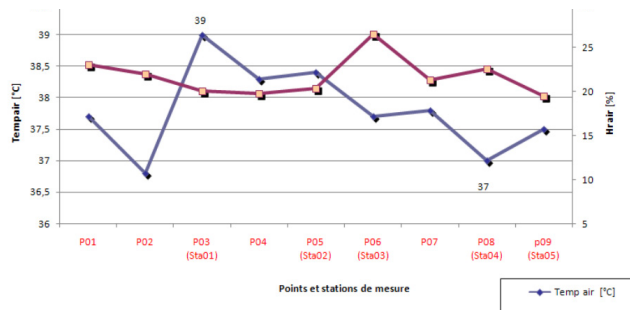


Fig 20 : Graphique de la variation de la température et de l'humidité relative de l'air pour chaque station  
Source : [9]

De même pour l'humidité relative qui augmente aux endroits où la végétation est présente.

La végétation permet aussi une réduction des vents ou une modification de leurs directions. En effet, tout en protégeant des vents violents, la végétation favorise la ventilation naturelle.

En élargissant notre réflexion au delà de la problématique du confort thermique, il est important de noter que la présence de végétation améliore aussi la qualité de l'air. Les végétaux

permettent de fixer les poussières en fonction de la structure de l'arbre ainsi que de la forme et la texture de ses feuilles. De plus, grâce au phénomène de photosynthèse, la plante capte le CO<sub>2</sub> présent dans l'air et sous l'effet du rayonnement intercepté par les feuilles, ce gaz est transformé en sucre pour la plante et en oxygène.

Enfin, la végétation améliore l'esthétique des paysages notamment en milieu urbain, génère des habitats pour la faune et à des effets sur la sensation de bien-être.

A l'origine, nous observons trois typologies de bâtiments scolaires. Aujourd'hui, de nouveaux projets novateurs considérant l'évolution du climat, sont de réelles sources d'idées pour imaginer les écoles de demain, à partir des écoles existantes. De plus, de par les mécanismes physiologiques et les caractéristiques des végétaux, le traitement des espaces extérieurs permet d'atténuer la rudesse des contraintes climatiques autour des bâtiments.

Dans un dernier temps, après une présentation de la méthodologie et une analyse des résultats, nous nous baserons sur un cas concret pour illustrer comment les aménagements paysagers peuvent influencer le confort thermique ressenti dans un bâtiment.

### **III- Réflexion sur un cas particulier**

**1. Méthodologie de l'étude**

**2. Analyse des résultats du cas concret**

**3. Préconisations paysagères**

**4. Application concrète : entre critiques, limites et perspectives.**

### **III- 1. Méthologie de l'étude**

Cette étude d'une durée d'un an et demi nécessite une méthodologie rigoureuse au vu de la multitude de facteurs qui y sont corrélés. En effet, différents acteurs tant privés que publics y participent. De plus, elle s'inscrit sur un territoire large et rassemble deux domaines principaux d'études que sont l'architecture et le paysage.

Cette méthodologie a été entièrement conçue par le CAUE 974, afin de répondre au vaste appel à projets lancé par le programme PACTE concernant la qualité de la construction dans les territoires ultra-marins.

#### **1- Recherches bibliographiques**

#### **2- Définition du périmètre d'étude et signature des conventions avec les mairies dont les écoles participent à l'étude**

#### **3- Collecte des données disponibles pour chaque école**

- localisation, altitude
- données climatiques moyennes
- plans de niveaux du bâtiment
- documents décrivant la composition de l'enveloppe du bâtiment
- plage horaire d'occupation du bâtiment.
- élaboration d'un questionnaire sur le ressenti

#### **4- Intervention dans les écoles**

- définition des zones de prises de mesures en concertation avec les directeurs et enseignants pour localiser, grâce à leur expérience, les endroits les plus chauds
- installation des capteurs pour une durée de prise de mesures d'une semaine

- communication du questionnaire à remplir par les enseignants pendant la semaine de prise de mesures.

#### **5- Analyse des données**

- exportation des données mesurées
- analyse des données des capteurs pour trouver les sources d'inconfort
- mise en lien des sources d'inconfort entre les valeurs mesurées et l'analyse architecturale du bâtiment ainsi que l'aménagement de la cour extérieure
- réflexion sur la manière de présenter les données.

#### **6- Rédaction d'un rapport de synthèse**

mettant en avant :

- les articles médicaux sur l'intérêt d'agir pour offrir aux enfants un environnement sain pour leur apprentissage
- les conclusions sur les sources d'inconfort mais aussi des pistes de réponses chiffrées visant à assurer le confort thermique des enfants dans les écoles.

#### **7- Valorisation de l'étude**

sensibilisation des élus, des services communaux et du grand public (parents d'élèves et enfants).

### **III- 2. Analyse des résultats du cas concret**

Cette partie sera dédiée à l'analyse des mesures afin de déterminer les grands enjeux et défis qui caractérisent essentiellement la cour de récréation. Cependant, comme il a été démontré dans ce mémoire, l'intérieur et l'extérieur sont

liés dans l'amélioration du confort thermique. C'est pourquoi, il convient aussi d'étudier des observations appartenant au domaine architectural pour proposer un aménagement cohérent.

Parmi les écoles étudiées dans l'étude, mon choix s'est orienté vers l'école ayant la cour de récréation la moins aménagée. Cette dernière se situe dans une commune de l'ouest à une altitude de 15 mètres. La cour aménageable a une superficie d'environ 3200 m<sup>2</sup>. Le bâtiment scolaire principal, situé au coeur de la ville, est une barre béton d'un étage des années 1960/70. Un autre bâtiment attenant abritant le réfectoire est aussi utilisé par les enfants pendant la pause méridienne. Onze capteurs ont été installés au cours de la dernière semaine du mois de mars 2019 afin de réaliser des mesures de température et d'humidité en intérieur et extérieur.

Dans un premier temps, il est important de connaître des données chiffrées sur l'humidité et la température dans les salles de classe et aux alentours.

La pose de capteurs nous a permis de mesurer ces variables et de localiser les disparités dans les mesures.

De plus, pour affiner notre discours, des questionnaires concernant le ressenti sur le confort thermique dans les classes ont été remplis par les enseignants et le directeur. Grâce à l'analyse de ces deux catégories de données complémentaires nous pouvons localiser les salles de classes les plus inconfortables.

Nous remarquons que les zones d'inconfort sont présentes sur l'ensemble de l'école.

Pendant la campagne de prise de données, les enfants et les enseignants présents sont exposés tous les jours, durant toutes les heures de la journée et dans l'ensemble des salles de classe à une température supérieure à 27 degrés. Ils sont donc en situation d'inconfort permanent.

De plus, la température extérieure est toujours supérieure à la température intérieure. Il est

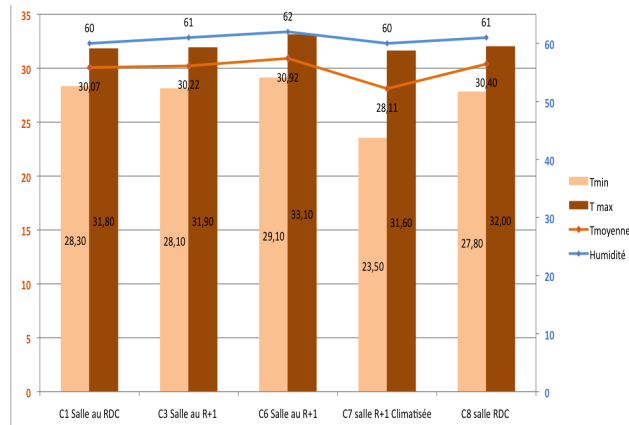


Fig 21 : Comparaison des températures et de l'humidité moyennes sur une semaine pendant le temps de présence des élèves  
Source : Moreau L., 2019

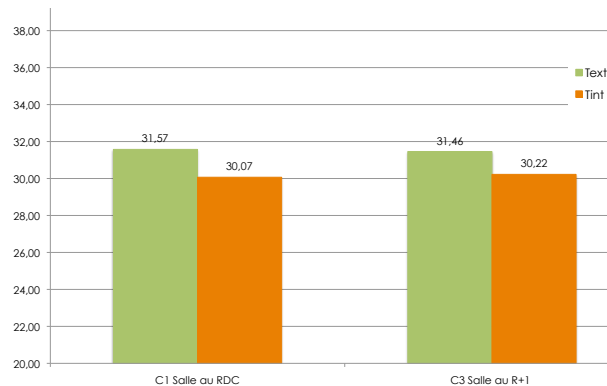


Fig 22 : Comparaison des températures intérieures et extérieures pour deux salles de classe  
Source : Moreau L., 2019

réellement nécessaire de créer une atmosphère extérieure plus fraîche pour faire pénétrer de l'air frais à l'intérieur par ventilation naturelle. Cela permettrait d'abaisser la température des salles de classe.

Il faut donc agir sur la cour de récréation.

L'humidité est constante dans l'ensemble de l'école. Son taux d'environ 61 % est cependant assez élevé. Le bâtiment est bien orienté par rapport à la course du soleil et à la direction du vent.

Cela a pour conséquence une luminosité correcte sans un rayonnement direct et une ventilation naturelle convenable. Toutefois, le vent dominant provient du nord-est, façade sur laquelle sont installés des pare-soleil en métal non réglables (fig. 24) qui bloquent la circulation naturelle de l'air. Ce potentiel est donc fortement limité.

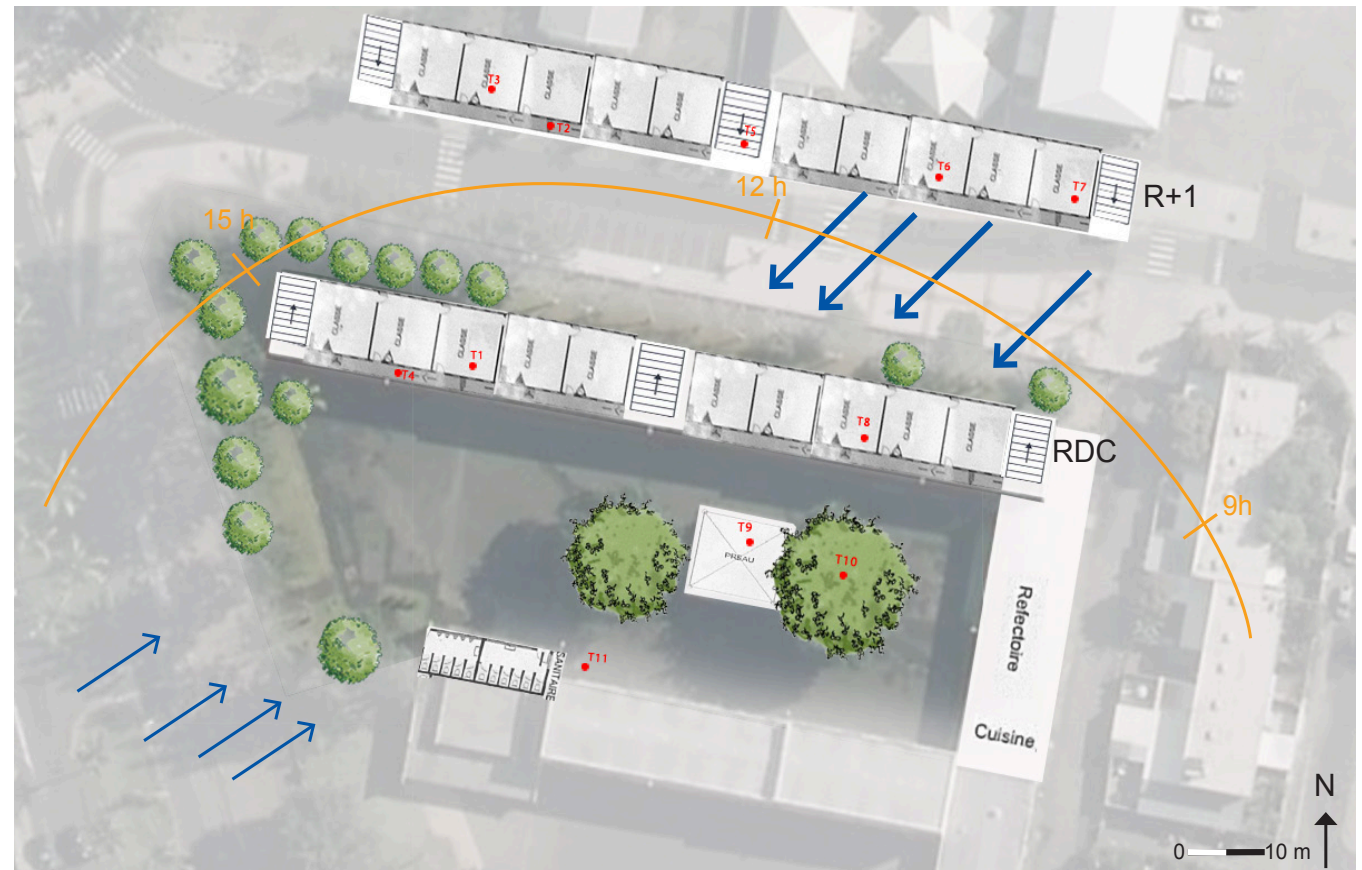


Fig 23 : Localisation des capteurs, de la course du Soleil et de la direction des vents dominants  
Source : Moreau L., 2019



Fig 24 : Pare-soleil en métal limitant la ventilation naturelle  
Source : Moreau L., 2019

Les questionnaires sur le ressenti des enseignants dans trois salles de classe ont été synthétisés grâce à des diagrammes radar. (fig. 25)

Il en ressort que la température est le désagrément le plus fort. Cela coïncide avec les températures relevées qui sont toujours situées dans la zone d'inconfort.

Le second point faible est la vitesse d'air. Ces pare-soleil (fig. 24) en métal sont donc une barrière à la ventilation naturelle qui devrait pourtant être convenable au vu de l'orientation du bâti.

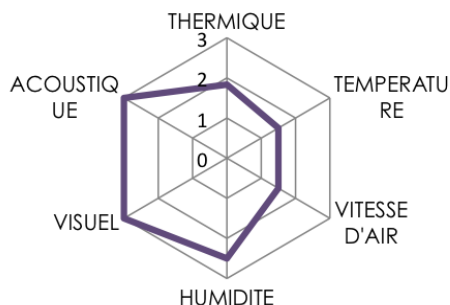
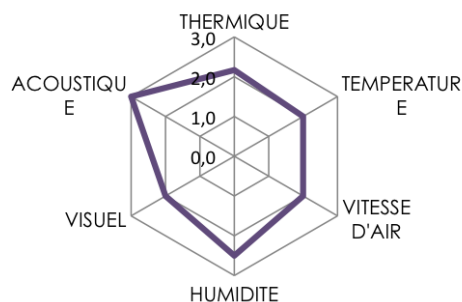
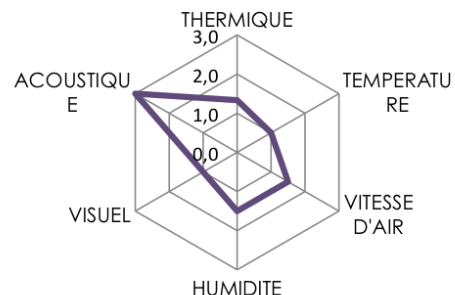


Fig 25 : Diagramme radar des ressentis des enseignants dans trois classes  
Source : CAUE974, 2019

Dans un second temps, nous avons choisi d'analyser la cour de récréation selon cinq critères :

### 1- Albédo

La cour de récréation est principalement recouverte d'enrobé, matériau caractérisé par un albédo faible. La chaleur est donc emmagasinée par le sol et cela réchauffe l'environnement local. Ce revêtement avait une température de 70°C en plein soleil lors des mesures et de 43°C à l'ombre (fig.26). Du gazon est présent sur une bande à l'extrémité ouest de l'école, zone où les enfants vont peu.



Fig 26 : Relevés des températures à l'ombre et au soleil sur différents matériaux au voisinage du bâtiments  
Source : CAUE974, 2019



Fig 27 : Une cour peu végétalisée  
Source: CAUE974, 2019

Enfin la cour est très peu végétalisée ce qui ne permet pas de contrer l'effet négatif des revêtements (fig.27).

## 2- Environnement

L'école s'inscrit dans un environnement urbain. Elle est entourée de bâtiments et de routes. De plus, l'espace environnant est très peu végétalisé. Cela laisse penser que des ICU peuvent être présents à proximité de l'école. D'après la carte suivante composée de la couche CORINE Land Cover qui caractérise le tissu urbain, l'école est située au sein d'une zone de «tissu urbain continu».



- tissu urbain continu
- zone industrielle et commerciale et installation publique
- lande et broussaille

Fig 28 : Caractérisation de l'environnement proche de l'école  
Source : Géoportail, 2019

## 3-Ombre portée par la végétation

La végétation, trop peu abondante, n'est pas plantée en fonction de la course du soleil et ne procure donc quasiment aucune ombre portée sur la façade et le sol de la cour de récréation. (fig. 29)

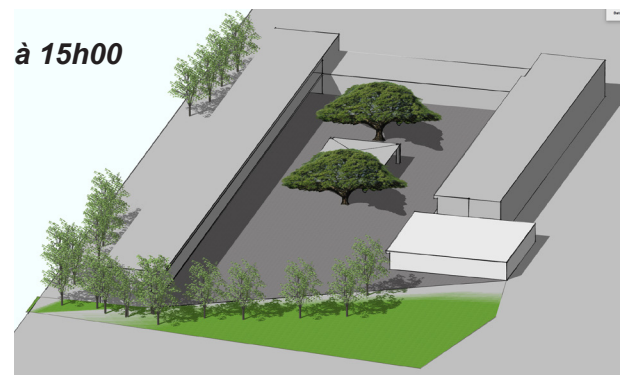
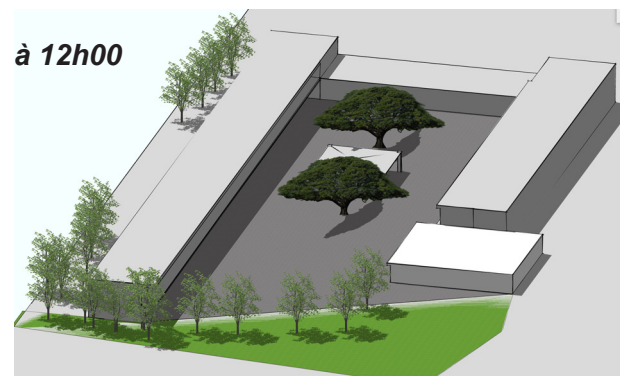
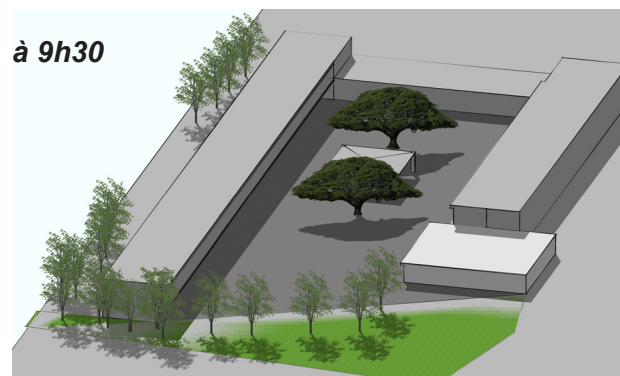


Fig 29 : Mondélisation des ombres portées sur la cour de l'école lors de la campagne de mesures - Source : Moreau L., 2019

Les essences d'arbres et les strates de végétation ne sont pas variées. Les deux banians (*Ficus benghalensis L*) au centre de la cour sont à un stade de développement avancé. De part leur port étalé, ils procurent une ombre conséquente mais qui n'est que partielle et peu couvrante du fait de la densité de feuillage. (fig. 30)



Fig 30 : Ombres portées partielles des banians sur la cour  
Source : CAUE974, 2019

Enfin, il n'y a aucune plantation aux abords des bâtiments.

Pour comprendre l'importance de l'ombre, nous avons installé un capteur dans l'arbre et un situé en plein soleil. Grâce à la formule suivante (source : Conférence Suzanne Déoux)  $TRES = 1/3 T_{PAROIS} + 2/3 T_{AIR}$  qui prend en compte la nature du revêtement et la température ambiante on obtient la température ressentie. La différence entre température ressentie à l'ombre et au soleil est de 14 °C pour cette cour, ce qui est considérable. Les ombres portées par la végétation sont donc un réel levier d'action.

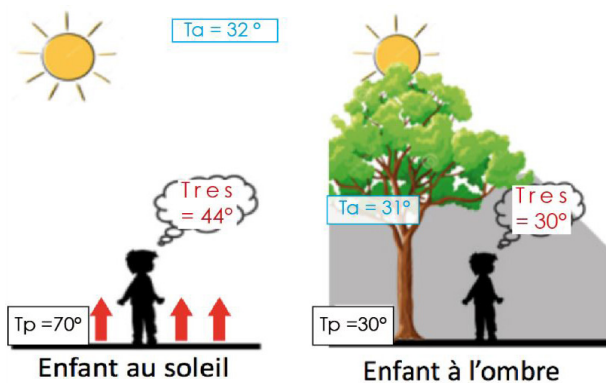


Fig 31 : Température ressentie en fonction de l'ombre  
Source : Moreau L., 2019

#### 4- Ombre portée par des dispositifs d'ombrage

Un préau est présent au centre de la cour. Il reçoit l'ombre portée des arbres alentour sur sa toiture en tôle.

Des coursives et des débords de toits apportent de l'ombre sur les façades. Toutefois, aucun dispositif d'ombrage comme des toiles tendues n'est présent.

#### 5- Nuisance sonore

Il est intéressant de déterminer la présence de nuisances sonores car les usages varieront en fonction de celles-ci.

La nuisance sonore principale pourrait provenir de la proximité de la route. Or, dans les diagrammes des ressentis, le confort acoustique semble être bon. Ainsi, les nuisances sonores restent limitées.

Ces divers critères peuvent être synthétisés dans un diagramme radar qui permet d'identifier rapidement les points négatifs de la cour.

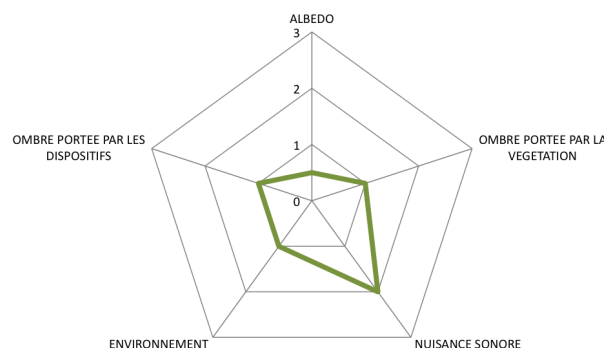


Fig 32 : Analyse générale de la cour de récréation  
Source : Moreau L., 2019

Corréler ces trois catégories de données (relevés de température et d'humidité, le ressenti et les cinq critères) nous permet d'obtenir une analyse fine et spécifique afin d'établir les grands enjeux auxquels il est essentiel de répondre dans la partie suivante.

Tab 4 : Les grands enjeux de la cour de récréation  
Source : Moreau L., 2019

FORCES	FAIBLESSES
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Implantation du bâti</li> <li>- Peu de nuisances sonores</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Albédo</li> <li>- Environnement</li> <li>- Peu d'ombre portée par les dispositifs et par les végétaux</li> </ul>
ATOUS	ENJEUX
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Favorable à la course du soleil et au vent dominant</li> <li>- Ensemble de la cour peut-être exploitée</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Créer de l'ombre portée sur la cour</li> <li>- Favoriser la ventilation naturelle</li> <li>- Protéger les abords de l'environnement à proximité</li> <li>- Limiter le réchauffement par le sol</li> <li>- Protéger le bâti du soleil</li> </ul>

Il se dégage deux atouts principaux. Premièrement, l'absence de nuisance sonore qui permet de penser un aménagement sur l'ensemble de la cour de récréation. Deuxièmement, l'implantation du bâti est judicieuse selon la course du soleil et des vents dominants.

Enfin, cinq enjeux ont été identifiés :

- Créer de l'ombre portée sur la cour
- Favoriser la ventilation naturelle
- Protéger les abords de l'environnement à proximité
- Limiter le réchauffement par le sol
- Protéger le bâti du soleil

Dans la partie suivante, les enjeux comme les atouts seront pris en compte dans les aménagements proposés.

### III- 3. Préconisations paysagères

Végétaliser l'extérieur et protéger l'enveloppe du bâti fera diminuer de manière indéniable la lumière entrant dans les salles de classe. Il est nécessaire de chercher un équilibre entre lumière naturelle et aménagement pour rester

dans la zone de confort d'usage.

Concernant la cour de récréation, il faut veiller à réfléchir aux usages spécifiques qui lui sont alloués : pratique du sport dans la cour de récréation, circulation entre l'entrée et la sortie, endroit où les élèves se rangent avant d'entrer dans la salle. De plus, l'aménagement ne doit

générer aucun recoin qui limiterait la surveillance pendant la récréation.

Enfin, il est nécessaire de composer avec l'existant. Ici, deux grands sujets sont implantés dans la cour, l'aménagement proposé devra les intégrer du fait des bénéfices qu'ils procurent dans la recherche du confort thermique.

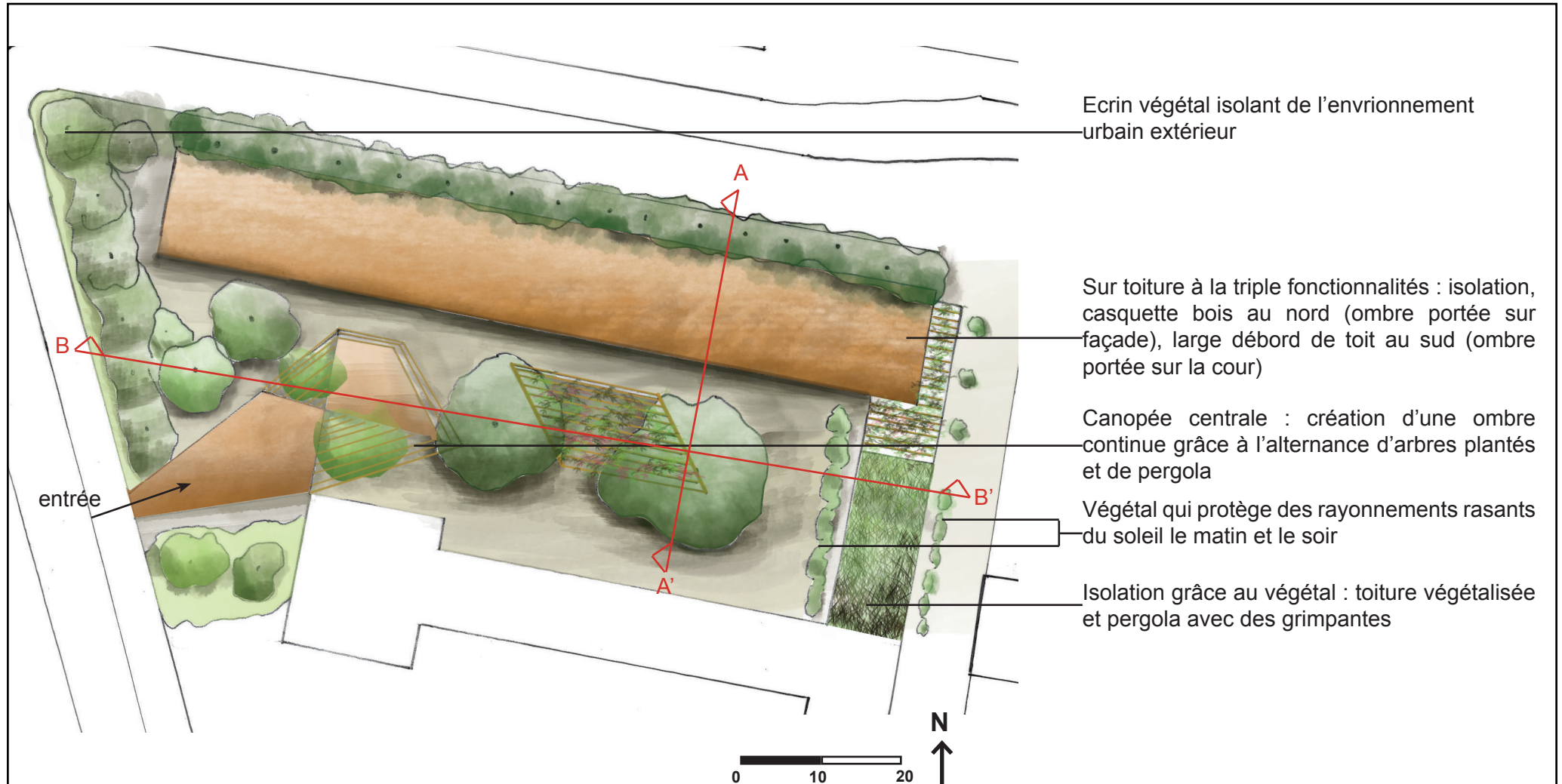


Fig 33 : Plan de masse de la proposition, Moreau L., 2019



## Enjeu 1 : Créer de l'ombre portée sur la cour

Sur l'ensemble de la cour :

① L'installation d'une pergola permet de créer une large promenade ombragée depuis l'entrée de l'école jusqu'à celle des salles de

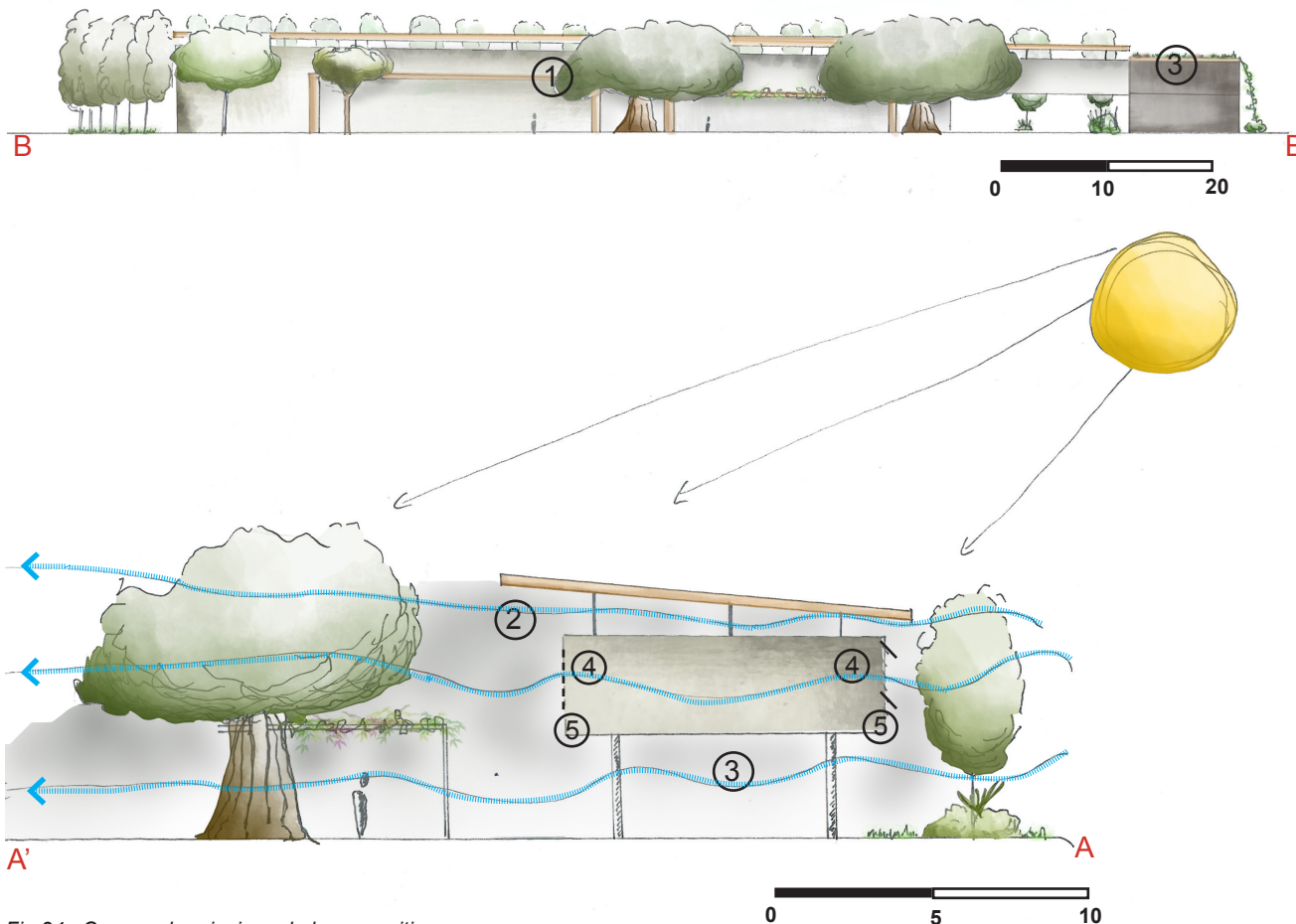
classe. Elle est protégée par l'ombre de deux arbres qui sont intégrés à la pergola. Cette option permet d'avoir de l'ombre de manière immédiate en attendant que la végétation se développe. Un réel relais entre l'ombre de la végétation et l'ombre apportée par la pergola crée une ombre intégrale et continue.

*Nord*

② La sur-toiture installée joue un rôle prépondérant allant au delà d'une simple isolation. En effet, grâce au débord de toit large prévu côté cour de récréation, de l'ombre est présente quand le soleil rayonne sur la façade nord, c'est à dire entre le milieu de la matinée et le milieu de l'après-midi. Ce débord vient compléter l'ombre portée sur la cour de récréation de la pergola.

*Est*

③ La salle de classe actuellement au rez-de-chaussée (RDC) est déplacée au premier étage (R+1) sur le bâti avec la façade principale exposée est. Cette proposition de R+1 permet de produire une ombre plus importante sur la cour le matin.



## Enjeu 2 : Favoriser la ventilation naturelle

*Nord*

③ Déplacer la salle de classe en R+1 permet la création d'un préau en RDC. Ce préau, disposant d'une orientation en accord avec les vents dominants, permet de faire circuler de l'air à l'intérieur de la cour de récréation.

④ Sur la façade nord du bâti principal, des jalousies sont disposées afin de réguler la quantité de vent entrant. Ce système d'ouverture fait face à des fenêtres sur la façade exposée sud.

Fig 34 : Coupes de principes de la proposition  
Source : Moreau L., 2019

⑤ Pour ces deux types d'ouvrant, il est préconisé de diminuer les hauteurs d'allège afin de les adapter à la taille des enfants pour qu'ils bénéficient de l'air entrant.

*Sur l'ensemble de la cour*

L'implantation des végétaux a été pensée pour laisser l'air circuler, notamment avec une disposition des troncs en quinconce et des espacements entre chaque sujet suffisants.

### **Enjeu 3 : Protéger les abords de l'environnement à proximité**

*Autour des salles de classe*

⑥ Afin de créer un écrin végétal, les abords des bâtiments sont plantés de manière abondante. Avant que l'air, provenant de la rue, entre dans l'école il peut être filtré et rafraîchi grâce à l'humidification ambiante apportée par les végétaux. Aussi, le réfléchissement du soleil de l'environnement proche (très bâti et bétonné) vers l'école est limité grâce à ces plantations.

*À l'ouest et à l'est*

⑦ Des haies stratifiées sont implantées afin de protéger le bâti du soleil rasant le soir et le matin

*Sur l'ensemble de l'école*

L'enrobé actuel a été remplacé par une surface qui favorise la réflexion du soleil et non l'accumulation de chaleur.

### **Enjeu 4 : Limiter le réchauffement par le sol**

L'installation d'un revêtement avec un meilleur albédo permet de répondre à cet enjeu en limitant l'emmagasinement de la chaleur et la restitution dans l'environnement local.

### **Enjeu 5 : Protéger le bâti du soleil**

*Est*

⑦ Une haie stratifiée est implantée pour protéger le bâti dès le lever du soleil quand la lumière est rasante.

⑧ Sur une façade exposée est, il est nécessaire de prévoir des protections solaires sur l'ensemble de la façade comme des claustras en bois.

⑨ Des plantes grimpantes sur fil rafraîchissent l'air ambiant et complètent la protection bois.

⑩ Les jardinières plantées apportent de l'ombre sur la terrasse en R+1.

*Nord*

⑫ L'isolation du toit est primordiale quand le soleil est au zénith. Une sur-toiture en bois est prévue. Son débord de toit au nord est dimensionné pour apporter de l'ombre à la façade nord.

⑪ La végétation choisie avec un port érigé crée aussi des ombres portées sur la façade Nord. Ici, les pieds des arbres sont plantés. Le soleil n'étant jamais rasant sur cette façade, les plantations au pied de l'arbre ne jouent pas un rôle prépondérant dans le confort thermique mais permettent de protéger le collet. En effet, cet espace étant enherbé, il y aura de la tonte à prévoir et cette opération pourrait abîmer la base de l'arbre.

⑫ Une toiture végétalisée permet d'isoler le nouveau bâti et une pergola avec des plantes grimpantes protège la terrasse du soleil.

*Ouest*

Une plantation stratifiée est proposée à proximité du bâti pour protéger des derniers rayons rasants du soir.

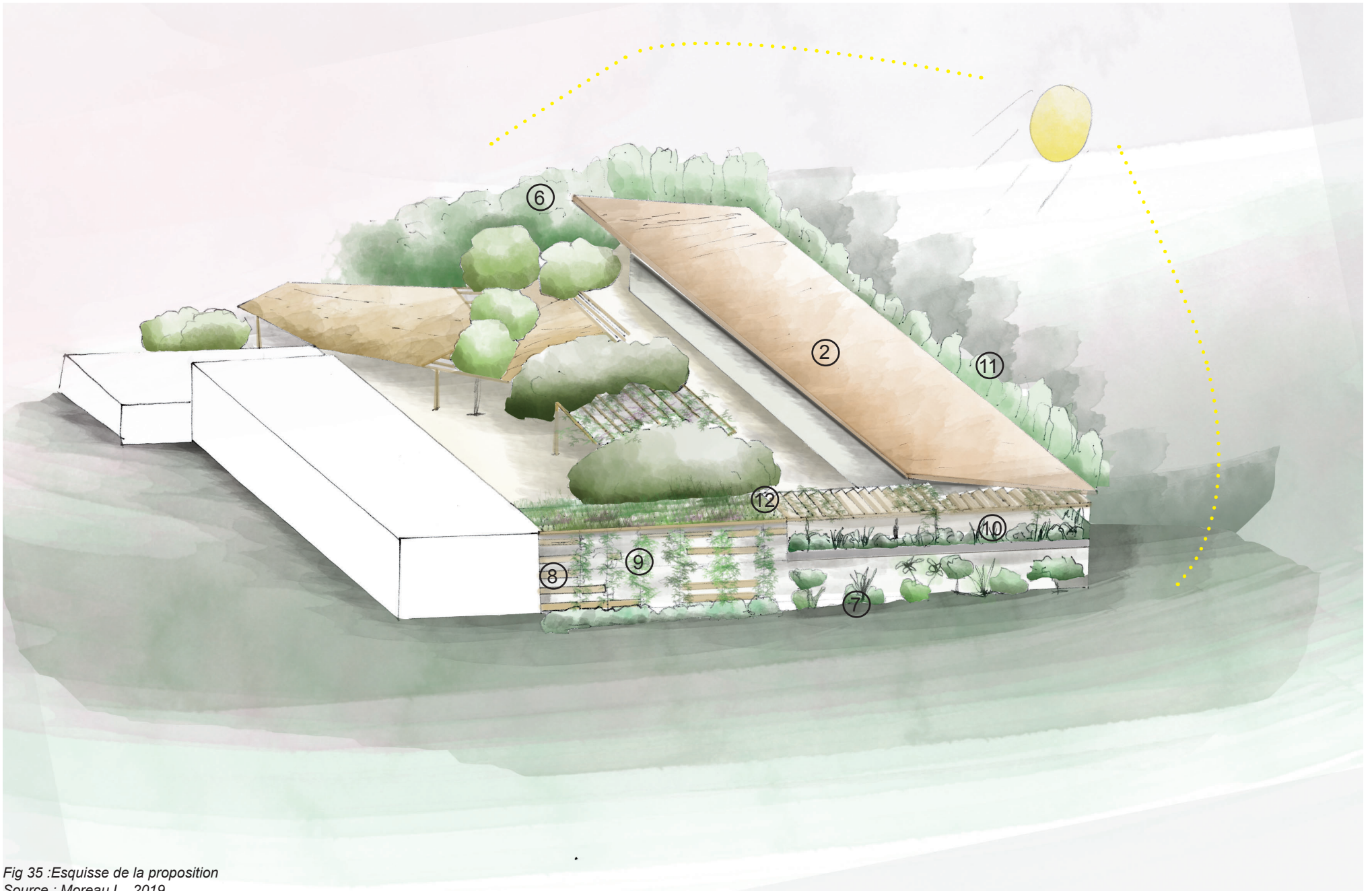


Fig 35 :Esquisse de la proposition  
Source : Moreau L., 2019

## Palette végétale

La palette végétale suivante a été élaborée selon l'ombre désirée en fonction de l'orientation par rapport au soleil. Une attention particulière est portée sur la couleur, la densité et l'agencement du feuillage afin d'obtenir une ombre idoine (cf : partie II.4)

### Nord

Des arbres aux ports érigés permettent une ombre grande et fine pour ombrager les ouvertures à l'étage.



*Araucaria columnaris*  
(G. Forst.) Hook



*Pterocarpus indicus*  
Willd



*Melaleuca quinquenervia* (Cav.) S.T. Blake

### Est et ouest

Installation d'une haie stratifiée pour le matin et le soir quand le soleil est rasant.



*Hibiscus columnaris* Cav



*Cossinia pinnata* Comm. ex  
Lam

### Au centre de la cour

Un port étalé offrira une ombre large et une ombre portée sur les bâtiments.



*Thespesia populnea* (L.)  
Sol. ex Corrêa



*Millettia pinnata* (L.)  
Panigrahi.

Un port parasol procurera aussi une mi-ombre large.



*Albizia saman* (Jacq.) F.  
Muell.

Grimpante sur treille



*Combretum indicum (L.)  
DeFilipps*



*Tristellateia australasiae*

Fig 36 : Planche de photographies de la palette végétale  
Source : mi aime a ou

### Revêtement [13]

Afin de limiter l'emmagasinement de la chaleur et sa réflexion dans l'environnement alentour, on privilégiera des matériaux aux propriétés suivantes :

- un albedo élevé
- une couleur claire
- une bonne perméabilité

Il existe des techniques qui permettent d'améliorer l'albedo de surfaces existantes :

#### pavés inversés

Cela consiste à étendre une fine couche de bitume sur laquelle est disposée un granulat à haut albedo.

#### béton coloré

Grâce à l'ajout de pigments réfléchissant, la réflectivité augmente.

Il est aussi possible d'installer un nouveau revêtement tel que :

#### pavés végétaux

La végétation peut s'installer à travers les alvéoles. Ils permettent l'écoulement des eaux de pluie et la protection des racines



#### asphaltes poreux



Fig 37 : Planche de photographies de la palette matériaux  
Source : AURA

## III- 4 L'application concrète : entre critiques, limites et perspectives.

### Les limites de l'étude

Le CAUE dispose de 20 capteurs de température et d'humidité. Ainsi, la période de relevé a été d'environ deux mois pour l'ensemble des écoles. Certaines campagnes de relevés n'ont donc pas été effectuées pendant l'été austral. Toutefois, au début de la mi-saison, les températures étaient encore supérieures à 30°C, ce qui reste entièrement pertinent pour effectuer les relevés. Pour ces raisons, afin de comparer les écoles entre elles, il est indispensable d'utiliser les différences de température entre intérieur et extérieur et donc de prendre en compte les Delta T. De plus, il a été parfois difficile d'apprécier la température ressentie qui peut varier selon différents facteurs comme nous l'avons étudié dans la première partie. Cette dernière peut être très différente de la température mesurée. L'utilisation d'un thermomètre à boule noire aurait permis de supprimer ces incertitudes mais son acquisition était impossible du fait de son prix élevé. De plus, la nécessité d'être présent sur la durée de mesures (au minimum une journée) a rendu cette prise de mesures impossible avec les moyens dont le CAUE disposait au moment de l'étude.

### Les limites de l'analyse des résultats

Premièrement, pour l'analyse de la direction du vent, par manque de données, on a utilisé la rose des vents de la commune où est située

l'école et non la rose des vents de la parcelle de l'école. La précision est donc moindre.

Deuxièmement, l'analyse de certains critères peut-être considérée comme subjective. En effet, dans le but de faciliter la compréhension, nous avons choisi d'utiliser les diagrammes radar. Pour réaliser ce type de diagramme, il faut, à partir des mesures précises et des observations faites, attribuer une note pour chaque critère. Cela permet de synthétiser les mesures mais cette note peut aussi varier selon l'appréciation de la personne. Pour diminuer ces variabilités, une grille de notation a été élaborée pour chaque évaluation afin d'homogénéiser au maximum les résultats. Ainsi, la véracité est inférieure à une utilisation de mesures brutes mais la lisibilité est largement supérieure.

### **Les limites des préconisations**

Pour que la présence de végétal permette d'améliorer le confort thermique significativement, il faut planter de manière abondante. Cela nécessite par la suite un entretien important, conséquence qui induit une nouvelle limite.

En effet, il est inutile de planter des végétaux, organismes vivants, si un entretien correct et régulier n'est pas prévu en amont. De surcroît dans une zone tropicale où les végétaux désirés mais aussi les adventices se développent rapidement.

Actuellement, la garantie de parfait achèvement s'élève à 1 an. Cette durée semble insuffisante afin de savoir si le végétal s'est bien installé. Il apparaît donc nécessaire d'augmenter cette garantie au minimum à deux ans après les travaux.

Une autre limite se trouve dans l'organisation de l'entretien. Ce sont les mairies qui assurent

l'entretien des écoles. A La Réunion, nous pouvons relever des dysfonctionnements dans l'organisation des équipes qui sont renouvelées tous les six mois du fait de la mise en place de contrats précaires. Nous décelons alors un manque de formation des équipes qui passe notamment par des connaissances insuffisantes dans les pathologies végétales. Certains arbres sont donc abattus inutilement ou mal élagués.

Le temps de développement du végétal est une limite importante. Effectivement, la patience est de mise, puisqu'il faudra attendre quelques années pour que le végétal fournisse l'ombre escomptée. Toutefois, il est possible d'installer des solutions provisoires comme des voiles d'ombrage.

De plus, le conseil municipal en place souhaite généralement réaliser des projets qui ont des répercussions positives ainsi que des effets directs au cours de son mandat. Ainsi, dans la problématique de confort thermique, les projets de végétalisation nécessitant un temps de résultat relativement long peinent à s'imposer face à l'installation de climatisation.

### **Perspectives**

L'étude sur le confort thermique dans les écoles réunionnaises est réalisée en collaboration avec un économiste. Ce professionnel pourra prédire un budget en fonction des préconisations établies. Cette première perspective a pour objectif de prouver aux communes que les propositions présentées restent accessibles financièrement. Cela permet aussi l'élaboration d'une stratégie en échelonnant les différentes phases afin de leur offrir une vision sur le long terme.

Une deuxième perspective primordiale est la sensibilisation. En effet, cette étude doit être le socle pour informer la population sur la problématique actuelle ainsi que les solutions innovantes qui existent. Elle doit révéler aux élus et aux techniciens l'intérêt qu'ils ont à préserver leur patrimoine tout en assurant le confort thermique dans leurs écoles. L'étude leur offre aussi des connaissances suffisantes afin de mieux communiquer avec la maîtrise d'oeuvre.

La sensibilisation devra aussi inclure les scolaires et le personnel enseignant notamment en lien avec les bons usages, le climat, la santé et le développement durable.

Afin que l'étude ait des répercussions importantes, une réflexion particulière doit être portée sur la manière de sensibiliser et de transmettre les résultats afin d'en améliorer l'accessibilité et la compréhension.

# Conclusion

La définition de confort thermique présentée au début de ce mémoire présageait la complexité du sujet du fait de la multitude de facteurs qui y sont associés.

De plus, ce n'est que tardivement que la réglementation française a pris en compte les particularités spécifiques liées au climat dans les DOM.

Aujourd'hui, l'action principale pour améliorer le confort thermique est l'installation de systèmes de climatiseur.

Or, ces dispositifs ne sont ni viables ni durables, tant écologiquement qu'économiquement. Face à une exposition quotidienne aux climatiseurs, de potentiels dangers sur la santé sont aussi à relever. Cela crée une véritable problématique notamment en milieu scolaire où les enfants ont un organisme encore en développement. Certaines collectivités commencent même à revenir sur leur campagne de climatisation dans les écoles. Par exemple, la commune de Saint Paul (97411) "entend, privilégier les procédés naturels qui utilisent les protections solaires, l'ombrage, la circulation de l'air, la végétation pour lutter contre les températures" (Bernard M., 2019)

La prise en compte de la cour reste toujours un réel défi. Par exemple, la loi Blanquer récemment

votée sur le dédoublement des classes a des répercussions sur les aménagements scolaires. En effet, il faut prévoir de nouvelles salles de classe pour accueillir les classes plus nombreuses. Dans une école à La Réunion un manguier a été coupée pour installer une classe modulaire ; un exemple allant totalement à l'encontre de la recherche de confort thermique tant au niveau architecturale que paysager.

Toutefois les consciences s'éveillent ou se réveillent.

L'apparition d'une nouvelle typologie d'école, comme l'école à Bois d'Olive, où le confort thermique fait réellement partie des priorités dans la conception du bâti et de la cour, prouve cette tendance. Le projet cour Oasis à Paris confirme que nous disposons des moyens et connaissances pour réaliser ces innovations.

Dans ce mémoire, grâce aux propositions d'aménagements pour l'école étudiée, il est possible de relever quelques règles générales. Par exemple, les aménagements proposés doivent impérativement prendre en compte les caractéristiques bioclimatiques comme la course du soleil et la direction du vent. En effet, les ombres portées et la ventilation naturelle sont de réels leviers pour une diminution des températures ressenties. Toutefois, il faut toujours veiller à rester dans une situation de confort d'usage.

De plus, le temps d'implantation de la végétation doit être pris en compte afin de prévoir des dispositifs complémentaires pour apporter de l'ombre pendant la croissance des végétaux. Aussi, varier les strates végétales et la structure

du feuillage permet de procurer de l'ombre toute la journée en fonction de la course du soleil.

Par ailleurs, le revêtement du sol joue un rôle prépondérant dans la diffusion de la chaleur vers le bâti, il doit donc être réfléchi et choisi selon ses caractéristiques spécifiques. L'isolation du toit pour un bâti orienté est-ouest est primordiale ainsi que la protection des façades à l'ouest et à l'est.

En outre, l'environnement alentour joue un rôle important dans la création d'ICU, entravant l'amélioration du confort thermique. Ainsi, au delà de l'école, il serait essentiel d'avoir une réflexion à l'échelle d'une ville et de son territoire pour que les bénéfices soient significatifs.

En pensant la problématique dans sa globalité, une évolution réglementaire permettrait d'accompagner cette transition et ancrerait d'autant plus la spécificité du département de La Réunion. De plus, le calendrier scolaire pourrait différer de celui de la métropole afin de le rendre cohérent avec les deux saisons auxquelles l'île est confrontée.

Enfin, cette problématique est de plus en plus présente et s'étend maintenant au delà des territoires situés en milieux tropicaux comme le prouvent la récurrence des canicules de cet été 2019.

Il est donc temps d'agir aujourd'hui pour demain.





# Bibliographie

ASHRAE (2010). Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. réédition de 1966.

AUFFRET P.Y. & GATINA J.C.(1984). Habitat et climat à la Réunion, construire en pays tropical humide. Saint Denis, 159 p.

BERNARD M. (2019). La climatisation jette un froid. Le Quotidien de La Réunion, 14 p.

CAUE (1993). Etude de remise à niveau des locaux scolaires du premier degré. Saint Denis, 70 p.

CAUE (2005). 350 ans d'architecture à l'île de la Réunion. Sainte Clothilde, 207 p.

CAUE (2013). Un jardin pour rafraîchir sa case. Saint André, 62 p.

CAUE (2017). Étude "Une brève histoire de la mise en application de la réglementation thermique à la Réunion et dans les DOM". format numérique, 48 p.

Conseil régional Réunion, Institut Universitaire de Technologie Saint-Pierre, Imageen Saint-Denis. PERENE Réunion, PERformances ENERgétiques des bâtiments à la Réunion : Règles de conception thermique et énergétique des bâtiments tertiaires et résidentiels adaptées aux zones climatiques de l'île de La Réunion, 2009. 98 p.

DELALANDE J. (2001). La cour de récréation. Rennes, 278 p.

EDF (1984). La conception thermique des bâtiments à la Réunion. Le Pré Saint Gervais, 52 p.

FERNANDEZ P. LAVIGNE P. (2009). Concevoir des bâtiments bioclimatiques Fondements et méthodes. Paris, 430 p.

HOARAU I. (2002), L'art du jardin créole. Saint Denis, 174 p.

MARTIN A. (2019). La Réunion veut verdir son électricité. Alternatives économiques, 399, p. 48 à 50.

WOLFF E. (1991). Quartiers de vie. Approche ethnologique des populations défavorisées de l'île de La Réunion. Saint Denis, 207 p.

# Sitographie

[1] IPReunion (2019). La chaleur c'est pour tout le monde : nou lé pas plus nou lé pas moins, respect anou !.

Article en ligne disponible à l'adresse : <http://www.ipreunion.com/actualites-reunion/reportage/2019/06/25/edito-canicule-brevet-edito-canicule-brevet,104105.html> (consulté le 6/08/2019)

[2] APCet MétéoFrance (2013). L'îlot de chaleur urbain à Paris Un microclimat au cœur de la ville Disponible à l'adresse :

[http://www.meteofrance.fr/documents/10192/22603710/brochure\\_MF\\_APC\\_L\\_%C3%AEIlot\\_de\\_chaleur\\_urbain\\_%C3%A0\\_Paris\\_2013.pdf](http://www.meteofrance.fr/documents/10192/22603710/brochure_MF_APC_L_%C3%AEIlot_de_chaleur_urbain_%C3%A0_Paris_2013.pdf) (consulté le 16/08/2019)

[3] Atlas des paysages de La Réunion (2009). Les paysages et la géologie.

Disponible à l'adresse : [http://www.atlasdespaysages-lareunion.re/pageprint1.php?id\\_chapitre=104](http://www.atlasdespaysages-lareunion.re/pageprint1.php?id_chapitre=104) (consulté le 26/04/2019)

[4] Futura planète (2015). Les fluides frigorigènes sont-ils néfastes pour l'environnement?.

Disponible à l'adresse : <https://www.futura-sciences.com/planete/questions-reponses/pollution-fluides-frigorigenes-sont-ils-nefastes-environnement-649/> (consulté le 06/05/2019)

[5] enviroBAT Réunion. Opération «Groupe scolaire Aimé Césaire» Bois d'Olives, Saint-Pierre : Retour d'expérience. Réunion, Centre de ressources «enviroBAT-Réunion», 2018. 9 p. Disponible à l'adresse : <https://docplayer.fr/127363640-Envirobat-reunion-operation-groupe-scolaire-aime-cesaire-bois-d-olives-saint-pierre-lieu-d-enseignement-retour-d-experience-fiche-d-identite.html> (Consulté le 26/08/2019)

[6] Construction 21 France (2017). Groupe scolaire de Bois d'Olives. Disponible à l'adresse : <https://www.construction21.org/france/case-studies/fr/groupe-scolaire-de-bois-d-olives.html> (consulté le 15/06/2019)

[7] Transition énergétique (2013). Mesure 1- des bâtiments moins gourmands en énergie. Disponible à l'adresse : <https://transitionenergetique.org/propositions/proposition-numero-1/> (consulté le 10/05/2019)

[8] Ziemmerlich J. (2019). Face à l'urgence climatique, les grandes villes doivent arrêter de se faire plaisir avec des projets expérimentaux. Le Monde. Article en ligne disponible à l'adresse : [https://www.lemonde.fr/smart-cities/article/2019/05/30/face-a-l-urgence-climatique-les-grandes-villes-doivent-arreter-de-se-faire-plaisir-avec-des-projets-experimentaux\\_5469459\\_4811534.html](https://www.lemonde.fr/smart-cities/article/2019/05/30/face-a-l-urgence-climatique-les-grandes-villes-doivent-arreter-de-se-faire-plaisir-avec-des-projets-experimentaux_5469459_4811534.html) (consulté le 29/07/2019)

[9] Nature & technologie (2011). Effet de l'ombrage sur le confort thermique et visuel dans les espaces extérieurs : cas de l'esplanade de l'Université de Mentouri de Constantine, Est de

l'Algérie - LOUAFI BELLARA S. & ABDOU S. Disponible à l'adresse : [http://rist.cerist.dz/IMG/pdf/art\\_07\\_03.pdf](http://rist.cerist.dz/IMG/pdf/art_07_03.pdf) (consulté 15/07/2019)

[10] ResearchGate (2015). Régulation du climat thermique urbain par les arbres : ombrage et température du couvert - SAUDREAU M., KASTENDEUCH P., NGAO J., NAJJAR G., AMEGLIO T. Disponible à l'adresse : [https://www.researchgate.net/publication/285734199\\_Regulation\\_du\\_climat\\_thermique\\_urbain\\_par\\_les\\_arbres\\_ombrage\\_et\\_temperature\\_du\\_couvert](https://www.researchgate.net/publication/285734199_Regulation_du_climat_thermique_urbain_par_les_arbres_ombrage_et_temperature_du_couvert) (consulté le 16/07/2019)

[11] Lamothe J. (2019). Canicule : pour faire baisser les températures en ville, « il faut y mettre de la nature, mais de manière intelligente ». Le Monde. Article en ligne disponible à l'adresse : [https://www.lemonde.fr/planete/article/2019/06/26/canicule-les-pratiques-et-savoirs-ancestraux-des-villages-de-grece-sont-riches-d-enseignements\\_5481744\\_3244.html#xtor=AL-32280270](https://www.lemonde.fr/planete/article/2019/06/26/canicule-les-pratiques-et-savoirs-ancestraux-des-villages-de-grece-sont-riches-d-enseignements_5481744_3244.html#xtor=AL-32280270) (consulté le 05/08/2019)

[12] Likedin SlideShare (2013). Végétation et confort- Université Mouloud Mammeri Tizi ouzou. Disponible à l'adresse : <https://fr.slideshare.net/Saamysaami/vgtation-confort> (consulté 08/07/2019)

[13] ADEME (2012). Guide de recommandation pour lutter contre l'effet des îlots de chaleur urbains à destination des collectivités territoriales.

Disponible à l'adresse : <https://www.actu-environnement.com/media/pdf/dossiers/786-guide-lutte-icu.pdf?fbclid=IwAR16tmgAhkoc2Q894auu697crtNB8Sv9mikTvnYPnrQnm3AW6Nel-dir-2fo> (consulté le 30/08/2019)

## Échanges

Lise Daviet CAUE75

Vidot Betty mairie de Saint Paul service archives

## Conférence

Suzanne Déoux - Climatiser est une réponse, mais mesure-t-on les conséquences sur la santé de nos enfants ? - 26/02/2019 - CAUE 974, Saint Denis.

SAINT-GILLES-LES-BAINS

# Les parents de Carosse manifestent pour la climatisation

Les parents des élèves de la petite école de Carosse, à Saint-Gilles-les-Bains, ont manifesté hier pour demander la climatisation dans les classes. Ils promettent de revenir demain pour un blocage.

Hier matin, il s'agissait d'un avertissement. Demain, ils ont promis de revenir plus déterminés, avec pancartes et pétition. Les parents d'élèves de l'école élémentaire de Carosse demandent que les classes de leurs enfants soient climatisées. Hier matin, les enfants sont restés devant la grille jusqu'à l'heure de la sonnerie, scandant « on veut la clim », pendant qu'une voiture barrait symboliquement l'accès au parking. Alors que les parents avaient été avertis par un mot distribué aux enfants, il s'agissait pour les manifestants de médiatiser plus largement leurs revendications.

« Il s'agit de la santé de nos enfants. Mon fils rentre tous les soirs avec des maux de tête, tant il fait chaud dans la classe. Jusqu'à 33 °C y a été mesuré, ce qui en température ressentie, compte tenu de l'humidité, arrive à 38 °C », estime Jean-Paul Gauthier, président du comité de parents d'élèves de l'école de Carosse qui compte sept classes.

« À chaque conseil d'école, on demande l'installation de la clima-

tisation. Pendant le dernier conseil en date, celui de décembre, on nous a répondu que ce n'était pas à l'ordre du jour », poursuit le père de famille. Les autres parents, autour de lui, font état d'enfants rentrant le soir en « transpiration » et de conditions bien peu favorables à un apprentissage serein.

## Blocage demain ?

Prévenue du mouvement d'humour des parents, la mairie a tenté depuis le week-end dernier de calmer le jeu. « Sandra Sinimalé m'a appelé pour me dire qu'elle était intervenue dans notre sens et qu'un technicien passerait lundi », raconte Jean-Paul Gauthier. Le technicien est passé, sans que le directeur ait été averti, et a promis un devis pour le lendemain, hier mardi. « J'ai le matériel en stock, je peux le faire pendant les prochaines vacances », aurait déclaré le frigoriste. « Si le devis est acceptable »,



Hier matin, avant l'heure de la sonnerie, parents et élèves de Carosse manifestaient pour demander l'installation de la climatisation dans les classes. (Photos PhN)

s'interroge le responsable des parents d'élèves, à qui les services municipaux auraient plutôt parlé d'octobre 2019.

Les parents demandent un engagement écrit de la mairie. Ils demandent en outre que l'entretien, notamment de l'électricité et de l'étanchéité, soit suivi. « Quand il pleut, deux classes se retrouvent sans électricité, le disjoncteur saute à cause des infiltrations », dénonce Roseline Zibel, une autre responsable du comité des parents d'élèves. À défaut, ils bloqueront l'école demain matin. Plus durement. « Parce qu'aucun élu n'a daigné se déplacer », regrettent-ils,

remarquant que la climatisation était dans tous les bureaux, dans les magasins ou les administrations, et même dans les salles informatiques scolaires, mais pas dans les classes des enfants.

Les parents, hier, remarquaient que les écoles de Grand-Fond, de la Saline-les-Bains, du Mont-Roquefeuille, de l'Hermitage sont, elles, équipées de climatisation, même si ça ne fonctionne pas partout. « Ici, c'est un quartier populaire, contrairement aux écoles où la clim est installée. Je me demande s'il n'y a pas un problème de discrimination », interroge Ali Sekkaki, vice-président du comité de parents d'élèves. « Il

n'y a que s'il y a une manifestation que la mairie réagit », remarque-t-il encore.

Demain jeudi, les parents risquent de rester sur leur faim. Alex Pota, adjoint saint-paulois en charge des écoles, interrogé par ailleurs, semble conscient du problème. D'autant que ce point était une promesse de campagne de Joseph Sinimalé. « Il est prévu de le faire, mais ça prendra un certain temps. On ne peut pas en un jour climatiser toutes les écoles des Bas », répond Alex Pota aux parents d'élèves. En un jour, certes non ; mais en quatre ans ?

Philippe NANPON



## 38 °C dans les classes, les parents réclament et obtiennent la clim

**M** SAINT-PAUL. Pour la deuxième fois en une semaine, des parents d'élèves ont manifesté hier matin, devant l'école de Carrosse. Ces derniers réclament depuis longtemps l'installation de la climatisation dans les classes. *"Il n'y a que des brasseurs d'air qui, en ce moment, brassent de l'air chaud !, déplore Jean-Paul Gauthier, président du Comité des parents d'élèves. Les enfants sont rouges de chaleur. Ils sont énervés et les rendements scolaires baissent rapidement"*.

Lui même confie s'être déjà installé en classe et avoir transpiré à grosses gouttes. Le midi, les élèves ne peuvent guère se rafraîchir puisque le réfectoire n'est pas non plus climatisé. *"Avec l'humidité, la température ressentie est de 38 ° dans les classes"*, affirme Jean-Paul Gauthier.

La colère des parents d'élèves est d'autant plus grande que plusieurs écoles du littoral de Saint-Paul sont équipées de

climatiseur. C'est en effet déjà le cas à Grand Fond, l'Hermitage-les-Bains, la Saline-les-Bains et Boucan. Mais pas encore à Carrosse, un quartier plus populaire de Saint-Gilles.

### CERTAINS PARENTS RESTENT MÉFIANTS

Vendredi dernier, alors que la manifestation était déjà programmée, le maire de Saint-Paul Joseph Sinimalé s'est engagé à installer la climatisation. *"Pour 2019, les écoles du quartier de Carrosse sont prioritaires. Nous vous confirmons que tout sera mis en œuvre pour l'installation de ces équipements et pour engager les dépenses nécessaires par anticipation, sans attendre nécessairement le vote du budget"*, a confirmé Joseph Sinimalé dans un courrier envoyé aux parents d'élèves, à l'inspectrice de Saint-Paul et aux directeurs de l'école maternelle et élémentaire de Carrosse. Des entreprises sont

déjà venues inspecter l'école et ont émis des devis. EDF doit également être contacté afin d'obtenir les devis de raccordement.

Si certains parents restent méfiants quant à la promesse de Joseph Sinimalé, l'installation de la climatisation risque d'être à peine suffisante pour permettre aux élèves et instituteurs de travailler dans des bonnes conditions.

*"Il s'agit d'une vieille école qui est encore équipée des anciens modèles de nacots. Selon une entreprise qui est passée dans l'école pour établir un devis, la climatisation permettra de faire baisser la température de seulement 5°. Les salles seront simplement rafraîchies"*, explique Jean-Paul Gauthier. C'est pour cette raison que les parents demandent depuis longtemps une évolution du bâti scolaire. La mairie ne fait toutefois pas cas de ce sujet dans le courrier envoyé en fin de semaine dernière.

J.-Ph.L.

# Mobilisation pour la climatisation

À leur tour, les parents d'élève de l'école élémentaire Henri Lapierre à La Possession, se mobilisent pour l'installation de la climatisation dans les classes et la construction d'un mur antibruit.

Depuis quelques mois, la grogne dans les écoles de La Réunion fait boule de neige. Hier, c'étaient aux parents de l'école Henri Lapierre à La Possession de passer à l'action. Tôt le matin, ils ont bloqué de façon symbolique la circulation devant l'établissement. Après de premiers courriers adressés à la mairie, l'occasion de se faire entendre et d'afficher le problème sur la place publique, estime Sabrina Lallier, la présidente du comité de parents d'élève.

Comme dans bon nombre d'écoles de l'île, il est bien difficile pour les petits élèves de se concentrer par des températures qui frôlent encore les 38 degrés dans les salles de classe. « Nous avons trop chaud, mal à la tête et nous sommes fatigués », racontent Loane et Luna scolarisées en CE1.

Selon les parents, les brasseurs d'air installés dans les classes par la municipalité ne suffisent pas à rafraîchir une atmosphère surchauffée, « surtout l'après-midi ». De surcroît, dans certaines classes, celles situées au plus près de la deux fois deux voies, tracée à quelques mètres à peine de l'enceinte de l'école, le bruit interdit d'ouvrir les nacots. « Dans ces classes, l'air est irrespirable ». Les maîtresses invitent même les parents à doter leur enfant d'une

serviette éponge. Les écoliers racontent quant à eux, tenter de « bouger le moins possible ».

Pour les parents, la solution passe par la climatisation « en urgence pour les classes les plus exposées à la quatre voies, à moyen terme pour le reste de l'établissement ». « Il faudra y passer », affirme Sabrina Lallier qui reconnaît que le problème ne posait pas avec autant d'acuité les années précédentes. « Voilà bientôt trois à quatre années qu'il fait vraiment très chaud et aussi longtemps ».

Enfin, les parents d'élève souhaitent qu'un mur anti bruit soit érigé entre l'enceinte de l'école et la RN 1. « De cette façon, les enseignants pourraient au moins ouvrir les nacots, ce qui est impossible actuellement tant le bruit de la route est assourdissant ».

## Un sur-toit

Interrogé à ce propos, Gilles Hubert, le premier adjoint indique être dans l'attente de la réponse de la Région. « Nous sommes sur un périmètre dont elle possède la gestion. C'est à elle que revient la décision », explique l'élue avant de rappeler une revendication déjà ancienne. S'agissant de la climatisation sollicitée par les parents, l'homme est bien plus réservé.



La température monte à l'intérieur et l'extérieur de l'école Henri Lapierre, à La Possession.

Selon Gilles Hubert, la climatisation dans les salles ne serait pas la panacée et pose bien des questions « en termes de santé pour les enfants ». « Ce sera la dernière des solutions », considère l'élue qui rappelle les travaux d'ordre général et les efforts déjà engagés avec la pose de brasseurs d'air,

de voiles, etc. Dans un deuxième temps, la mairie privilégie une optimisation de l'isolation thermique des plafonds ainsi qu'un sur-toit, « capable de faire baisser la température de 3 à 4 degrés », assure Gilles Hubert. « Si la climatisation n'est pas à exclure totalement, il reste des choses à inventer ». L'isolation

devrait être effective à la prochaine rentrée, le sur-toit à une échéance plus lointaine. Pas sûr que ces mesures satisfassent les doléances immédiates des parents qui ont promis de s'inviter cette semaine au prochain comité d'hygiène et de sécurité.

M.B.

## La clim pour l'école de Mont Roquefeuil

**SAINT-PAUL.** Après avoir manifesté à deux reprises devant l'école de Mont Roquefeuil, les parents d'élèves ont été reçus par le maire, Joseph Sinimalé, hier matin. Les parents réclament la réparation des nacos, dont certains sont bloqués et ne permettent plus à l'air de circuler. Ils souhaitent également des voiles d'ombrage dans les cours et l'installation de la climatisation.

Cette dernière revendication a été validée par le maire. *"Le maire de Saint-Paul a décidé de faire installer des climatiseurs dans les salles de classe de Roquefeuil d'ici le second semestre. Comme pour Carrosse et les autres écoles qui ont été, jusqu'à présent, dotées de climatiseurs, il faudra cependant aux élèves et à l'équipe*



*Après deux manifestations, les parents ont eu gain de cause (photo d'archives).*

*pédagogique patienter, le temps pour EDF de procéder au renforcement du réseau électrique", indique la mairie qui estime ce délai entre 4 et 6 mois. "Nous ferons en sorte que, pour la prochaine période de fortes chaleurs, les enfants bénéficient de meilleures conditions de tra-*

*vail", a promis Joseph Sinimalé. La ville indique toutefois rechercher des conditions alternatives à la climatisation "objet d'inquiétudes notamment en terme de capacité énergétique et de santé." L'amélioration du confort thermique est la voie privilégiée.*

le journal mercredi 20 mars 2019

# Annexe II

Questionnaire distribué auprès de l'équipe pédagogique pour connaître leur ressenti sur le confort thermique



CAUE - I  
Tél: 02 62

Le Centre de Ressources  
de la Qualité Environnementale du Cadre Bâti

## Etude confort thermique dans les écoles des bas de La Réunion

NOM de l'enseignant : ..... Salle N°.....

**Jour 1**

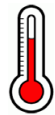
### En entrant dans la classe le matin...

Les menuiseries extérieures sont-elles ouvertes ?  Oui  Non

Si oui, combien d'entre elles sont ouvertes?.....

Les rideaux sont-ils tirés ?  Oui  Non

Si oui, combien d'entre eux sont tirés?.....



Thermiquement,  
vous trouvez cette ambiance ?

Vous préféreriez avoir ?

### Pendant la matinée...

- |   |  |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Confortable              | <input type="checkbox"/> Très inconfortable        |
| <input type="checkbox"/> Légèrement inconfortable | <input type="checkbox"/> Extrêmement inconfortable |
| <input type="checkbox"/> Inconfortable            |  |

- |  |  |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> Beaucoup plus froid | <input type="checkbox"/> Plus chaud          |
| <input type="checkbox"/> Plus froid          | <input type="checkbox"/> Beaucoup plus chaud |

Au sujet des mouvements d'air,  
vous les trouvez ?



Vous préféreriez avoir ?

- |   |  |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Confortable              | <input type="checkbox"/> Très inconfortable        |
| <input type="checkbox"/> Légèrement inconfortable | <input type="checkbox"/> Extrêmement inconfortable |
| <input type="checkbox"/> Inconfortable            |  |

- |  |
|--|
| <input type="checkbox"/> Moins de mouvements d'air         |
| <input type="checkbox"/> Un peu moins de mouvements d'air  |
| <input type="checkbox"/> Un peu plus de mouvements d'air   |
| <input type="checkbox"/> Beaucoup plus de mouvements d'air |

Quel est selon vous le ressenti  
général des élèves concernant  
leur confort ?

- |   |  |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Confortable              | <input type="checkbox"/> Très inconfortable        |
| <input type="checkbox"/> Légèrement inconfortable | <input type="checkbox"/> Extrêmement inconfortable |
| <input type="checkbox"/> Inconfortable            |  |

### Pendant l'après-midi...











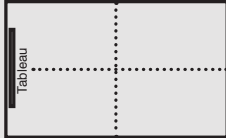

- |   |  |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Confortable              | <input type="checkbox"/> Très inconfortable        |
| <input type="checkbox"/> Légèrement inconfortable | <input type="checkbox"/> Extrêmement inconfortable |
| <input type="checkbox"/> Inconfortable            |  |

- |  |  |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> Beaucoup plus froid | <input type="checkbox"/> Plus chaud          |
| <input type="checkbox"/> Plus froid          | <input type="checkbox"/> Beaucoup plus chaud |

- |   |  |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Confortable              | <input type="checkbox"/> Très inconfortable        |
| <input type="checkbox"/> Légèrement inconfortable | <input type="checkbox"/> Extrêmement inconfortable |
| <input type="checkbox"/> Inconfortable            |  |

- |  |
|--|
| <input type="checkbox"/> Moins de mouvements d'air         |
| <input type="checkbox"/> Un peu moins de mouvements d'air  |
| <input type="checkbox"/> Un peu plus de mouvements d'air   |
| <input type="checkbox"/> Beaucoup plus de mouvements d'air |

- |   |  |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Confortable              | <input type="checkbox"/> Très inconfortable        |
| <input type="checkbox"/> Légèrement inconfortable | <input type="checkbox"/> Extrêmement inconfortable |
| <input type="checkbox"/> Inconfortable            |  |

<p>Certain d'entre eux se plaignent-il de la chaleur ? Si oui, combien?</p>	<p><input type="checkbox"/> Oui                      <input type="checkbox"/> Non</p> <p>.....</p>	<p><input type="checkbox"/> Oui                      <input type="checkbox"/> Non</p> <p>.....</p>
<p>Entourrer le temps qu'il a fait pendant la journée</p>	<p>    </p> <p>Ensoleillé      Mitigé      Nuageux      Bruine      Pluie forte</p>	<p>    </p> <p>Ensoleillé      Mitigé      Nuageux      Bruine      Pluie forte</p>
<p>Les rayons du soleil entrent-ils dans la classe ? Si oui, cochez la zone de la classe concernée</p>	<p><input type="checkbox"/> Oui                      <input type="checkbox"/> Non</p> 	<p><input type="checkbox"/> Oui                      <input type="checkbox"/> Non</p> 
<p>Avez-vous menée une action pour modifier les conditions de confort dans la salle ?  Si oui, la(les)quelle(s) ?</p> <p>Vous avez trouvé la salle ?</p>	<p><input type="checkbox"/> Oui                      <input type="checkbox"/> Non</p> <p><input type="checkbox"/> Ouverture des menuiseries <input type="checkbox"/> Laissez la porte ouverte <input type="checkbox"/> Tiré les rideaux <input type="checkbox"/> Allumé les brasseurs d'air <input type="checkbox"/> Allumé l'éclairage <input type="checkbox"/> Autre : .....</p> <p><input type="checkbox"/> Très sombre      <input type="checkbox"/> Bien éclairé <input type="checkbox"/> Sombre              <input type="checkbox"/> Eblouissement <input type="checkbox"/> Légèrement sombre</p>	<p><input type="checkbox"/> Oui                      <input type="checkbox"/> Non</p> <p><input type="checkbox"/> Ouverture des menuiseries <input type="checkbox"/> Laissez la porte ouverte <input type="checkbox"/> Tiré les rideaux <input type="checkbox"/> Allumé les brasseurs d'air <input type="checkbox"/> Allumé l'éclairage <input type="checkbox"/> Autre : .....</p> <p><input type="checkbox"/> Très sombre      <input type="checkbox"/> Bien éclairé <input type="checkbox"/> Sombre              <input type="checkbox"/> Eblouissement <input type="checkbox"/> Légèrement sombre</p>
<p>Vous avez trouvé l'air ?</p>	<p><input type="checkbox"/> Très humide      <input type="checkbox"/> Ni sec, ni humide <input type="checkbox"/> Humide              <input type="checkbox"/> Sec <input type="checkbox"/> Légèrement humide</p>	<p><input type="checkbox"/> Très humide      <input type="checkbox"/> Ni sec, ni humide <input type="checkbox"/> Humide              <input type="checkbox"/> Sec <input type="checkbox"/> Légèrement humide</p>
<p>Etiez-vous dans la classe toute la 1/2 journée?</p>	<p><input type="checkbox"/> Oui                      <input type="checkbox"/> Non</p>	<p><input type="checkbox"/> Oui                      <input type="checkbox"/> Non</p>

**A la fin de la journée...**

Les menuiseries extérieures restent-elles ouvertes ?                       Oui     Non  
Si oui, combien d'entre elles sont ouvertes?.....



# Annexe III

## les cours de récréation à travers le monde

source: <https://mrmondialisation.org/decouverte-etonnante-des-cours-de-recreation-a-travers-le-monde/>



He Huang Yu Xiang Middle School, Qingyuan, Chine



Dechen Phodrang , Thimphu, Bhutan



Cadet School of the Heroes of Space, Moscou



Shohei Elementary School, Tokyo



Mexique



Valley View School, Mathare, Nairobi, Kenya



Ecole élémentaire Ugo Foscolo, Murano, Venise, Italie



Ecole Tiferet-Menachem Chabab, Beitar Illit, West Bank, Cisjordanie



Ecole Seishin Joshi Gakuin, Tokyo, Japon



Ecole secondaire du Cœur Sacré, Londres, Royaume-Uni



Collège Rajkumar, Rajkot, Gujarat, Inde



Ecole primaire Manera, Naivasha, Kenya



Zone élémentaire Maamounia Rhimal, ville de Gaza, Gaza



Lycée d'Inglewood, Inglewood, California



Ecole Gram Panchayat, Ludiya, Kutch, Inde+



Ecole primaire de Wen Chong, Qingyuan, Chine



Diplôme : Ingénieur de l'Institut Supérieur des Sciences agronomiques, agroalimentaire, horticoles et du paysage  
Spécialité : Paysage  
Spécialisation / option : Projet de Paysage, Site et territoire (PPST)  
Enseignant référent : Nathalie Carcaud

Auteur(s) : Léa Moreau

Date de naissance\* : 12/07/1995

Nb pages : 35 p.

Annexe(s) : 10 p.

Année de soutenance : 2019

Organisme d'accueil : CAUE de l'île de La Réunion

Adresse : 12 rue Monseigneur de Beaumont

97400 Saint Denis

Maître de stage : Clément Aquilina

Titre français : Comment améliorer le confort thermique des écoles des « Bas » de La Réunion, grâce à des aménagements paysagers ?

Titre anglais : How can we improve comfort thermal at school in La Réunion with landscape projects ?

Résumé (1600 caractères maximum) : Dans cette ère de réchauffement climatique, la recherche du confort thermique se généralise et devient une préoccupation récurrente. A La Réunion, département français insulaire tropical, la problématique existe depuis de nombreuses années et est relativement marquée durant l'été austral, saison la plus chaude et humide. En milieu scolaire le sujet est d'autant plus sensible. En effet, les élèves, qui ont un organisme en développement, sont soumis à des températures très élevées quasi quotidiennement au sein de leur salle de classe. Réaménager ces espaces s'avèrent être une solution durable mais aussi relativement saine pour l'environnement et la santé des enfants. De nombreuses études ont déjà prouvé le rôle de la végétation dans le confort thermique qui fournit entre autre ombre portée et humidification de l'air. Dans cette quête il est aussi indispensable que la cour de récréation et l'architecture du bâti soient traités comme étant un seul projet global pour que les deux espaces se procurent des bénéfices mutuels. Cette étude cherche à appliquer des principes d'aménagements où l'amélioration du confort thermique est le cœur du projet.

Abstract (1600 caractères maximum) : In this time of Global warming, research about thermal comfort becomes more common. In « La Reunion », a french department and a tropical island, this concern have existed for many years, especially during the wetter period of the year : the austral summer. This is a major problem at school. Indeed, children are daily exposed to high temperature in the classrooms. An improvement and reorganization of this area seem to be a sustainable solution for children's health and for the environment. A lot of studies already proved the positive effect of vegetal in thermal comfort, as drop shadow or air humidification. In this way, school playground and architecture have to be treated as a single project. This study develops projects which thermal comfort is the priority.

Mots-clés : confort thermique, école, île de La Réunion, végétation, climatisation, température, architecture, aménagement paysager

Key Words: comfort thermal, school, Reunion island, vegetation, air conditioning, temperature, architecture, landscape project