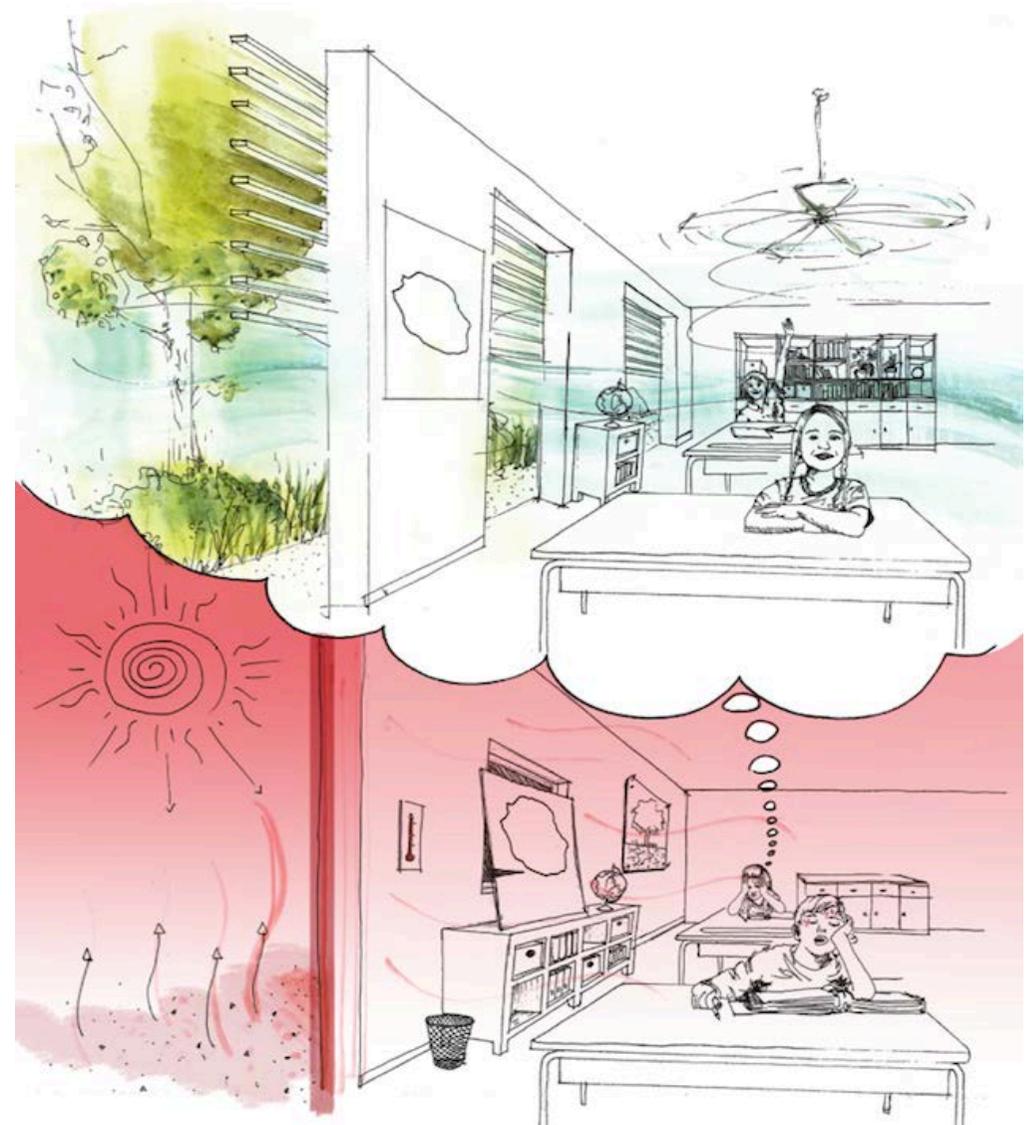


ETUDE CONFORT THERMIQUE DANS LES ECOLES

Littoral de l'île de la Réunion
2018-2019

Partie 1/4 - Contexte local : un climat
tropical humide et un patrimoine bâti
existant

enviroBAT-Réunion



Cette étude est réalisée dans le cadre de l'appel à projet PACTE (le Programme d'Action pour la qualité de la Construction et la Transition Énergétique). L'objectif est de partager une vision globale sur la problématique du confort thermique dans les écoles du littoral de l'île de La Réunion.

Cette étude n'a pas pour objet d'être exhaustive, ni de lister les écoles ayant des problématiques. Les exemples ont vocation à illustrer des thématiques représentatives et utiles à l'ensemble du parc bâti scolaire. Il n'est pas autorisé d'utiliser d'extraits de cette étude sans les replacer dans leurs contextes.

Nous souhaitons que cette première étape, vous aide dans votre démarche d'amélioration du confort des écoles.

Nous remercions l'ensemble des partenaires qui ont contribué à la réalisation de cette étude.



Un problème récurrent se pose à La Réunion depuis de nombreuses années : l'inconfort thermique dans les écoles, durant la période chaude de l'été austral. Le mécontentement des parents d'élèves se fait régulièrement sentir dans les journaux. Parmi les solutions immédiates prônées pour remédier à ce problème, on y trouve la climatisation des salles de classes. Un maire a même promis la climatisation de toutes les écoles de sa commune.

Si la climatisation n'est pas la solution à la problématique du confort thermique, cette dernière est bien réelle. Il convient de bien la prendre en considération et travailler à proposer des solutions pérennes, simples qui permettent un vrai confort thermique dans les salles de classe, puis de diffuser ces propositions. Ventilation naturelle traversante, mise en place de brasseurs d'air, travail sur l'isolation et la protection solaire des murs et des toitures, et surtout un travail sur l'environnement des lieux d'enseignement. Autant de réponses à rechercher, illustrer par des photos de réalisations, des croquis, afin de bien faire comprendre quels sont les enjeux de ces questions à la fois aux décideurs, élus, services techniques, professionnels, et aux parents d'élèves.

Cette étude doit s'appuyer sur une démarche scientifique avec des mesures de température de l'air, de rayonnement, et d'humidité, des articles scientifiques et médicaux sur les conséquences sur la santé des enfants et sur l'analyse architecturale du patrimoine bâti existant.

Le but recherché est de fournir des pistes de réponses aux élus, services techniques des collectivités, professionnels, permettant d'obtenir un réel confort thermique dans les établissements d'enseignement, un confort thermique naturel, respectant la santé des enfants et lui proposant un cadre d'apprentissage confortable et agréable, sans consommation énergétique et sans coût élevé pour l'entretien de celui-ci.



Définition du confort thermique

Le confort thermique est défini comme un état de satisfaction du corps vis-à-vis de l'environnement thermique (Ferdandez P. Lavigne P. 2009).

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 intérieure¹, le confort thermique correspond à une température opérative² inférieure à 27°C.

La mesure de la température ressentie se fait grâce à un capteur à boule noire (au standard ISO7726). Dans le cadre de cette étude, l'usage de cet appareil de mesure n'a pu être effectué.

Trois paramètres principaux influencent le confort thermique : la température de l'air, le taux d'humidité relative dans l'air et la vitesse d'air. D'autres paramètres comme la température des parois, le métabolisme³ et l'habillement⁴ sont également à prendre en compte.

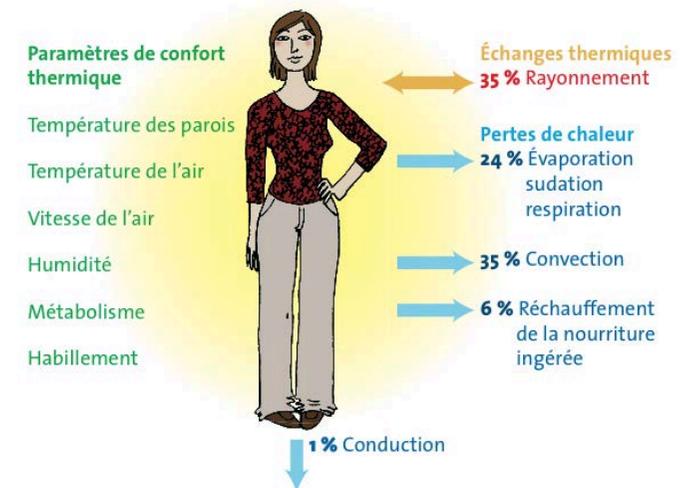


Figure 1 - Bâtir pour la santé des enfants, Suzanne DEOUX, 2010

Le sujet présent va interagir avec son milieu de différente manière pour réguler sa sensation de confort thermique :

- **Echanges thermiques par rayonnement**

Les échanges thermiques par rayonnement représentent l'ensemble des échanges entre le corps et son environnement (soleil, parois, etc...) par infra-rouge.

¹ <https://energieplus-lesite.be/reglementations/confort44/norme-nbn-en-15251-2007-criteres-d-ambiance-interieure/>

² Température ressentie par l'occupant. Elle prend en compte la température de l'air dans la zone d'occupation, les effets de rayonnement et la vitesse d'air. De manière simplifiée, lorsque la vitesse d'air est nulle, on dit qu'elle est égale à la moyenne entre la température moyenne pondérée des surfaces du local et la température de l'air.
 $Température\ opérative = (Température\ de\ l'air + Température\ des\ parois)/2$

³ Le métabolisme est la production de chaleur interne au corps humain permettant de maintenir celui-ci autour de 36,7°C. Un métabolisme de travail correspondant à une activité particulière s'ajoute au métabolisme de base du corps au repos.

⁴ Il doit être adapté au climat et représente une résistance thermique aux échanges de chaleur entre la surface de la peau et l'environnement.

Avant-propos

- **Echanges thermiques par évapotranspiration**

Les échanges thermiques par évapotranspiration vont dépendre essentiellement de l'habillement, de l'activité en cours de réalisation, et de la capacité de l'air extérieur à absorber une quantité d'eau supplémentaire.

Plus l'air extérieur est chargé en humidité, plus il est difficile pour l'individu d'évacuer la chaleur par évapotranspiration.

- **Echanges thermiques par convection**

Les échanges thermiques par convection sont les échanges réalisés entre l'air et la peau.

- **Echanges thermiques par conduction**

Les échanges thermiques par conduction concernent les échanges entre la peau et une surface par contact direct. Ce type d'échange est le plus souvent négligeable.

Dans une même ambiance thermique, si la différence biologique et physique des personnes présentes peut être un sujet de désaccord de leur satisfaction quant à leur confort thermique, l'évolution de cette satisfaction est aussi notable en fonction de l'âge du sujet.

Qu'en est-t-il de la perception du confort thermique chez les enfants, qui plus est, en milieu tropical ?

Les grandes étapes de l'étude

A la suite de la préparation du mode opératoire, incluant l'acquisition d'appareils de mesures, l'étude a été jalonnée par 4 temps forts, répartis sur un an et demi :

Etape 1 - Définition des partenariats

Dans un premier temps, des partenariats ont été réalisés avec plusieurs collectivités du littoral Ouest et Sud. Ces rencontres ont abouti à la définition des problématiques rencontrées sur chaque territoire et du choix, le plus judicieux, des écoles à étudier sur ces derniers.

Etape 2 – Capitalisation des informations liées à l'inconfort thermique

Un travail in-situ a été nécessaire dans un deuxième temps pour la capitalisation d'informations liées aux sources de chaleur dans les écoles (mesures physiques, analyse du bâti, analyse paysagère et des usages).



Etape 3 - Compilation et analyse des résultats

L'analyse de l'ensemble des données collectées sur site a permis de définir les sources d'inconfort dans les écoles des bas de l'île.

Etape 4 - Pistes de solutions pour un confort thermique avéré sans incidence négative sur la santé

Ce travail réalisé en amont a permis de mettre en avant des pistes de solutions pour favoriser le confort thermique, sans incidence négative sur la santé et cela grâce à une approche globale.

I. Contexte local : un climat tropical humide et des écoles en béton

Cette première partie du rapport décrit le contexte local en matière de climat et de patrimoine bâti scolaire.

1. Le confort thermique dans les écoles un sujet d'actualité	p.11
2. La particularité du climat	p.12
3. Le patrimoine bâti scolaire existant	p.13
A. Typologies représentatives du parc bâti scolaire dans les bas de La Réunion	
B. Précision du périmètre d'étude pour répondre au mieux aux objectifs.	p.19

2. La particularité du climat

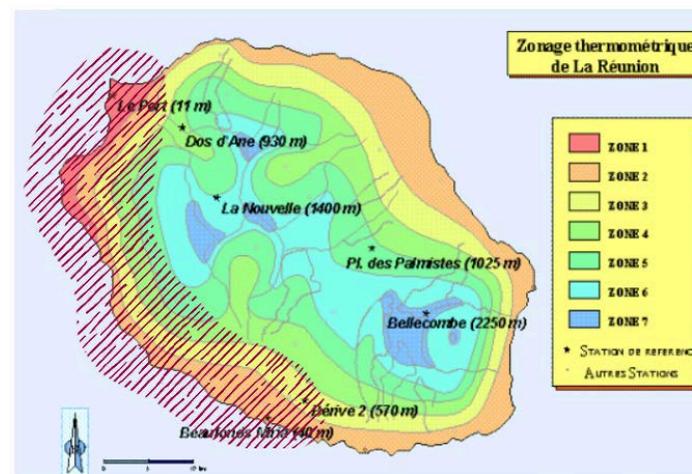
L'île de La Réunion bénéficie d'un climat tropical océanique humide avec deux grandes saisons :

- La **saison fraîche**, de mai à octobre. Les températures varient sur le littoral, de 17 à 20°C pour les minima moyens et de 26 à 28°C pour les maxima moyens.
- La **saison chaude** de novembre à avril. Les minima moyens varient entre 21 et 24°C, et les maxima moyens entre 28 à 31°C, sur la côte.

L'étude concerne tout particulièrement les établissements scolaires de la zone littorale sous le vent, situés dans la zone 1, entre 0 et 400m d'altitude, la plus chaude selon le zonage thermométrique de La Réunion établi par Météo France.

En été, la température maximale est d'environ 35°C, mais le 25 janvier 2019, elle a été de 37°C à la Pointe des Trois-Bassins.

En 2015, selon les analyses de Météo France relatives au réchauffement climatique à La Réunion, l'analyse des tendances révèle une hausse significative des températures moyennes dans l'île de l'ordre de 0,15°C à 0,2°C par décennie (soit un peu moins de 1°C en un demi-siècle).



Bien que les températures sont élevées pendant les périodes scolaires, il n'existe pas de « plan canicule » spécifique au territoire. Le plan national canicule est basé sur la période estivale de la métropole, c'est à dire du 1^{er} juin au 31 août. Il n'est pas applicable à La Réunion.

	Insolation moyenne (Heure)	Rayonnement Global (cumul jour Wh/m²)	Rayonnement Diffus (cumul jour Wh/m²)	Température (°C)			Humidité Relative (%)			Intensité du vent moyenne (m/s)
				Moy	Min	Max	Moy	Min	Max	
Zone 1	9	7070	2321	28.1	24.6	35	69.6	47	88	1.7

Journée moyenne en été à L'île de La Réunion- Zone 1

Zone littoral Ouest - de La Possession à Saint-Pierre

Source : PERENE

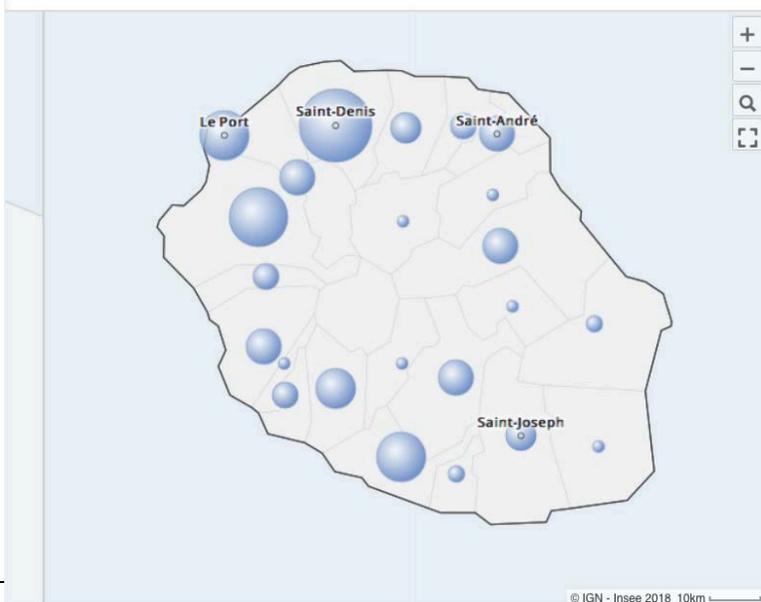
3. Le patrimoine bâti scolaire existant

L'étude se focalise sur les écoles situées dans les bas de l'île, à une altitude inférieure à 400 mètres, qui connaissent un fort ensoleillement en période d'été, générant ainsi des situations d'inconforts.

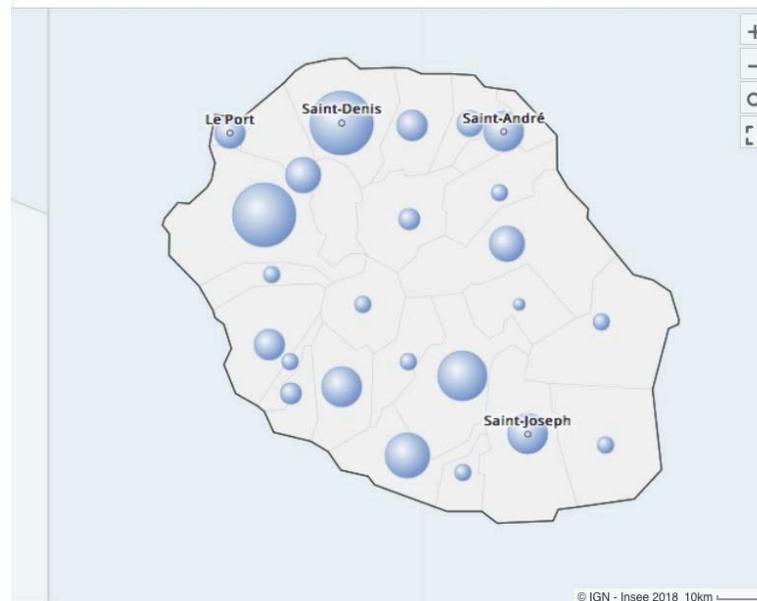
A. Typologies représentatives du parc bâti scolaire dans les bas de La Réunion

La région Réunion comprend 535 établissements scolaires à la rentrée 2018⁵ (162 maternelles, 373 élémentaires). Un peu moins d'une centaine d'établissements ont été construits avant 1965, les ¾ pendant la période allant de 1965 à 1980. Les constructions plus récentes, essentiellement des établissements de maternelles, répondent à la croissance démographique, ainsi qu'à l'adaptation des programmes bâtis aux évolutions pédagogiques.

1 école maternelle et regroupement pédagogique intercommunal (RPI) dispersé 2017



1 École élémentaire et regroupement pédagogique intercommunal (RPI) dispersé 2017



⁵ Source INSEE.

A la suite des premières visites réalisées et des échanges avec nos partenaires dans le cadre de cette étude, de notre connaissance des établissements scolaires (liée à nos nombreuses interventions en milieu scolaire) et sur la base d'un diagnostic des établissements scolaires que nous avons réalisé en 1993 ; il est possible d'établir une première synthèse des typologies de bâti à analyser :

- Bâti « ancien »
- Bâti béton rez-de-chaussée et étage des années 60/70
- Bâti « moderne »

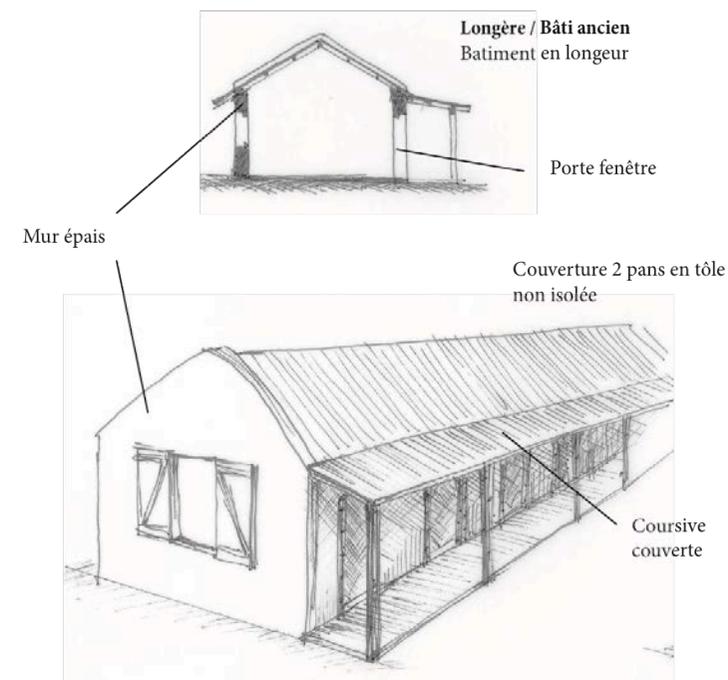
Les différences entre les établissements situés sur le littoral et les mi-pentes et dans les hauts, se retrouvent dans le dimensionnement des établissements beaucoup plus grands sur le littoral et souvent à étages.

En plus de ces 3 catégories, il existe depuis quelques années sur les nouveaux programmes de construction les écoles dites « QE » où la qualité environnementale fait partie intégrante des critères de sélection des projets. Ces projets donnent une part importante au choix des matériaux, de l'isolation, de la ventilation naturelle, du traitement végétal des abords, faisant du confort thermique une donnée de programmation essentielle.

- **Les anciens bâtiments**

Issus de l'héritage de la construction coloniale, les anciens bâtiments, aux murs très épais, ont traversé les époques. Leur conception, n'étant pas forcément liée aux besoins des établissements scolaires, présente néanmoins des avantages ainsi que des possibilités d'amélioration du confort thermique.

	Description	Avantages	Problématiques - sur le littoral
Bâti ancien	Bâtiment à caractère patrimonial remarquable en RDC	Solidité de l'ouvrage	Bâtiment non adapté à la pédagogie de l'enfant
MUR	Les murs épais sont en moellons	Solidité	Remontée capillaire ponctuelle.
TOITURE	Tôle en 2 pans		Variet selon les campagnes de réhabilitation et de leur ancienneté.
OUVERTURES	Grandes ouvertures : avec volets extérieurs pleins mais sans fenêtre à l'origine. Les menuiseries vitrées ont été rajoutées par la suite.	Porosité importante : flux d'air à travers la grande ouverture	Nombre et répartition des baies insuffisantes par rapport au positionnement des enfants.
CIRCULATIONS	Le long d'un pan de bâtiment, présence de coursives couvertes.	Protection solaire	Variet selon les campagnes de réhabilitation, de leur ancienneté et de leur orientation.
COUR	Non traitée à l'origine	Perméabilité	Adaptation systématiquement déjà réalisée pour le sport et la « propreté » de la cour.

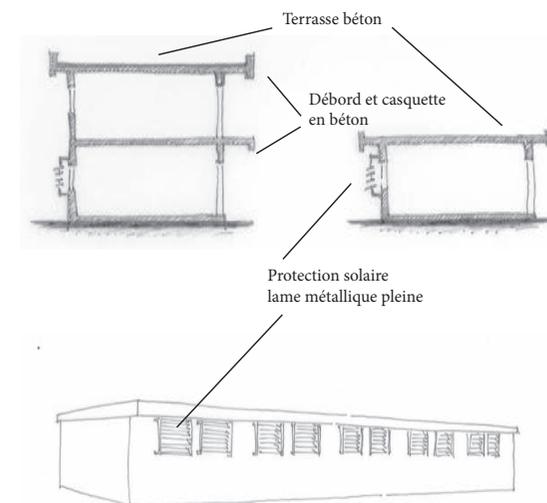


- **Les premières constructions en béton**

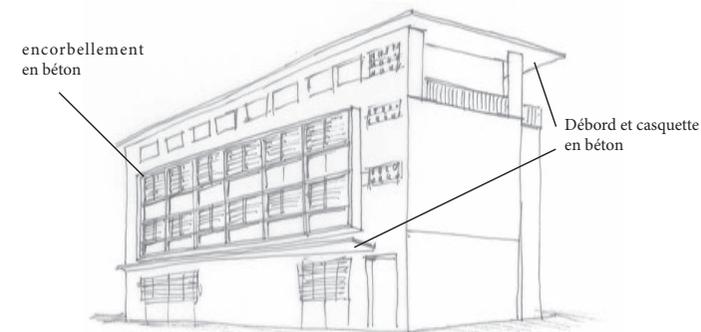
Elles datent de la période 1960 à 1970, et ont fait l'objet de plusieurs vagues de réhabilitation, souvent liées aux problématiques sanitaires (restauration - cantine, sanitaires, cours de récréation...), de sécurité et d'étanchéité de l'enveloppe du bâti. Les extensions réalisées au fil des ans répondent aux nouveaux besoins en pédagogie (CDI, espace motricité, ...etc).

	Description	Avantages	Problématiques - sur le littoral
1^{er} Bâti en béton de 1960 à 1970 RDC	Bâtiment en béton, modèle type, organisation et distribution extrêmement rationnelle et linéaire	Simplicité de l'organisation des espaces	- Bâti peu adapté à la pédagogie de l'enfant, - Nécessité d'entretien importante, - Non adapté au climat.
MUR	Béton / hauteur sous dalle en moyenne plus importante que nos constructions actuelles	Volume intérieur important	Remontées capillaires, Entretien, fissures.
TOITURE	Terrasse en béton avec débord de toiture plus ou moins important		Entretien de l'étanchéité Manque d'isolation thermique
OUVERTURES	« Nacos » / Protection partielle par le débord de toit	Nombre à l'origine suffisant pour assurer un taux de porosité correct	Le manque d'entretien du mécanisme entraîne son remplacement. Le nouveau type de menuiseries choisi peut engendrer une baisse considérable de la porosité.
CIRCULATIONS	Bétonnée / Le long d'un pan de bâtiment, coursive couverte		
COUR	Bétonnée, bitumée, végétation très aléatoire selon les écoles	Entretien facilité / Propreté des enfants	Surchauffe de l'enceinte de l'école

Bâtiment en béton
Alignement en moyenne de 5 classes au RDC
par corps de bâtiment



	Description	Avantages	Problématiques - sur le littoral
Bâti béton Etage	Bâtiment en béton, modèle type, organisation et distribution extrêmement rationnelle et linéaire	Simplicité de l'organisation des espaces	- Bâti peu adapté à la pédagogie de l'enfant, - Nécessité d'entretien importante, - Non adapté au climat.
MUR	Béton / hauteur sous dalle en moyenne plus importante que nos constructions actuelles	Volume intérieur important	Surchauffe liée à l'ensoleillement en hauteur, entretien, fissures.
TOITURE	Terrasse en béton avec débord de toiture plus ou moins important		Entretien de l'étanchéité Manque d'isolation thermique
OUVERTURES	« Nacos » / Protection partielle par le débord de toit	Nombre à l'origine suffisant pour assurer un taux de porosité correct	Le manque d'entretien du mécanisme entraîne son remplacement. Le nouveau type de menuiseries choisi peut engendrer une baisse considérable de la porosité.
CIRCULATIONS	Bétonnée / Le long d'un pan de bâtiment, coursive couverte Protégée par garde corps métallique ou béton Escalier en béton		Couverture insuffisante de ces éléments collés au bâti qui emmagasine et restitue la chaleur
COUR	Bétonnée, bitumée, végétation très aléatoire selon les écoles	Entretien facilité / Propreté des enfants	Surchauffe de l'enceinte de l'école



Bâtiment Moderne

La programmation de ces écoles est mieux adaptée à la pédagogie de l'enfant et les plans des constructions se retrouvent libérés de la rigueur « militaire » des premières constructions d'établissements scolaires. Cette liberté de la forme permet de choisir ses orientations et dans l'ensemble de mieux s'adapter aux conditions climatiques.

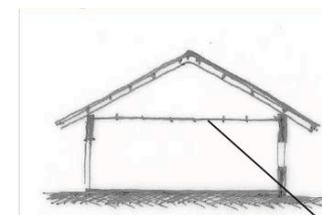
Les problématiques d'isolation en toiture, de protection solaire et de végétalisation des abords restent cependant à traiter.

	Description	Avantages	Problématiques - sur le littoral
Bâti moderne	Bâtiment mieux adapté à la pédagogie et au climat		
MUR	Béton / hauteur sous dalle moins importante		Remontée capillaire entretien, fissure
TOITURE	Toiture en tôle		Manque ou insuffisance de l'isolation thermique
OUVERTURES	« Nacos » / Protection partielle		Problématique entretien Hauteur d'allège importante
CIRCULATIONS	Bétonnée / Le long d'un pan de bâtiment, coursive couverte		
COUR	Bétonnée, bitumée, végétation très aléatoire selon les écoles	Entretien facilité / Propreté des enfants	Surchauffe de l'enceinte de l'école



Bâtiment moderne

Volume séparé et juxtaposé non aligné



Jalouies partiellement protégées par une casquette et des débords de toit

Couverture 4 pans en tôle
Faux plafond



B. Précision du périmètre d'étude pour répondre au mieux aux objectifs.

Au regard de nos objectifs et du temps alloué au process de capitalisation d'informations et d'analyse des données, il a été nécessaire de sélectionner des écoles à étudier, les plus pertinentes et représentatives des points de vigilances liés à la notion de confort thermique.

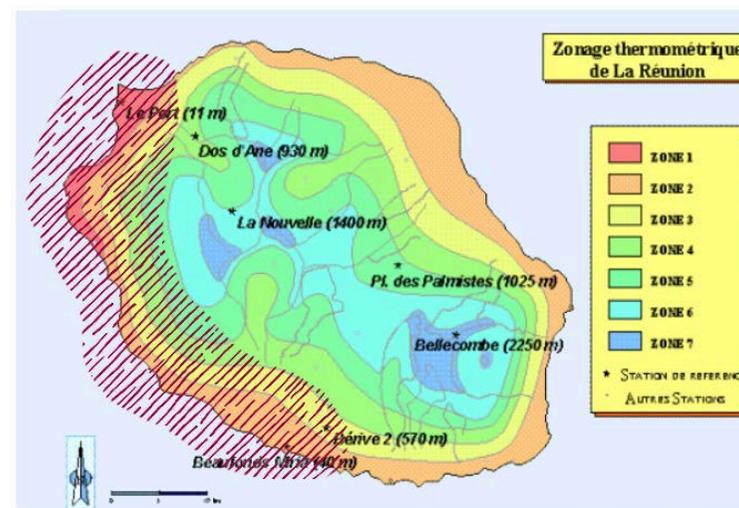
La majorité des écoles retenues ont été construites dans les années 1970 en béton.

Certaines d'entre elles ont été partiellement rénovées thermiquement, leurs cours de récréations disposent de caractéristiques diverses et variées qu'il sera intéressant de comparer.

Nous nous sommes également intéressé aux établissements bioclimatiques, construits plus récemment, pour prendre la mesure de la notion de confort thermique lorsqu'une démarche globale a été pensée dès la conception de ces établissements.

- L'ensemble des écoles se situent entre 0 et 400m d'altitude sur le littoral Ouest et Sud ;
- 13 écoles ont été instrumentées ;
- 5 écoles ont été étudiées plus finement.

N.B. : La synthèse des analyses est explicitée dans la partie III. Mesure de l'inconfort thermique, quelles sont les sources de chaleur ?



Source : Météo France