



Image générée par IA

Étude de confort thermique dans les écoles de Guadeloupe et de Martinique

Livrable final | 28.01.25

Référence : 2413-VV

Sommaire

1.	Contextes, périmètre et objectifs de l'étude	3
2.	Etat des lieux	4
2.1.	Typologies d'écoles aux Antilles	4
2.2.	Enquête sur le confort thermique des écoles du territoire Antillais	9
3.	Sources d'inconfort.....	14
3.1.	Inconfort lié au bâti	14
3.2.	Inconfort lié à l'environnement.....	19
3.3.	Inconfort lié aux usages.....	24
4.	Préconisations	28
4.1.	Traitement de l'enveloppe	28
4.2.	Equipements techniques	30
4.3.	Traitement des espaces extérieurs.....	31
4.4.	Végétalisation des écoles	34
4.5.	Recherche de financement.....	41
5.	Synthèse de l'étude	44
	Annexes	45

Sauf mention contraire, les photos et illustrations de la présente étude ont été réalisées par EQUINOXE ou ses correspondants locaux. Dans le cadre du contrat de prestation de service, les droits d'image sont transférés au CAUE Guadeloupe.

CONTACTS

 EQUINOXE	Violette VANDERCOILLE	violette.equinoxe@orange.fr 0690 48 49 68
	Laurent SÉAUVE	seauve.equinoxe@orange.fr 0690 62 06 24
 971 Guadeloupe c a.u.e Conseil d'architecture, d'urbanisme et de l'environnement	Joël PAUL	paul.j@caue971.org 0690 73 99 77

1. Contextes, périmètre et objectifs de l'étude

Dans le contexte de la nécessaire prise en compte des adaptations aux changements climatiques, les zones insulaires tropicales seront en première ligne pour affronter les épisodes climatiques extrêmes.

Les bâtiments d'enseignement et singulièrement les écoles primaires publiques de Guadeloupe et de Martinique constituent le périmètre de la présente étude, qui vise à analyser les sources d'inconfort thermique préjudiciables aux élèves, enseignants et accompagnants de la sphère pédagogique.

Cette étude s'inscrit dans le cadre de l'appel à projet du programme OMBREE : les CAUE de La Réunion, Mayotte, Guadeloupe et Martinique ainsi que l'association AQUAA en Guyane, se sont associés pour déployer le projet « Écoles Durables Tropicales ». Il s'agit d'une réPLICATION d'un précédent projet intitulé « Ecoles Durables à La Réunion » et consistant à accompagner plusieurs écoles pilotes dans une démarche globale d'amélioration du confort de leur établissement.

Plus précisément, l'étude a pour but d'affiner le sujet du confort thermique sur le territoire des Antilles :

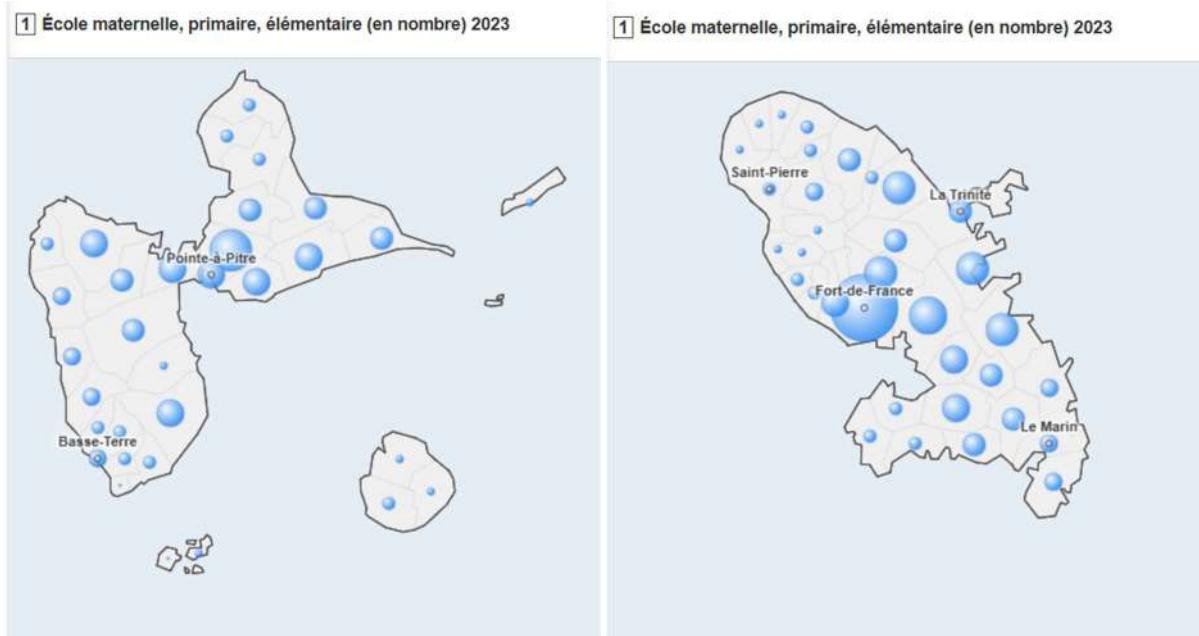
- Définition des grandes typologies d'écoles de Guadeloupe et de Martinique
- Identification des sources d'inconfort thermique
- Proposition de pistes pour une amélioration du confort dans les écoles

L'état des lieux se base sur la visite et le reportage photos d'une quinzaine d'écoles de Guadeloupe et de Martinique, ainsi que sur la réalisation d'un sondage sur le confort thermique transmis aux directrices et directeurs d'écoles des deux territoires. L'étude s'appuie également sur le retour d'expérience de l'étude du confort thermique dans les écoles dans les bas à La Réunion.

2. Etat des lieux

2.1. Typologies d'écoles aux Antilles

En 2024, la Guadeloupe compte 285 écoles publiques, et la Martinique en compte 207. Les répartitions de ces écoles sur leur territoire respectif sont représentées sur les cartographies ci-dessous.



Géographie au 01/01/2024 - © IGN - Insee 2024

Afin de caractériser les différentes typologies d'écoles du territoire antillais, un questionnaire a été produit via la plateforme de sondages Survey Monkey, et adressé aux directeurs et directrices d'environ 450 écoles élémentaires et maternelles des Antilles. 66 réponses, soit 15 % de la cible, ont été collectées dans le cadre de cette enquête. En complément, des études de cas ont été menées sur un échantillon d'écoles. Ces études de cas ont été réalisées au moyen de visites réelles et virtuelles (reportages photo).

Sur ces bases, trois grandes typologies de bâti ont été identifiées :

- **Bâti ancien de plain-pied**
- **Bâti béton en R+1 ou R+2**
- **Bâti "récent"**, datant de la période 2000 à aujourd'hui

En plus de ces typologies de bâti, on observe des différences notables entre les écoles situées en milieu urbain et les écoles situées en campagne. Les écoles situées en milieu urbain sont souvent à étages et plus petites, en raison des contraintes foncières qu'impose la localisation en zone urbaine.

Il est à noter que :

- La catégorisation des typologies d'écoles de Guadeloupe et de Martinique n'est pas aisée, car celles-ci sont très hétéroclites.
- D'un point de vue global, le parc bâti scolaire du territoire Antillais est relativement vieillissant.

2.1.1 Les bâtiments anciens de plein-pied

Cette première typologie regroupe les bâtiments anciens, parfois issus de l'époque coloniale. Ce sont généralement des bâtiments en longueur, de plain-pied, aux murs épais, disposant de coursives couvertes le long d'un pan de bâtiment.

Bâti ancien	Description	Avantages	Problématiques
MURS	Murs épais en parpaing et béton poteau-poutre.	Solidité	Conformité parasismique (règles PS 92) Remontées capillaires ponctuelles
TOITURE	Tôle en 2 pans, avec généralement un dalle anticyclonique	Sécurité en cas de cyclone	Varie selon les campagnes de réhabilitation et leur ancienneté. Absence d'isolation thermique
OUVERTURES	Grandes ouvertures : avec volets extérieurs pleins mais sans fenêtre à l'origine. Les menuiseries vitrées ont été ajoutées par la suite	Porosité importante : flux d'air à travers la grande ouverture	Nombre et répartition des baies insuffisant par rapport au positionnement des enfants
CIRCULATIONS	Présence de coursives couvertes le long d'un pan de bâtiment	Protection solaire	Varient selon les campagnes de réhabilitation, leur ancienneté et leur orientation
COUR	Non traitée à l'origine	Perméabilité	Adaptation systématiquement déjà réalisée pour le sport et la « propreté » de la cour



Ecole Christian Gobert, Saint-François (Guadeloupe)



Ecole Madame, Sainte-Rose (Guadeloupe)



Ecole Petit-Bourg, Rivière-Salée (Martinique)

2.1.2 Les constructions béton R+1,R+2

Les premières constructions béton datent de la période 1960-1970 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 bâtiment.

Bâti béton	Description	Avantages	Problématiques
MURS	Béton / hauteur sous dalle en moyenne plus importante que nos constructions actuelles Encorbellement en béton	Volume intérieur important	Conformité parassismique (règles PS 92) Surchauffe liée à l'ensoleillement en hauteur, entretien, fissures
TOITURE	Terrasse en béton avec débord de toiture plus ou moins important	Sécurité en cas de cyclone	Entretien de l'étanchéité Manque d'isolation thermique
OUVERTURES	Ouvertures à jalouses Protection partielle par le débord de toit	Nombre à l'origine suffisant pour assurer un taux de porosité correct	Varient selon les campagnes de réhabilitation et leur ancienneté
CIRCULATIONS	Bétonnée / Le long d'un pan de bâtiment, coursive couverte protégée par un garde-corps métallique ou en béton Escaliers en béton		Couverture insuffisante de ces éléments collés au bâti qui emmagasinent et restituent la chaleur
COUR	Bétonnée, bitumée, végétation très aléatoire selon les écoles	Entretien facilité / propreté des enfants	Surchauffe de l'enceinte de l'école, accidentogène pour les enfants



Ecole Cambrefort, Capesterre-Belle-Eau (Guadeloupe)



Ecole Mixte B, Rivière-Salée (Martinique)

2.1.3 Les bâtiments récents

La programmation de ces écoles est mieux adaptée à la pédagogie de l'enfant, et présente une liberté de forme nouvelle en comparaison de la rigueur des premières constructions d'établissements scolaires. Cela permet de choisir les orientations et dans l'ensemble de mieux s'adapter aux conditions climatiques. Les problématiques d'isolation thermique en toiture, de protection solaire et de végétalisation des abords restent cependant à traiter.

Bâti moderne	Description	Avantages	Problématiques
MURS	Béton / hauteur sous dalle moins importante		Remontées capillaires, entretien, fissures
TOITURE	Toiture en tôle		Manque ou insuffisance d'isolation thermique
OUVERTURES	Ouvertures à jalousies de sécurité / protection partielle		Problématiques d'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, accidentogène pour les enfants

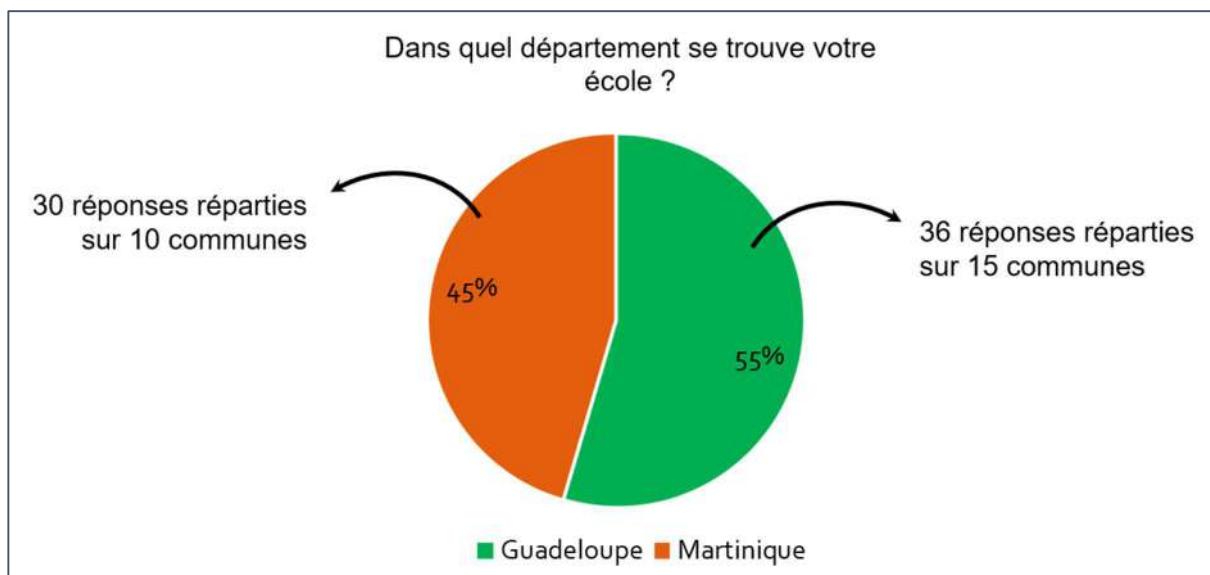


Ecole Rose Nelson, Saint-Claude (Guadeloupe)

2.2. Enquête sur le confort thermique des écoles du territoire Antillais

Afin de recueillir des informations liées au confort thermique dans les écoles du territoire antillais sur un panel significatif, un questionnaire a été produit via la plateforme de sondage Survey Monkey. Ce questionnaire a été transmis par mail aux directeurs et directrices d'environ 450 écoles élémentaires et maternelles du territoire antillais. 66 réponses ont été collectées dans le cadre de cette enquête. Les résultats principaux sont présentés ci-après.

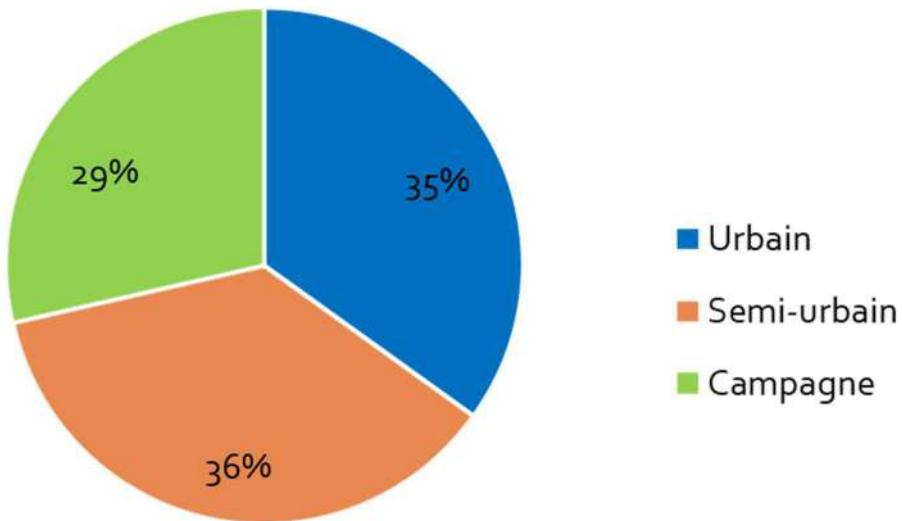
2.2.1 Localisation et environnement





Localisation du panel en Martinique

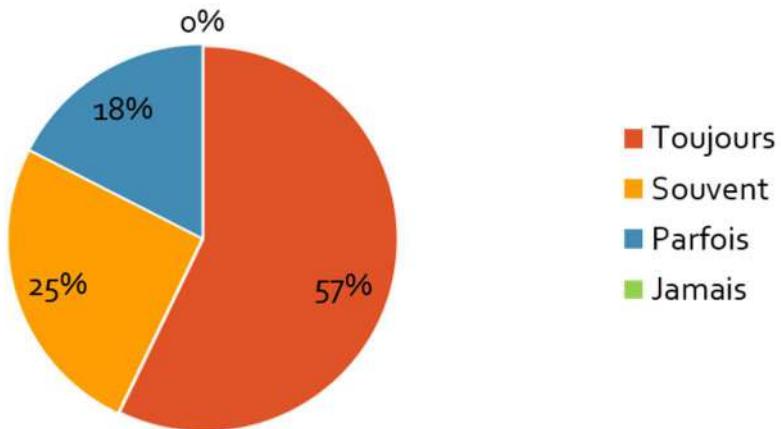
Dans quel type d'environnement se situe votre école ?



Le panel est relativement bien distribué sur le territoire Guadeloupéen, comme sur le territoire Martiniquais. De plus, on observe une répartition équitable des types d'environnements des écoles ayant participé au sondage.

2.2.2 Sensation d'inconfort thermique

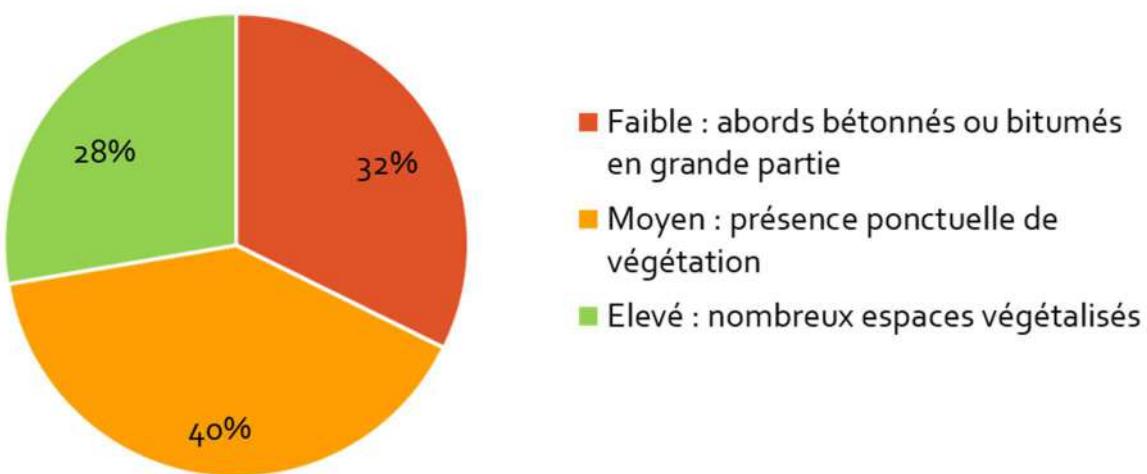
Dans les salles de classe, ressentez-vous une sensation d'inconfort liée à la chaleur et/ou à l'humidité ?



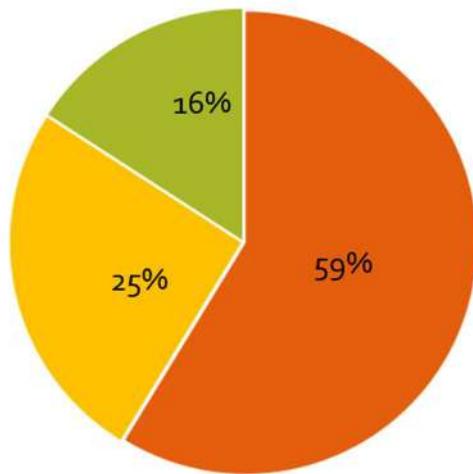
L'ensemble des sondés déclarent ressentir de l'inconfort thermique, et plus de la moitié d'entre eux ressentent cet inconfort en permanence.

2.2.3 Végétalisation

Quel est le niveau de végétalisation des abords des bâtiments ?



Quel est le niveau de végétalisation de la cour ?

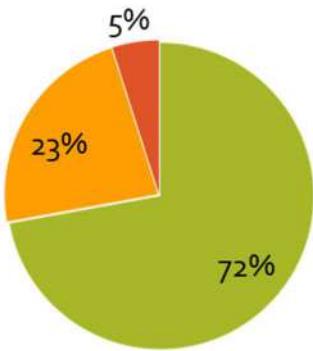


- Faible : cour bétonnée ou bitumée en grande partie
- Moyen : présence ponctuelle de végétation
- Elevé : nombreux espaces végétalisés

Hormis la présence d'arbres, les cours de récréation sont généralement peu végétalisées.

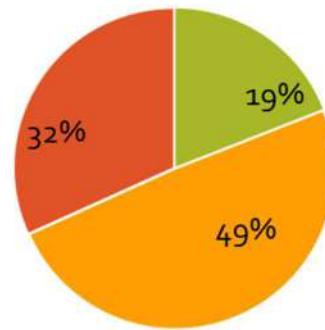
2.2.4 Ventilation des salles de classe

Les salles de classe ont-elles des ouvertures sur deux façades opposées ?



- Oui, toutes les salles
- Oui, certaines salles
- Non, aucune salle

Diriez-vous que les salles de classe sont bien ventilées ?

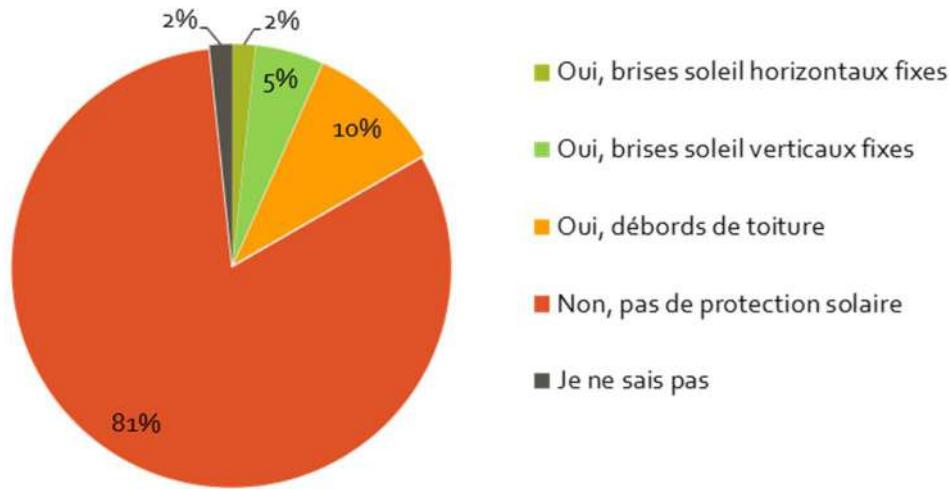


- Plutôt oui
- Plutôt non
- Non pas du tout

Malgré une configuration en théorie propice, la grande majorité des salles de classes sont insuffisamment ventilées.

2.2.5 Protection solaire des menuiseries

Les fenêtres sont-elles équipées de protections solaires ?
 Si oui, de quel type ?



La grande majorité des écoles du panel disposent de menuiseries dépourvues de protection solaire.

3. Sources d'inconfort

3.1. Inconfort lié au bâti

La configuration architecturale du bâtiment est déterminante pour le confort thermique de ses occupants. Les composantes du bâti qui influent directement sur le confort thermique sont les suivantes :

- Isolation thermique de la toiture
- Couleur et composition des parois et de la toiture
- Protection solaire des parois et des baies
- Porosité des façades : ventilation naturelle des classes

Isolation thermique en toiture

La toiture directement exposée au soleil est responsable de 2/3 des apports de chaleur dans un bâtiment, dans la zone Antilles. Cependant, la majorité des écoles de Guadeloupe et de Martinique sont dépourvues d'isolation thermique ou de protection solaire en toiture.

En conséquence, **les salles de classe situées sous toiture non isolée présentent des températures élevées et des périodes d'inconfort notoires (voir les résultats du sondage effectué).**

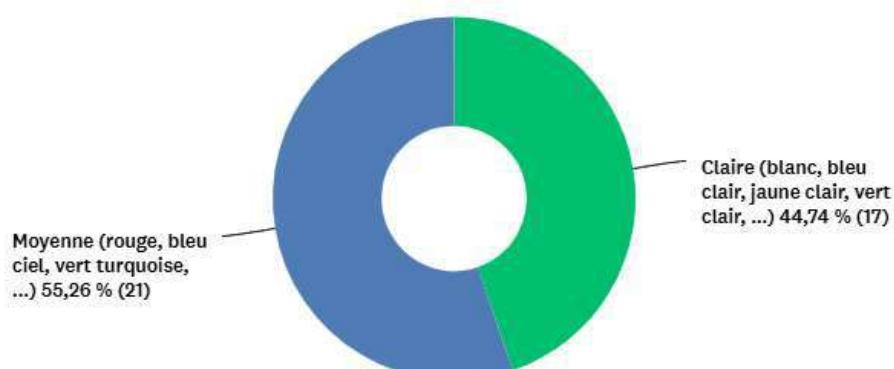
Couleur des parois

La couleur des façades et des toitures impacte directement les apports de chaleur du bâtiment : plus la couleur est sombre, plus le coefficient d'absorption est élevé, et plus les apports de chaleur seront importants.

D'après le questionnaire, plus de la moitié des écoles disposant d'une toiture tôle présentent une couleur sombre de tôle :

Pour les toitures tôle, de quelle couleur est la tôle ?

Réponse(s) obtenue(s) : 38 Question(s) ignorée(s) : 28



Les couleurs claires sont à favoriser, pour les toitures comme pour les façades.

Il est à noter que l'influence de la couleur d'une paroi sur sa température n'est significative que lorsque la paroi est exposée. Si la paroi dispose d'une protection solaire efficace (paroi ombragée), une couleur de paroi moyenne ne sera pas impactante sur sa température.

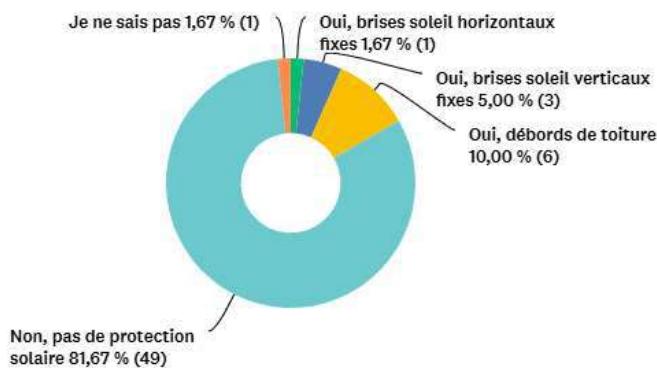
Protection solaire des parois et des baies

La protection solaire des parois et des baies constitue l'un des piliers de la performance énergétique d'un bâtiment en milieu tropical, cet élément influe donc directement sur le confort thermique des occupants.

Plus de 80% des directrices et directeurs d'école interrogés dans le cadre de l'enquête déclarent que les menuiseries de leur école sont dépourvues de protection solaire.

Les fenêtres sont-elles équipées de protections solaires ? Si oui, de quel type ?

Réponse(s) obtenue(s) : 60 Question(s) ignorée(s) : 6



Les protections solaires les plus répandues dans les écoles sont les débords de toiture et les coursives en béton. Ce type de protection solaire est efficace en façades Nord et Sud. À l'Est et à l'Ouest, des protections recouvrant la façade sont plus adaptées à la course du soleil, qui est rasante sur ces orientations en début et fin de journée. Les coursives d'un bâtiment orienté Est/Ouest n'offriront donc pas une protection solaire optimale des façades et des baies.



Coursives bétonnées en façade Nord



Protection solaire recouvrante

Les coursives bétonnées présentent un désavantage : elles génèrent des surfaces de rayonnement thermique importantes. Le béton, matériau à forte inertie thermique, restitue la chaleur emmagasinée dans les coursives, ce qui contribue à augmenter la température de l'air à proximité des salles de classe.

Dans l'une des écoles visitées, des arbres ont été plantés pour créer un masque sur une façade exposée d'un bâtiment, et ainsi fournir une protection solaire. Grâce à ces plantations, la température intérieure du bâtiment a diminué jusqu'à 4 °C, selon la direction de l'école. La protection solaire des façades par la végétation constitue l'une des préconisations qui sera détaillée en partie 3 de cette étude.

Cette thématique constitue par ailleurs, une expertise forte du CAUE de Guadeloupe.



Protection solaire en façade Ouest par des arbres du voyageur

Aptitudes à la ventilation naturelle

Orientations des bâtiments

L'orientation des bâtiments n'est généralement pas un critère pris en compte lors de la construction des écoles, vis-à-vis des vents dominants et des précipitations. D'une manière générale, l'implantation des bâtiments est diverse, avec des groupes de bâtiments comportant plusieurs orientations différencierées et les critères de choix d'implantation sont eux même très divers : accès à la parcelle, relief, vue, ...

En matière de réhabilitation, l'orientation des bâtiments n'étant évidemment pas un critère modifiable, les protections solaires devront donc être optimisées en fonction.

Caractère traversant des salles

Le caractère traversant d'un espace est un principe fondamental d'une conception bioclimatique en climat tropical. Ce critère est largement respecté sur la majorité des salles de classe qui disposent d'ouvertures sur au moins 2 façades opposées. Néanmoins, au cas par cas, il peut être opportun de proposer d'améliorer la ventilation par l'ajout d'ouvertures supplémentaires judicieusement disposées.

Porosité des façades

La porosité des façades joue un rôle important dans le confort thermique d'une salle de classe. Un taux de porosité élevé permet une bonne circulation de l'air dans la salle, particulièrement si celle-ci est traversante (ouvertures sur deux façades opposées).



Salle de classe traversante

Les jalouses ventilantes sont le type de menuiseries le plus courant, et les plus appropriées pour permettre la ventilation traversante.

Les visites d'écoles ont permis de constater une problématique de vétusté des menuiseries dans de nombreux établissements. Cette vétusté entraîne des difficultés, voire une impossibilité, à actionner le mécanisme d'ouverture des menuiseries. En conséquence, celles-ci sont maintenues en position fermée : la porosité des salles de classe est alors fortement amoindrie.

La vétusté des jalouses est donc une source notable d'inconfort thermique dans les écoles des Antilles.

Il est à noter que la ventilation traversante entre en interaction avec d'autres types de confort :

- **Confort acoustique** : en milieu urbain, l'ouverture des menuiseries peut engendrer des nuisances sonores venant de l'extérieur. Cette problématique, bien connue, constitue une limite importante à l'atteinte du confort par la ventilation naturelle. Il convient d'en mesurer l'impact par la nature permanente des nuisances sonores en période d'occupation des écoles, en analysant l'impact des trois sources de nuisances acoustiques récurrentes : axes routiers, nuisances liées trafic aérien, entretien des espaces verts.

Nuisances sonores	Sources récurrentes	Critères d'atténuation	Solutions à envisager
Permanentes	Axes routiers	<ul style="list-style-type: none"> - Importance de la voie (RN, RD, voie communale, ...) et importance du traffic - Distance à l'axe de la route - Présence d'écrans acoustiques (murs, clôtures, écrans végétaux, ...) - Effets du relief (le son aura tendance à monter) 	<ul style="list-style-type: none"> - Réaménagements des espaces, éloignement des sources de nuisances - Mettre en œuvre des écrans acoustiques - Traitement climatique des espaces concernés
Ponctuelles	Nuisances liées au trafic aérien	<ul style="list-style-type: none"> - Peu de sites sont directement concernés ; ils sont pour la plupart situés dans le couloir de décollage à proximité des 2 aéroports : secteur Les Abymes en Guadeloupe et secteur du Lamentin en Martinique. Les nuisances sont concentrées 	<ul style="list-style-type: none"> - Modulation des emplois du temps : les départs des vols (gros porteurs) étant généralement programmé l'après-midi et en fin de journée.
	Nuisances liées à l'entretien des espaces verts	<ul style="list-style-type: none"> - Problématique récurrente : tondeuses, débroussailleuses et souffleurs sont de forts émetteurs 	<ul style="list-style-type: none"> - Programmer l'entretien des espaces verts en dehors des périodes d'occupation (mercredi)

Les interférences de la ventilation naturelle avec le confort acoustique amènent généralement à proposer de climatiser des espaces. Néanmoins, il existe des alternatives, notamment avec les brasseurs d'air plafonniers qui permettent de fonctionner fenêtres fermées en atténuant ainsi les nuisances sonores provenant de l'environnement. Cette solution sera détaillée dans les parties suivantes.

Par ailleurs, il convient de traiter l'acoustique des salles en améliorant l'absorption des parois intérieures, notamment par l'ajout de faux-plafond acoustiques. Cette prescription permet de diminuer le taux de réverbération qui est une source d'inconfort significative des salles de classe.

- **Confort visuel** : lorsque les jalousies sont à lames opaques (en bois ou en aluminium) et qu'elles sont maintenues fermées (pour prévenir des nuisances sonores ou par vétusté), la lumière naturelle dans la pièce est amoindrie. Solutions : réserver les lames opaques aux parties basses des ouvertures ; renforcer la protection solaire sur les parties hautes en vitrage.
- **Confort olfactif** dans les écoles situées dans les zones concernées par les invasions de sargasses. Du fait de la saisonnalité des invasions de sargasses et de leur caractère aléatoire, ce type de nuisance est difficile à traiter.

3.2. Inconfort lié à l'environnement

L'environnement d'une école a un effet direct sur son confort thermique. Les sources d'inconfort thermique lié à l'environnement dans les écoles des Antilles sont les suivantes :

- Le niveau d'urbanisation : environnement urbain, semi-urbain, campagne
- La composition des cours de récréation
- La végétalisation des abords

Le niveau d'urbanisation

Les écoles situées en zone urbaine sont sujettes au phénomène « d'îlot de chaleur urbain » : c'est un phénomène physique d'effet de dôme thermique qui génère un microclimat urbain au sein duquel les températures sont sensiblement plus élevées.

Pour ces écoles, **le simple fait d'être localisées en milieu urbain peut générer un inconfort thermique**. Par ailleurs, la présence de bâtiments à étages autour de l'école peut compromettre la circulation de l'air et la ventilation naturelle des salles de classe, ainsi que l'accès à la lumière naturelle.



Cour d'école enclavée dans des immeubles de logements

La composition des cours de récréation

La composition des cours de récréation joue un rôle important dans le niveau de confort thermique d'une école. Les cours minérales, disposant de peu de plantations, accumulent la chaleur et la restituent tout au long de la journée. En conséquence, la température d'air à proximité de la cour augmente et les salles de classe se réchauffent.

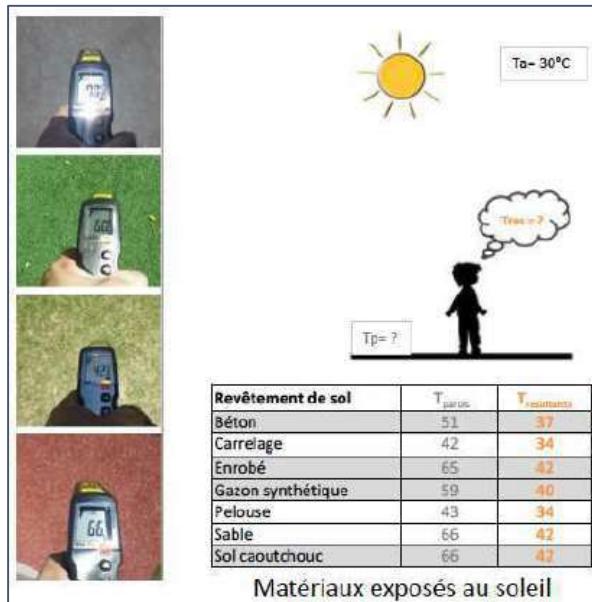
D'après le questionnaire, la majorité des écoles du panel disposent d'une cour faiblement végétalisée. Pour les cas d'écoles situées en milieu urbain, ces cours très minéralisées participent au phénomène d'îlot de chaleur urbain, ce qui amplifie le réchauffement de l'air.



Cours d'écoles fortement minéralisées

Selon le type de matériau employé dans les cours d'écoles, la température de sol peut varier pendant une période d'exposition au soleil. D'après une campagne de mesures de températures réalisée à la Réunion pour une étude similaire¹, le sable, le sol caoutchouc et l'enrobé présentent une température plus élevée que le béton ou le carrelage, lorsqu'exposés au soleil.

Les revêtements végétaux apportent davantage de fraîcheur que les revêtements minéraux.



Mesures de températures de surface

¹ Confort thermique dans les écoles dans Les Bas à la Réunion (2019)

Compte tenu du fait que la température de l'air (ou température opérative) est fonction de la température des parois avoisinantes, le type de revêtement de sol impacte directement les températures dans les cours d'écoles.

Le choix du revêtement de sol des cours de récréation est par conséquent essentiel à prendre en compte vis-à-vis du confort thermique dans les écoles. Augmenter le niveau de végétalisation des cours de récréation est une solution majeure à développer dans les écoles des Antilles.

Par ailleurs, l'absence de zones d'ombrage dans les cours de récréation constitue une source significative d'inconfort thermique. À l'ombre, les revêtements de sol ne montent pas trop en température, ce qui permet de contenir le réchauffement de l'air dans les cours. Ces zones d'ombrage peuvent procurer une sensation de confort thermique **à condition qu'elles soient bien ventilées**.



Zones d'ombrage dans les cours de récréation

Si les zones d'ombrage peuvent être créées par des préaux, des carbets, ou des toiles tendues, elles peuvent également l'être par la végétation, qui a un effet bénéfique sur la réduction de la température extérieure.



Zones d'ombrage créées par la végétation

Plus la végétation d'un espace est dense, plus celui-ci sera rafraîchi. La proximité des arbres avec les bâtiments fonctionnant en ventilation naturelle permet de rafraîchir l'air avant que celui-ci ne circule dans les salles de classe.

Point de vigilance : les arbres denses ne doivent pas être plantés trop près des bâtiments afin de ne pas gêner la circulation de l'air dans les salles de classe.



Exemple d'un espace présentant une végétation dense

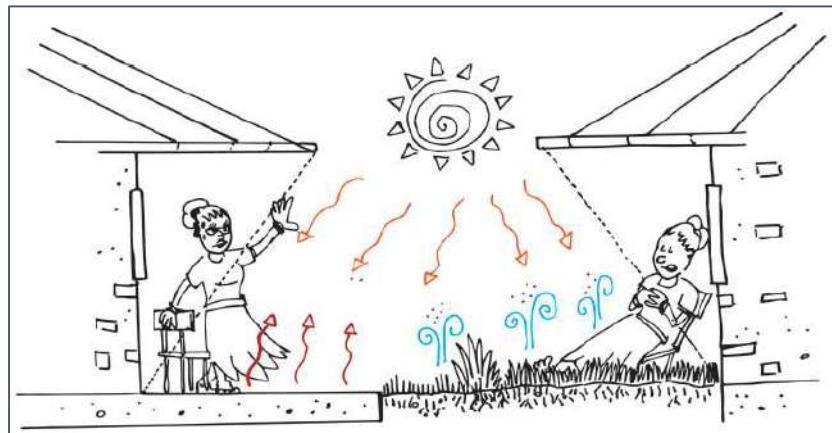
À l'inverse, plus la surface enrobée est importante autour de l'arbre, plus l'effet bénéfique de l'arbre pour le confort thermique s'amenuise. C'est le cas d'une école visitée dont la cour dispose d'arbres plantés dans des bacs en béton recouverts de bitume. Dans ce cas de figure, le bénéfice apporté par les arbres est mineur.



Cas d'une végétation faible

Les abords de bâtiment

Tout comme les cours de récréation, la composition des abords des bâtiments joue un rôle sur la température de l'air, et donc influe sur le confort thermique. Les surfaces bétonnées accumulent la chaleur du soleil et participent aux situations d'inconfort thermique aux abords des bâtiments, contrairement aux surfaces végétalisées qui contribuent au bien-être des occupants.



Emissivité des surfaces naturelles et artificielles – Source : AQUAA guide végétal

Les abords minéralisés sont le type d'abords les plus répandus dans les écoles. Cette disposition participe fortement à l'inconfort thermique.



Abords minéralisés

Les plantes herbacées, buissonnantes et arbustives sont des types de plantes appropriées à la végétalisation des abords.



Exemple d'arbustes aux abords d'un bâtiment

3.3. Inconfort lié aux usages

Les sources d'inconfort liées aux usages identifiés dans le cadre de cette étude sont les suivantes :

- Usage des ventilateurs muraux
- Usage des vidéoprojecteurs
- Aménagement des salles non optimal
- Climatisation

Usage des ventilateurs muraux

La présence de ventilateurs muraux est répandue dans les écoles des Antilles. Bien que les ventilateurs créent un mouvement d'air qui puisse participer au confort thermique des élèves, ils sont souvent en nombre insuffisant pour traiter toute la surface de la salle. Dans les écoles visitées, le nombre de ventilateurs muraux était en moyenne de 2 par salle de classe. Par ailleurs, certains enseignants interrogés affirment qu'ils évitent d'utiliser les ventilateurs en raison des nuisances acoustiques qu'ils provoquent, et des problématiques de feuilles volantes. Ces inconvénients notoires des ventilateurs muraux (flux d'air horizontal, flux d'air concentré et nuisances sonores importantes) devraient conduire à **bannir cette solution**, dans tous les espaces disposant d'une hauteur sous plafond supérieure ou égale à 2,50 m.

En revanche, l'usage des brasseurs d'air plafonniers dans les salles de classe est une excellente alternative. Cette solution est détaillée dans la partie *Préconisations* de ce livrable.



Ventilateurs muraux dans les salles de classe

Usage des vidéoprojecteurs

L'utilisation de vidéoprojecteurs requiert de plonger la salle de classe dans l'obscurité. Selon la configuration de la salle, cette obscurité peut être obtenue en tirant les rideaux ou en fermant les jalouses opaques (en bois ou en aluminium). Dans ces cas de figure, la ventilation naturelle de la salle est diminuée, voire entièrement empêchée.

Par ailleurs, les vidéos projecteurs constituent une source de chaleur interne qui peut être significative dans les cas d'utilisation prolongée dans les espaces peu ventilés.

La recherche de compromis (obscurité partielle, durée d'utilisation restreinte) doit conduire à maintenir l'usage des vidéos-projecteurs en minimisant les nuisances sur le confort.

Aménagement des salles non optimal

Dans certaines salles, le manque de place a conduit les utilisateurs à placer du mobilier devant les jalouses, entravant ainsi le passage de l'air et dégradant le confort thermique de la pièce.



Exemple d'aménagement non adapté

Climatisation des salles de classe

De manière générale, l'enveloppe des bâtiments scolaires des Antilles n'est pas adaptée à la climatisation des salles de classe : absence d'isolation en toiture, forte porosité, menuiseries peu étanches, ... Toutefois, il a été observé dans certaines écoles l'installation de climatiseurs pour pallier les problèmes de confort thermique.

Dans l'un des cas étudiés, des plaques de plexiglass ont été installées sur les menuiseries pour améliorer leur étanchéité. Ces plaques empêchent le mécanisme d'ouverture des jalouses en bois, et donc la ventilation naturelle de la salle de classe. De plus, le renouvellement de l'air n'est pas permis dans cette disposition.

L'analyse des **contraintes liées à la climatisation** des espaces est résumée ci-après :

Critère	Evaluation		Observations
Qualité de l'air intérieur	Non-conforme à la réglementation sanitaire	Avec des systèmes à détente directe de type climatiseurs individuels, le renouvellement d'air dans les espaces climatisé doit être effectué au moyen de systèmes d'extraction d'air vicié et d'apport d'air neuf à raison de 18 m ³ /heure et par occupant, généralement absents dans l'existant	Cette non-conformité est généralisée dans les zones tropicales (bâtiments tertiaires et résidentiels). Elle génère une problématique de santé publique importante, quoique atténuée par le critère peu étanche des menuiseries dans l'existant
Performances de la climatisation	Faibles	Les performances sont fortement dégradées par la présence de menuiseries non étanches (jalousies d'ancienne génération sans joint), générant d'important d'apport d'air humide dans l'espace climatisé.	La climatisation d'un espace doit entraîner une réfection globale (remplacement des menuiseries pour éviter les dégradations du bâti (apparition de moisissures, ...)
Coûts d'exploitation à la charge des communes (écoles primaires publiques)	Elevés	Ratios de consommation d'énergie indicatifs : <ul style="list-style-type: none"> - 30 kWh/m².an salle climatisée - 10 kWh/m².an salle non climatisée 	Sur ce critère, la généralisation de la climatisation des salles de classe ne peut être une solution durable à généraliser
	Significatifs	L'entretien des équipements de climatisation est un poste à ne pas négliger	Veiller notamment à maintenir l'évacuation de condensats (en excès avec des menuiseries peu étanche)
Modes d'occupation	Perturbants	La généralisation de l'usage de la climatisation entraîne des problématiques importantes sur les modes d'occupation : portes et fenêtres fermées bouleversant les pratiques en zone Antilles	Le climat tropical comporte des caractéristiques permettant de ne pas céder au mode de vie à « l'américaine » (nant les réalités du changement climatique notamment)
Emissions de GES et coûts collectifs	Impactantes	Dans les contextes de mix électriques encore très carbonés (ratios d'émissions > 500 gCO ₂ par kWh consommé), l'augmentation des consommations électriques entraîne une forte augmentation des émissions de CO ₂ et de facto, un impact important sur les coûts payés par l'ensemble de la collectivité nationale en raison de la péréquation des tarifs de l'électricité dans les DROM	



Climatisation d'une salle aux menuiseries non étanches

4. Préconisations

L'étude des écoles de Guadeloupe et de Martinique a permis d'identifier les principales sources d'inconfort thermique. Les réponses à ces sources d'inconfort peuvent se catégoriser selon les trois principes suivants :

1. Réduire les apports de chaleur dans le bâtiment
2. Diminuer la température de l'air aux abords du bâtiment
3. Favoriser une bonne ventilation des salles de classe

De ces trois principes découle une liste de préconisations portant sur l'enveloppe du bâtiment, sur la cour de récréation, et sur la végétalisation des écoles. L'ensemble de ces préconisations sont décrites ci-après. Il est important de noter que les stratégies de rénovation des écoles en vue d'améliorer le confort thermique doivent être inscrites dans une démarche globale, afin de garantir une cohérence entre les différentes actions mises en œuvre au sein d'une même école.

4.1. Traitement de l'enveloppe

4.1.1 Isolation thermique en toiture

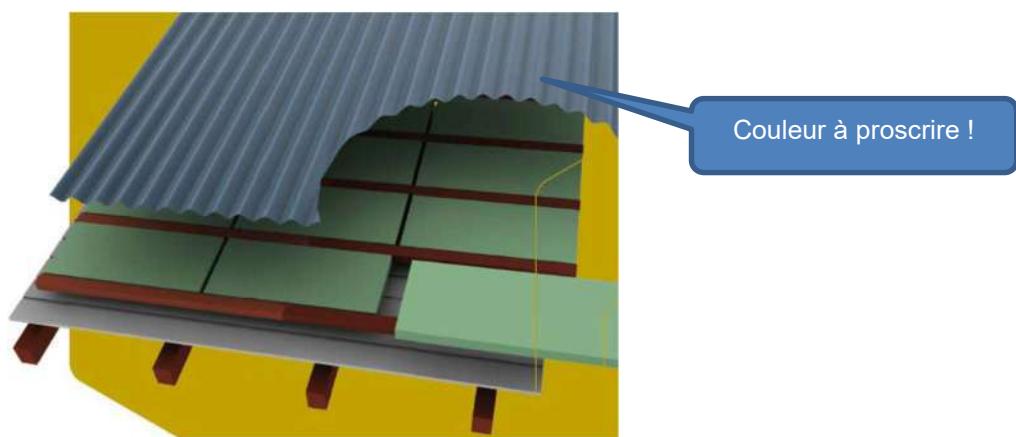
Pour réduire les apports de chaleur dans les écoles, la mise en œuvre d'une isolation thermique en toiture est l'une des actions prioritaires à déployer. Pour rappel, la toiture perçoit environ 2/3 du rayonnement solaire.

Une isolation thermique en toiture permet de diminuer la température intérieure de la salle, générant une amélioration significative du confort thermique.

Pour obtenir un facteur solaire en toiture satisfaisant, l'épaisseur recommandée pour l'isolant thermique est de 5 cm pour une couleur claire.

Attention à la couleur de la toiture, si celle-ci est moyenne, une épaisseur de 7 cm est recommandée en raison du coefficient d'absorption élevé de la couleur.

Etant donné les contraintes que cette action génère, elle peut être déclenchée lors des prochains travaux de réfection de l'étanchéité des toitures.



4.1.2 Protection solaire des façades

La protection solaire des façades est également indispensable pour maîtriser les apports de chaleur dans le bâtiment, et limiter la montée en température des salles de classe.

En particulier, il est essentiel de protéger les menuiseries exposées par des solutions adaptées à l'orientation de la façade.

Au Sud et au Nord, les protections solaires adaptées sont les protections avancées, de type casquette, auvent, débord de toiture ou de coursive.



Protection solaire avancée (coursive)

A l'Est et à l'Ouest, des protections recouvrantes sont recommandées en raison de la course du soleil rasante sur ces orientations en début et fin de journée.



Protection solaire recouvrante (brise-soleil en lames d'avion)

Une autre alternative consiste à protéger les façades par un écran végétal (plantation d'arbres). Cette disposition est traitée dans le chapitre §3.3 Végétalisation des écoles.

4.1.3 Remplacement des menuiseries

Pour garantir une ventilation naturelle efficace, les menuiseries doivent permettre le passage d'un flux d'air traversant dans les salles de classe. Les menuiseries les plus appropriées pour cette fonction sont les jalouses à lames de verre : les jalouses à lames opaques dégradent le confort visuel des pièces lorsqu'elles sont fermées pour cause de nuisances acoustiques par exemple.

Cette préconisation consiste à remplacer les menuiseries défectueuses par des jalouses à lames de verre de type jalouses de sécurité, avec une protection solaire adaptée.



Jalousies à lames de verre

4.2. Équipements techniques

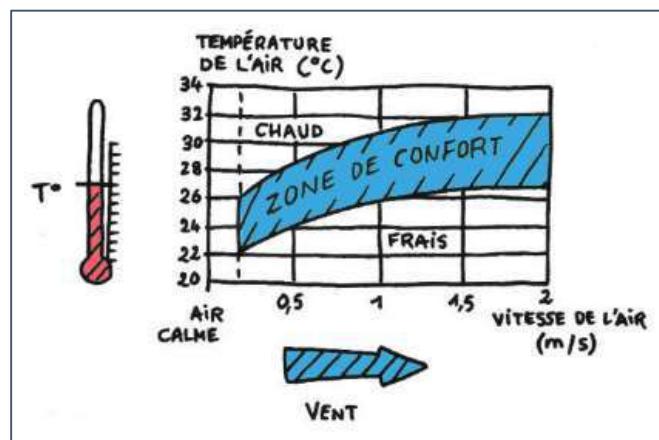
4.2.1 Généralisation des brasseurs d'air dans les salles de classe

Le principe des brasseurs d'air repose sur deux phénomènes d'échanges thermiques :

- L'échange de type "convectif" à la surface de la peau, qui peut avoir lieu tant que la température de l'air est inférieure à celle de la peau (qui est autour de 33 °C) ;
- L'échange de type "éaporatif" qui peut avoir lieu tant que l'air ambiant n'est pas saturé (c'est-à-dire à 100% d'humidité relative) ;

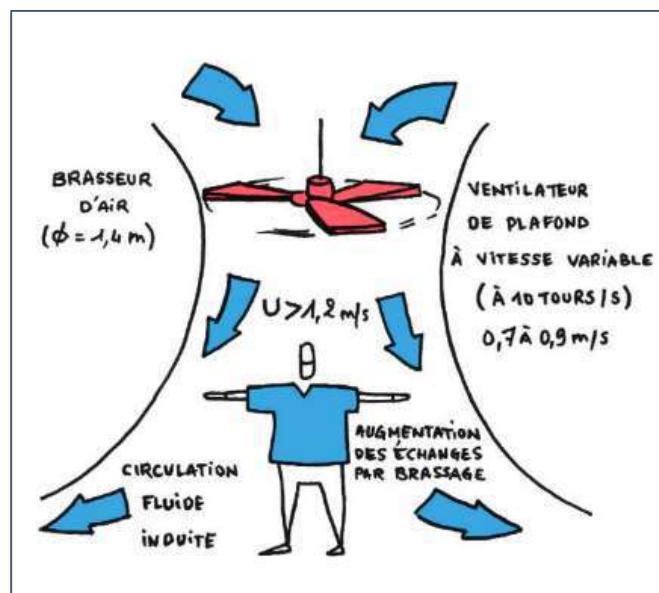
Dans la plupart des cas, l'échange thermique stimulé par les brasseurs d'air résulte de la combinaison de ces deux phénomènes de convection et d'évapotranspiration.

Ces deux modes de transfert ont lieu sans vitesse d'air mais ils augmentent chacun avec l'accroissement de la vitesse d'air à la surface de la peau.



Vitesse d'air et adaptation à une température de confort plus élevée

En bref, le brasseur d'air est un allié incontournable du confort thermique en climat tropical. Contrairement au ventilateur mural, il assure une diffusion homogène de l'air et ne crée pas de problématique de « feuilles volantes ». Par ailleurs, il ne provoque pas de nuisances acoustiques car sa vitesse de rotation est plus faible.



Principe de ventilation par un brasseur d'air plafonnier

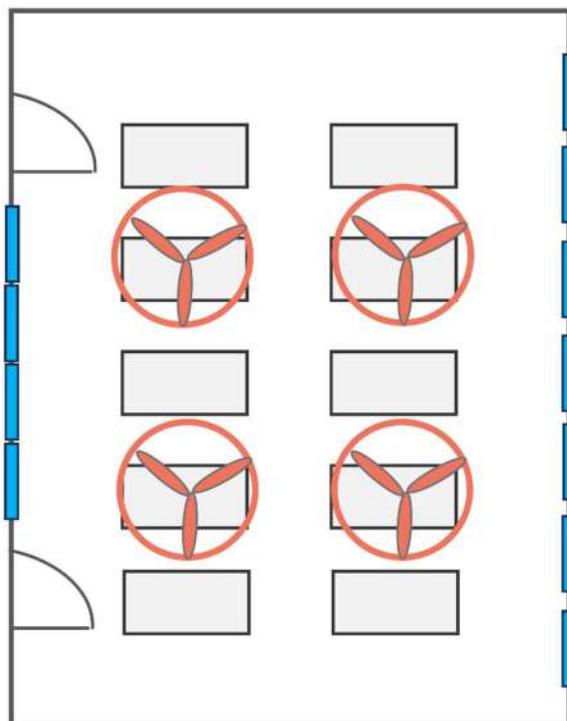
Le brasseur d'air complète la possibilité de créer du confort par ventilation naturelle architecturale en ayant une ventilation traversante (ouvrants sur des façades opposées) : le brasseur d'air prendra alors

le relai lorsque le potentiel de ventilation naturel sera nul ou lorsqu'il faudra fermer les ouvrants en raison de nuisances acoustiques extérieures.

Attention, le calepinage des brasseurs d'air doit tenir compte des éléments suivants :

- Positionnement adapté des brasseurs d'air par rapport aux usagers ;
- Répartition homogène dans la zone d'occupation de la pièce ;
- Interactions avec les autres équipements de la pièce : luminaires, dispositifs d'absorption acoustique, ...

Le plan ci-dessous donne l'exemple d'un calepinage de brasseurs d'air plafonniers dans une salle de classe.



Exemple de calepinage de brasseurs d'air plafonniers dans une salle de classe

Il est à noter que les aides EDF AGIR PLUS permettent de financer la fourniture et l'installation de brasseurs d'air en Guadeloupe et en Martinique à hauteur de 120 €/équipement.

4.3. Traitement des espaces extérieurs

4.3.1 Choix des revêtements de sol

La grande majorité des cours d'écoles de Guadeloupe et de Martinique sont fortement minéralisées, pour des raisons de facilité d'entretien et de propreté.

La nature du revêtement de sol de la cour de récréation est très impactante sur le niveau de réchauffement de l'air. Les matériaux tels que l'enrobé bitumineux ou le sol caoutchouc présentent une température de surface avoisinant les 65 °C à 70 °C lorsqu'ils sont exposés au soleil.

D'autre part, une couleur claire de matériau présente une température moins élevée. Ainsi, une cour en béton est moins chaude qu'une cour en enrobé.



Cour en béton (gauche) / cour en enrobé (droite)

En règle générale, il est préférable d'éviter les revêtements imperméables et de couleur sombre dans les cours des établissements. Le gazon synthétique sur couche drainante est une alternative intéressante, cependant, ce matériau chauffe également beaucoup.

La végétalisation des cours reste la solution la plus performante pour limiter le réchauffement de l'air. Cette solution sera développée dans le chapitre §3.3 Végétalisation des écoles.

4.3.2 Crédit de zones d'ombrage

La création de zones d'ombrage est un élément clé pour limiter le réchauffement de l'air et améliorer le confort thermique dans les cours de récréation.

Outre les solutions végétales qui seront abordées au prochain chapitre, il existe plusieurs options pour créer ces zones d'ombrage : préaux, carbets, chapiteaux, toiles tendues, ...



Solutions de création de zones d'ombre

Pour que ces espaces soient confortables, il est essentiel qu'ils soient ouverts pour permettre un flux d'air, nécessaire au confort thermique des usagers.

4.4. Végétalisation des écoles

4.4.1 Traitement paysager des abords

Végétaliser les abords d'un bâtiment permet à la fois de réduire fortement l'ensoleillement direct des façades, et la réverbération sur les surfaces minérales voisines.



Végétation aux abords de bâtiments

Dans la bande de 0 à 3 mètres par rapport au droit de la façade d'un bâtiment, il est privilégié la pose d'une végétation dite basse, pour limiter les apports solaires, engendrer des mécanismes d'évapotranspiration et réduire l'albédo. Cette végétation basse peut être constituée de pelouse, mais elle sera plus pertinente dans sa fonction de protection solaire s'il s'agit de végétation buissonnante et herbacée.

Ainsi, des plantes positionnées au droit des bâtiments offrent un complément de protection solaire au rez-de-chaussée des bâtiments.

Voici quelques exemples d'espèces adaptées à une implantation aux abords des bâtiments :

Nom scientifique	Nom vernaculaire	Illustration
<i>Heliconia psittacorum</i>	Balisier bec de perroquet	
<i>Heliconia bihai</i>	Balisier bihai	
<i>Senna alata</i>	Dartrier	

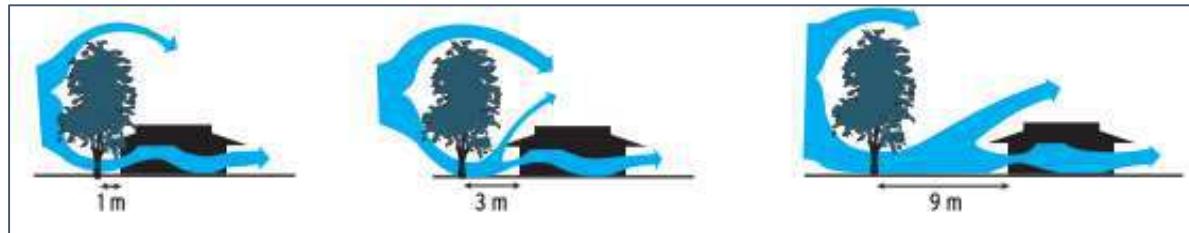
Chrysopogon zizanioides	Vetiver		
Codiaeum variegatum	Croton		
Alpinia zerumbet	Atoumo		
Murraya paniculata	Buis de chine		
Hibiscus	Hibiscus		
Ixora coccinea nain	Hortensia du Japon		
Polyscias scutellaria	Polyscie pennée		

4.4.2 Protection végétale des façades

La protection solaire des façades peut également s'opérer par la mise en place d'un écran végétal. Le masque créé par l'arbre ou la plante protège ainsi la façade du rayonnement solaire direct, et diminue les apports de chaleur dans le bâtiment.

Cette stratégie doit tenir compte de la course du soleil et de la direction du vent. On cherchera à protéger un maximum les façades les plus exposées au soleil (façades Est et Ouest) par la mise en place d'une végétation dense. Toutefois, il est important de veiller à laisser des couloirs de ventilation dégagés pour ne pas bloquer le vent entrant dans le bâtiment.

Par exemple, pour un arbre à feuillage à 1,5 m du sol, l'emplacement idéal est à 9 m de la façade du bâtiment.



Source : ECODOM+ (ADEME)

Voici quelques exemples d'espèces pertinentes pour la protection solaire des façades :

Nom scientifique	Nom vernaculaire	Illustration
<i>Ravenala madagascariensis</i>	Arbre du voyageur	
<i>Albizia lebbeck</i>	Acacia langue de femme	
<i>Conocarpus erectus</i>	Mangle argenté	
<i>Brahea armata</i>	Palmier bleu	

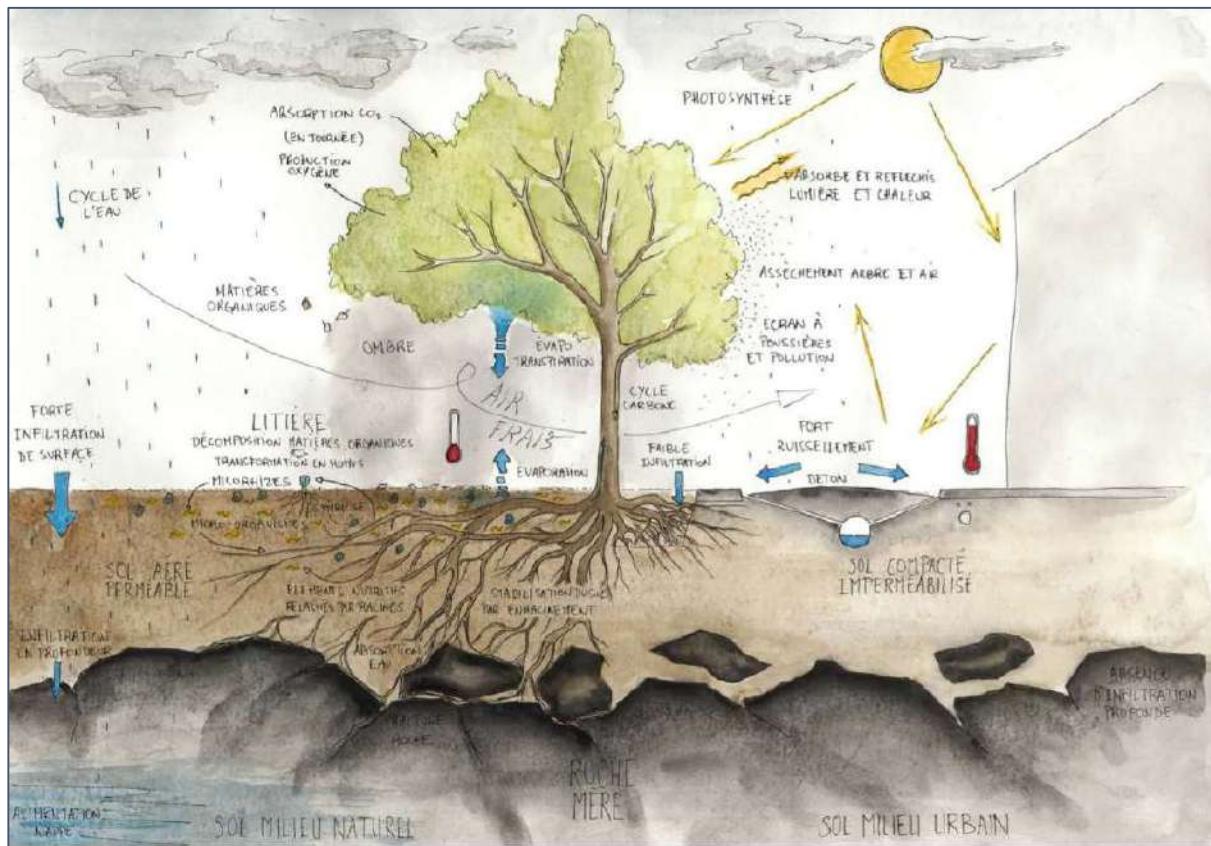
Dypsis lutescens	Palmier multipliant		
------------------	---------------------	--	--

Point de vigilance : les arbres fruitiers sont à proscrire car ils sont susceptibles d'attirer une faune indésirable notamment des rongeurs, insectes, chauves-souris, ...

4.4.3 Végétalisation de la cour

La végétalisation des abords des bâtiments et la mise en place d'écrans végétaux pour protéger les façades participent au traitement paysager des écoles. Pour augmenter sensiblement le confort thermique, les plantations ne doivent pas être éparses : une végétation dense, composée d'espèces diverses est recommandée pour obtenir un effet d'ilôt de fraîcheur.

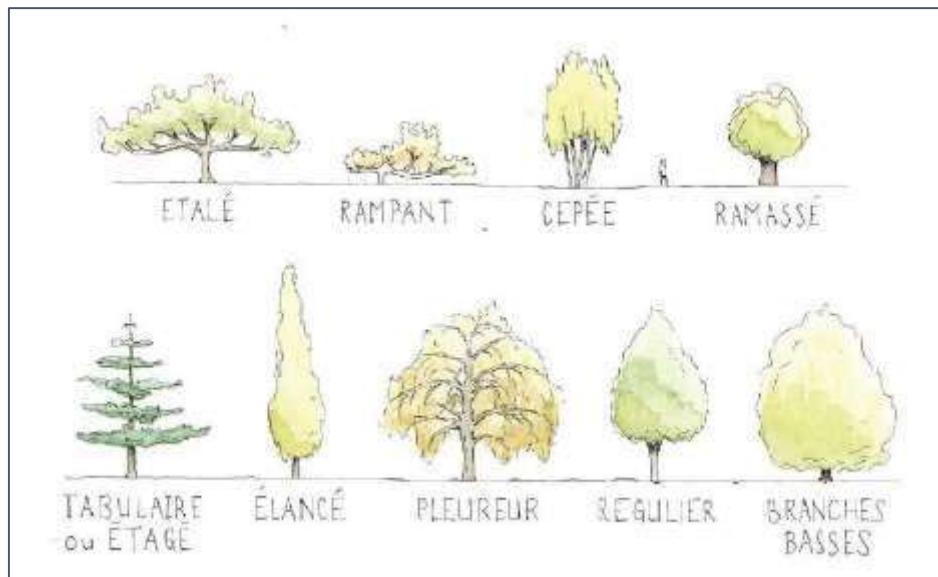
La végétalisation des cours d'écoles est donc une réponse clé à la problématique de confort thermique, les cours étant pour la grande majorité des cas fortement minéralisées. Les espaces végétalisés dans les cours répondent au besoin de zones d'ombrage, et rafraîchissent naturellement l'air entrant dans les salles de classe. En optimisant l'évapotranspiration, la température de sol peut être réduite de 10°C et celle de l'air, localement, de 2°C à 4°C.



Source : Guide « des cours-jardin pour rafraîchir et améliorer les écoles des Bas de La Réunion »

Selon les contraintes du site, les espaces végétalisés doivent être positionnés sur l'orientation exposée aux vents dominants, et composés de plantations présentant plusieurs strates.

La forme de l'arbre, aussi appelée « port d'arbre », influe sur le type d'ombre portée : légère, diffuse, large, soutenue... La stratégie retenue pour apporter de l'ombre à un espace dépendra donc de l'arbre sélectionné, mais aussi de la densité de plantation. Ainsi, les arbres doivent être sélectionnés selon leur port naturel et l'espace disponible.



Différents ports d'arbres – Source : Etude confort dans les écoles de La Réunion

Par ailleurs, créer des espaces végétaux dans les cours participe à la perméabilisation des sols et facilite la gestion des eaux pluviales.

La mise en place de cheminements au sein de ces espaces permet d'éviter le piétinement des plantes, ou le passage dans des zones boueuses en cas de météo pluvieuse.



Cheminements en béton au sein d'un espace végétalisé

L'implantation d'espaces végétalisés prend du temps, il faudra attendre quelques années avant que les arbres plantés puissent générer de l'ombre. Des solutions temporaires peuvent être trouvées le temps que les arbres grandissent : l'installation de voiles d'ombrage, par exemple.

Voici quelques exemples d'espèces pertinentes pour la création de zones d'ombrage :

Nom scientifique	Nom vernaculaire	Illustration
<i>Coccoloba uvifera</i>	Raisinier bord de mer	
<i>Crescentia cujete</i>	Calebassier	
<i>Cananga odorata</i>	Ylang ylang	
<i>Schefflera arboricola</i>	Arbre ombrelle	
<i>Peltophorum pterocarpum</i>	Flamboyant jaune	
<i>Delonix regia</i>	Flamboyant rouge	
<i>Hymenaea courbaril</i>	Courbaril	

Tamarindus indica	Tamarinier	
Gliricidia sepium	Gliricidia	

Point de vigilance : dans les espaces où les enfants sont amenés à jouer, il vaut mieux privilégier des espèces dont les racines ont tendances à s'enfoncer plutôt qu'à étendre en surface pour éviter que les enfants se prennent les pieds dedans en courant.

4.4.4 Bénéfices induits par la végétalisation des cours

Outre l'amélioration du confort thermique, la végétalisation des cours de récréation présente de nombreux bienfaits :

- **Amélioration du climat social** : la présence de végétation dans les écoles offre un cadre de vie stimulant aux élèves et enseignants. Les êtres humains sont naturellement biophiles, c'est-à-dire que nous éprouvons fondamentalement de l'amour pour le vivant. Ainsi, le contact avec la nature est essentiel à notre santé mentale. Un environnement biologique contribue à la réduction du stress, au maintien du sentiment de bien-être, et à la propension aux émotions et attitudes positives. En conséquence, les usagers d'une école végétalisée se sentent plus apaisés et positifs que les usagers d'une école fortement minéralisée.
- **Favorisation de la biodiversité** : augmenter le taux de végétalisation des écoles participe à la création d'habitats variés pour de nombreuses espèces d'insectes et d'oiseaux, favorisant ainsi la diversité biologique locale. En créant des espaces verts riches en biodiversité, les enfants sont exposés à une nature diversifiée dès leur jeune âge, développant leur sensibilité écologique et leur connaissance des interactions naturelles.
- **La pédagogie par les plantes** : l'observation et l'expérimentation du monde végétal est un excellent support d'apprentissage pour aborder de nombreux sujets, tels que le climat, la biodiversité, les cycles de l'eau et du carbone.
- **L'affaiblissement des nuisances acoustiques** : le bruit du vent dans les feuilles peut créer une atmosphère sonore apaisante qui favorise la concentration des enfants.

4.5. Recherche de financement

Dans le cadre des travaux visant à améliorer le confort thermique dans les écoles de Guadeloupe et de Martinique, trois niveaux de financement sont disponibles pour accompagner les collectivités dans leurs démarches. Ces financements s'inscrivent dans un plan articulé autour de plusieurs dispositifs, adaptés à différentes échelles de stratégies de rénovation :

1. Les cadres de compensation

Il s'agit du dispositif majeur cofinançant les actions de Maîtrise de l'Energie dans les Outre-Mer, dans la mesure où elles permettent de réaliser des économies d'énergie. Proposé par les Comités MDE² de chaque territoire, il est approuvé par la Commission de Régulation de l'Energie (CRE) et mis en œuvre localement par le réseau des partenaires sélectionnées et conventionnés AGIR PLUS d'EDF, pour chaque filière d'amélioration des bâtiments : isolation thermique, chauffe-eau solaires, éclairage, brasseurs d'air et climatisation performantes.

Les aides du cadre de compensation se déduisent des factures de travaux et sont versées aux partenaires AGIR PLUS, ce qui évite aux bénéficiaires d'avoir à solliciter individuellement l'aide et a permis un déploiement massif depuis 2019 en Guadeloupe et Martinique, avec plusieurs centaines de millions d'Euros d'aides versées au bénéfice des particuliers et des maîtres d'œuvre des secteurs tertiaires.

Ce cadre prévoit un appui financier pour des actions ciblées d'amélioration thermique. Les cadres de compensation ont été mis à jour en décembre 2024 pour la période 2025-2028 (selon Délibération CRE n°2024-237). Les tableaux suivants présentent quelques actions éligibles en Guadeloupe et Martinique, ainsi que les primes correspondantes.

Les actions et primes associées ne sont pas homogénéisées sur les deux territoires (les montants diffèrent légèrement entre les deux îles sœurs). Par ailleurs, en Guadeloupe, les actions d'amélioration thermique sont principalement destinées aux entreprises et aux particuliers. Toutefois, les collectivités pourraient bénéficier du financement dédié aux entreprises si leurs projets répondent aux critères d'éligibilité. Cette opportunité mérite d'être explorée dans le cadre des initiatives visant l'amélioration thermique du parc scolaire bâti.

GUADELOUPE		
Action	Segment	Prime
BAT – Isolation de combles ou de toitures (biosourcée)	Entreprises	35 €/m ² d'isolant
BAT – Isolation de combles ou de toitures	Entreprises	28 €/m ² d'isolant
BAT – Isolation des murs	Entreprises	20 €/m ² d'isolant
BAT – Protection solaire des ouvrants	Entreprises	80 €/m ² de baies
BAT – Protection solaire des toitures	Entreprises	20 €/m ² de toiture
BAT – Brasseur d'air	Entreprises	120 €/brasseur d'air

² Réunissant les Pouvoirs Publics (Etat, ADEME, collectivités Régionales) et EDF

MARTINIQUE		
Action	Segment	Prime
BAT – Isolation de combles ou de toitures	Collectivités	25 €/m ² d'isolant
BAT – Isolation des murs	Collectivités	40 €/m ² d'isolant
BAT – Protection solaire des façades	Collectivités	16 €/m ² d'isolant
BAT – Protection solaire des ouvrants	Entreprises	50 €/m ² de baies
BAT – Protection solaire des toitures	Collectivités	40 €/m ² de toiture
BAT – Brasseur d'air	Collectivités	120 €/brasseur d'air

2. Le fonds vert :

Le fonds vert est dédié aux projets s'inscrivant dans une démarche de transition écologique et énergétique. Ce fonds finance trois types d'actions :

- Le renforcement de la performance environnementale dans les territoires
- Leur adaptation au changement climatique
- L'amélioration du cadre de vie

Le fonds vert intègre un volet dédié à la rénovation énergétique des bâtiments publics locaux, dans lequel **une priorité est donnée aux écoles**. L'objectif est de rénover 10 000 écoles d'ici 2027, avec une enveloppe spécifique de 500 M€ réservée à la rénovation des écoles.

A partir de 2024, le fonds vert intègre un nouveau volet de soutien financier destiné aux travaux visant à l'amélioration du **confort d'été**, pour les climats dits tempérés. Cette évolution fait écho à l'augmentation des vagues de chaleur en hexagone, qui imposent une adaptation des bâtiments aux nouvelles conditions climatiques.

Les écoles de Guadeloupe et de Martinique, situées dans des zones tropicales où les températures élevées et l'humidité sont des enjeux permanents, sont pleinement concernées par cette évolution. En effet, les problématiques de confort thermique dans ces territoires peuvent être assimilées aux défis du confort d'été en hexagone.

Ainsi, les collectivités locales peuvent mobiliser le fonds vert pour des projets d'amélioration du confort thermique dans les établissements scolaires, avec des actions telles :

- La mise en œuvre de **protections solaires**
- L'installation de **brasseurs d'air**
- L'aménagement d'**espaces végétalisés**

Ce dispositif renforce l'engagement de l'État à accompagner les territoires d'outre-mer dans leurs efforts d'adaptation au changement climatique, en offrant des solutions concrètes et adaptées aux besoins locaux.

3. Les aides européennes FEDER :

Le Fonds Européen de Développement Régional (FEDER) est l'un des principaux outils financiers de l'Union européenne. Son objectif principal est de réduire les disparités économiques, sociales et territoriales entre les régions européennes. Il soutient des projets ayant un impact sur le développement économique, la transition écologique, l'innovation, et la cohésion sociale.

En Guadeloupe, qui est classée comme une région "Ultra-Périphérique" (RUP), le FEDER joue un rôle central dans le financement des projets structurants, en tenant compte des défis spécifiques liés à son insularité, à son éloignement géographique et aux besoins de développement durable.

En Guadeloupe, le FEDER soutient des projets qui répondent aux axes stratégiques définis dans le Programme Opérationnel 2021-2027. Les priorités incluent :

- La transition énergétique : amélioration de l'efficacité énergétique des bâtiments, développement des énergies renouvelables.
- L'adaptation au changement climatique : amélioration de la résilience face aux risques naturels (cyclones, montée des eaux, etc.).
- L'innovation et le numérique : soutien aux projets innovants pour renforcer la compétitivité des territoires.
- Le développement des infrastructures essentielles, comme les écoles ou les réseaux énergétiques.

Les régions ultra-périphériques bénéficient d'un taux de financement particulièrement avantageux, grâce à leur statut spécifique.

Ainsi, Les projets portés par les collectivités ou organismes publics peuvent bénéficier d'un taux de financement FEDER allant jusqu'à 85 % des dépenses éligibles.

En Guadeloupe, les collectivités locales sont des bénéficiaires clés du FEDER. Les fonds peuvent être mobilisés pour des projets tels que :

- La rénovation énergétique des bâtiments publics, y compris les écoles.
- La mise en place de solutions d'adaptation au climat tropical (comme les travaux de confort thermique).
- Les projets d'infrastructure pour améliorer la qualité de vie des habitants.

Le recours au FEDER peut s'inscrire dans le cadre d'un appel à projet portant sur l'ensemble de la Guadeloupe et/ou de la Martinique, avec comme objectifs une rénovation globale des établissements scolaires en vue d'améliorer leur confort thermique.

En conclusion, ces trois leviers financiers (cadre de compensation, fonds vert et FEDER) constituent des outils solides permettant d'accompagner les collectivités dans la réalisation d'investissements durables, répondant aux enjeux climatiques et au bien-être des élèves et enseignants.

Ces trois vecteurs de co-financement ne sont pas exhaustifs, ils peuvent dans certains cas se cumuler, dans la limite des taux d'aides publics maximum édictés par les financeurs.

5. Synthèse de l'étude

L'étude menée dans les écoles de Guadeloupe et de Martinique met en évidence un besoin crucial d'amélioration du confort thermique au sein des établissements scolaires. En effet, la totalité des participants aux sondages a déclaré ressentir un inconfort thermique, confirmant ainsi l'ampleur du problème.

Les températures élevées, l'humidité et le manque de ventilation adaptée contribuent à un cadre d'apprentissage difficile pour les élèves et le personnel éducatif. Cette situation impacte non seulement le bien-être, mais également la concentration et la performance scolaire.

Toutefois, plusieurs freins et difficultés ralentissent la mise en œuvre des solutions. Le parc immobilier scolaire est ancien et relativement hétérogène, ce qui complexifie les interventions. De plus, la gestion des infrastructures étant répartie entre de nombreux maîtres d'ouvrage (66 communes), la coordination des efforts représente un défi majeur.

Face à ces constats, deux actions phares, à court terme, permettraient de maximiser le ratio investissements/bénéfices :

- Généraliser l'usage des brasseurs d'air plafonniers dans les salles de classe.** Cette action, amorcée en 2020 grâce aux aides AGIR PLUS, n'a cependant pas encore bénéficié d'un programme pluriannuel structuré. Son déploiement plus large offrirait un gain rapide en confort thermique pour un coût modéré.
- Végétaliser les cours d'écoles.** Cette solution, en plus d'apporter un rafraîchissement naturel, contribuerait à améliorer l'environnement scolaire et à atténuer les effets d'îlots de chaleur urbains.

La cible de ces actions est donnée dans le tableau ci-dessous.

Cible : écoles publiques élémentaires	Guadeloupe	Martinique
Nombres d'élèves (source : rectorat 2024)	40 838 écoliers (secteur public et privé sous contrat)	28 000 écoliers (secteur public)
Nombres d'établissements	285	207
Nombre de communes	32 (hors îles du nord)	34

Les services techniques de chaque commune (66 services techniques) sont les maîtres d'ouvrage des actions à engager. Les bénéficiaires sont les occupants (élèves, enseignants, agents communaux) de l'ensemble des bâtiments de la cible, soit un effectif estimé de l'ordre de **100 000 personnes sur la zone Antilles**.

Le potentiel d'amélioration du confort thermique dans les écoles de ces territoires est immense. Une mobilisation renforcée des acteurs concernés et la mise en place d'un cadre d'action structuré et coordonné permettraient d'apporter des solutions efficaces et pérennes aux défis identifiés.

Annexes

1. Résultats du sondage sur le confort thermique dans les écoles de Guadeloupe et de Martinique
2. Comptes-rendus des visites d'écoles réalisées en Guadeloupe
3. Critères de choix des espèces végétalisées
4. Idées de végétalisation d'une cour d'école
5. Fiches actions types



Conseil d'architecture,
d'urbanisme
et de l'environnement



Conseil d'architecture,
d'urbanisme
et de l'environnement

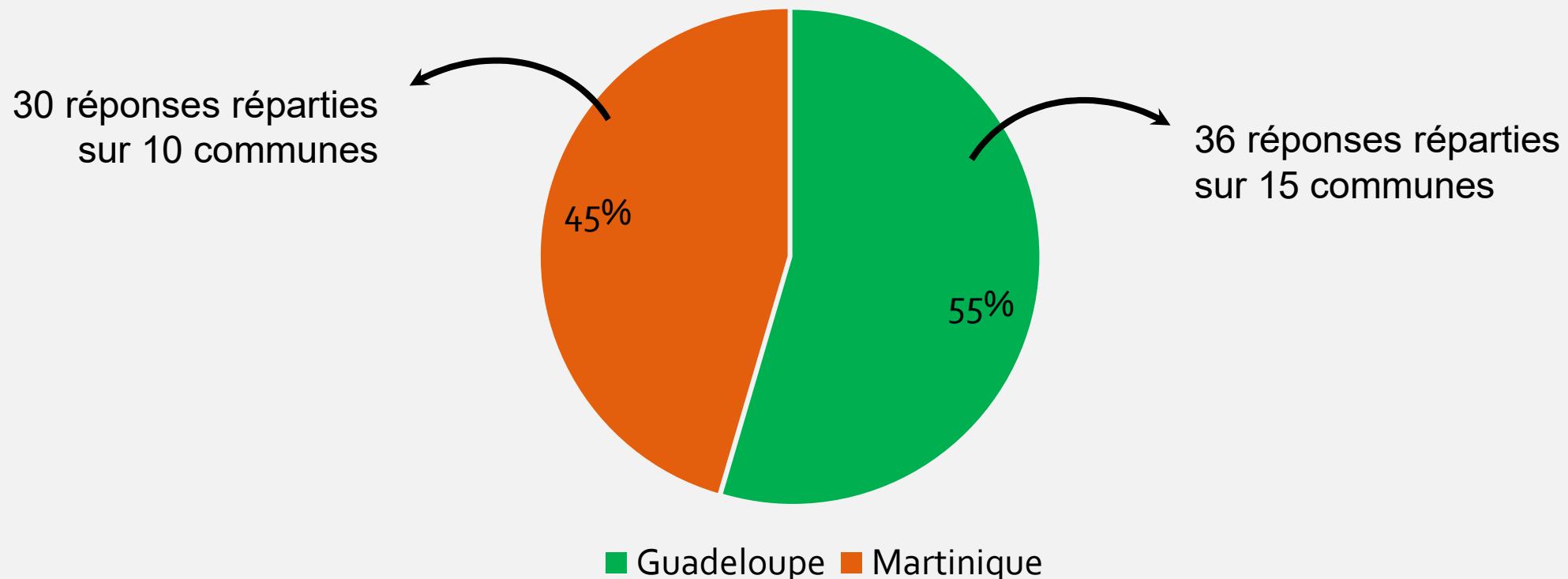
Ecole Durables Tropicales – Etude de confort thermique sur les écoles du territoire antillais



Résultats intermédiaires

Répartition des sondés

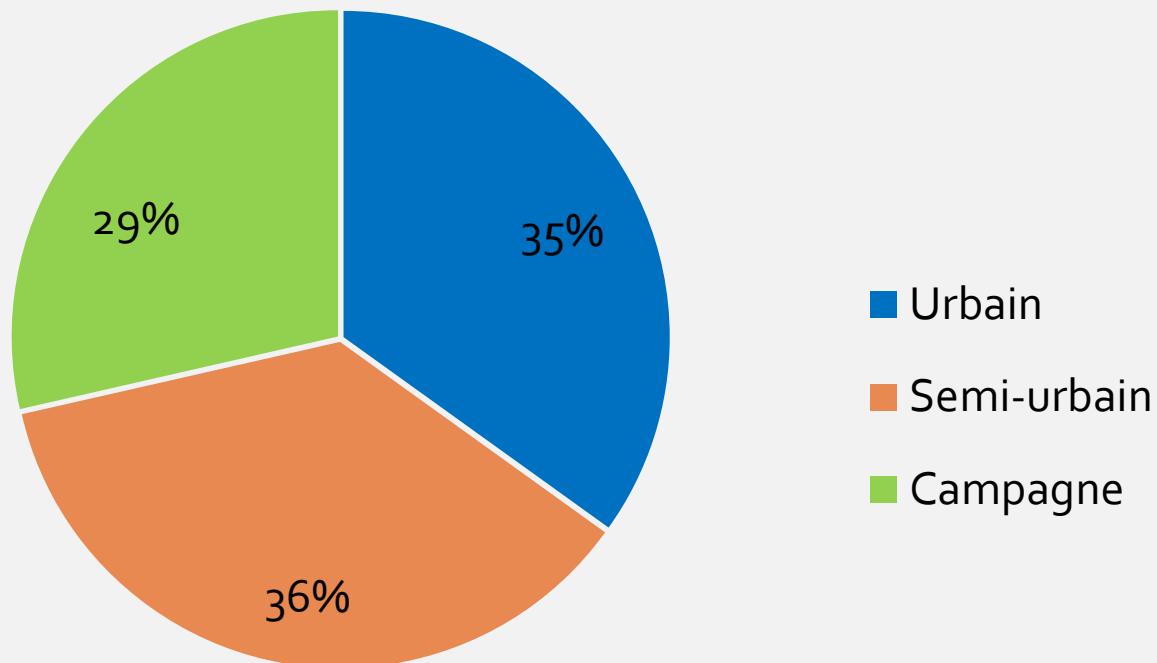
Dans quel département se trouve votre école ?



Mails de sollicitation envoyés : 457
Taux de réponse : 14 %

Répartition des environnements des écoles

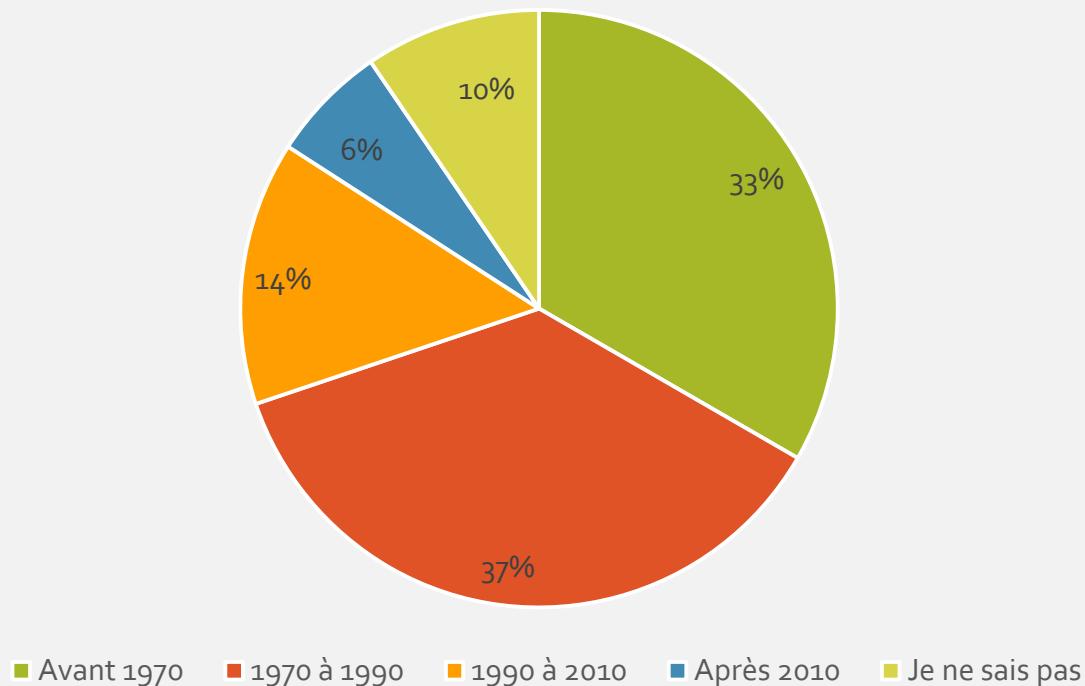
Dans quel type d'environnement se situe votre école ?



- On observe une répartition équitable des types d'environnements des écoles.

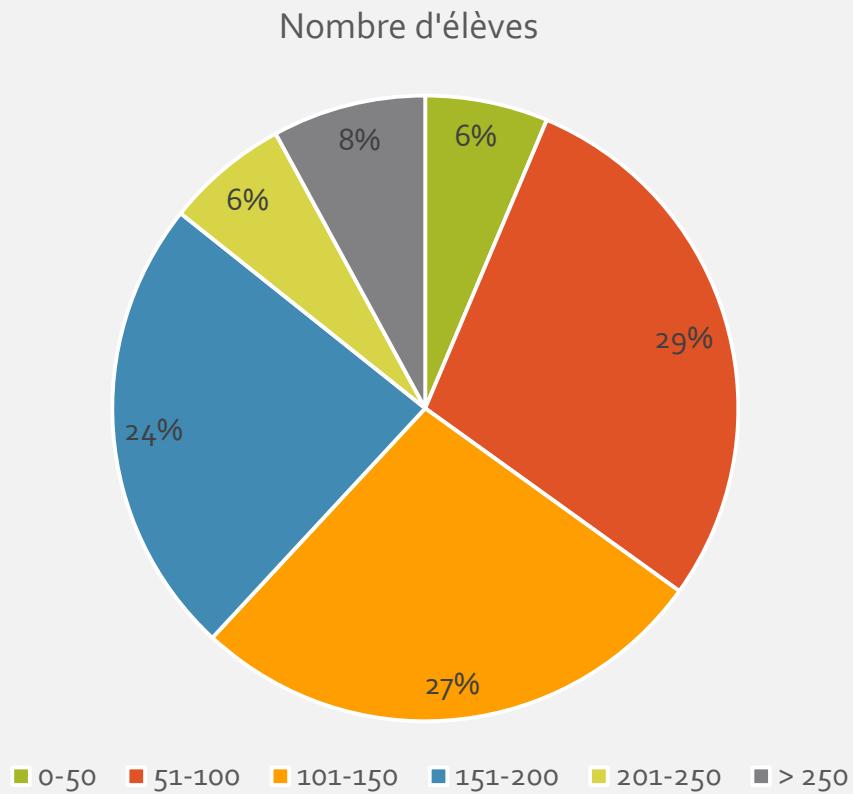
Période de construction des bâtiments

Quelle est la période de construction de l'école ?



- On observe que la majorité des écoles ont été construites avant 1990, à une période où le confort thermique était moins considéré qu'aujourd'hui.

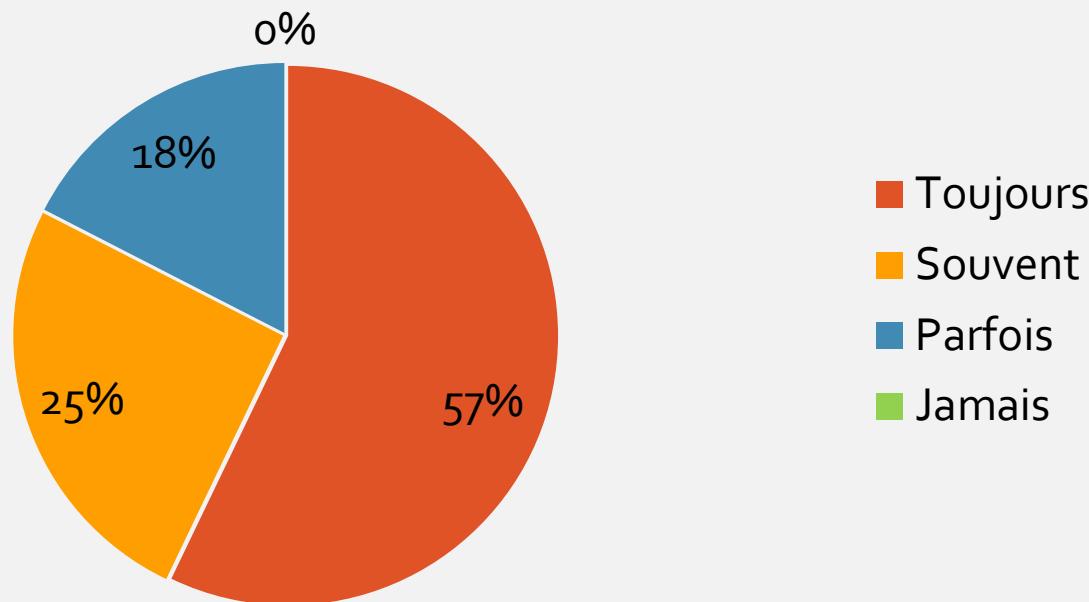
Effectifs des écoles



- On observe que la majorité des écoles comportent entre 50 et 200 élèves.

Sensation d'inconfort thermique

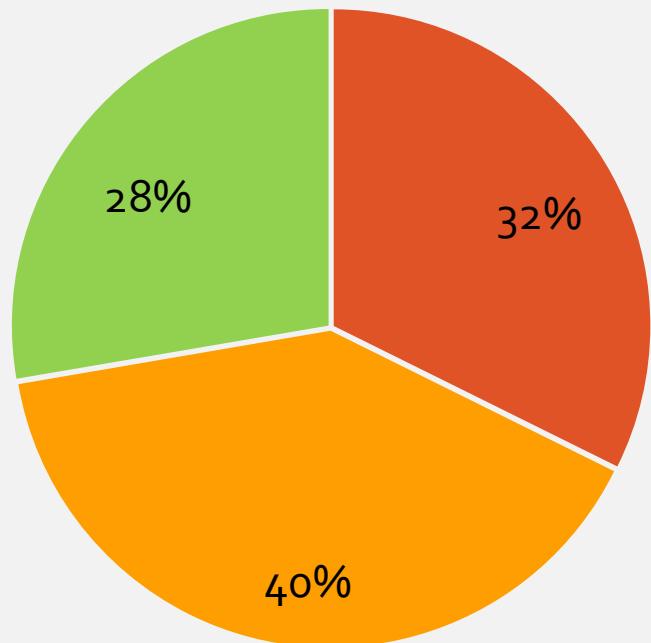
Dans les salles de classe, ressentez-vous une sensation d'inconfort liée à la chaleur et/ou à l'humidité ?



- 100 % des sondés ressentent un inconfort thermique

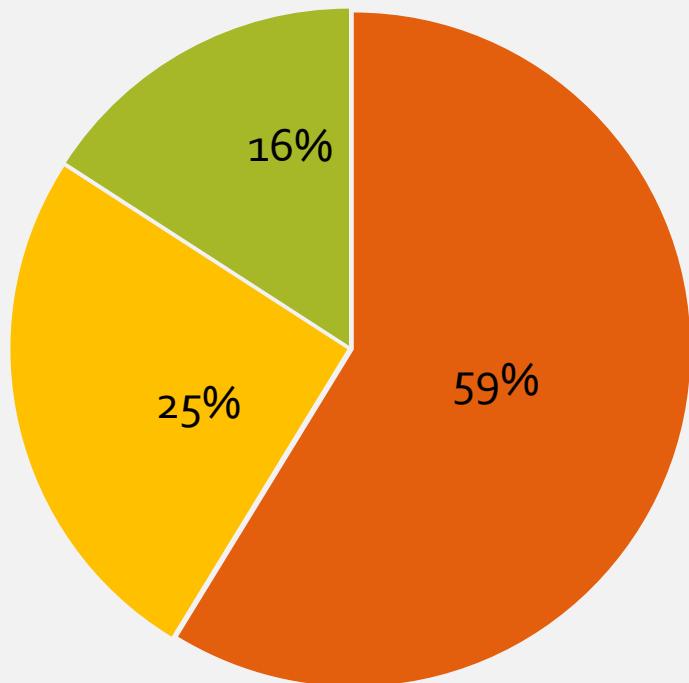
Végétalisation

Quel est le niveau de végétalisation des abords des bâtiments ?



- Faible : abords bétonnés ou bitumés en grande partie
- Moyen : présence ponctuelle de végétation
- Elevé : nombreux espaces végétalisés

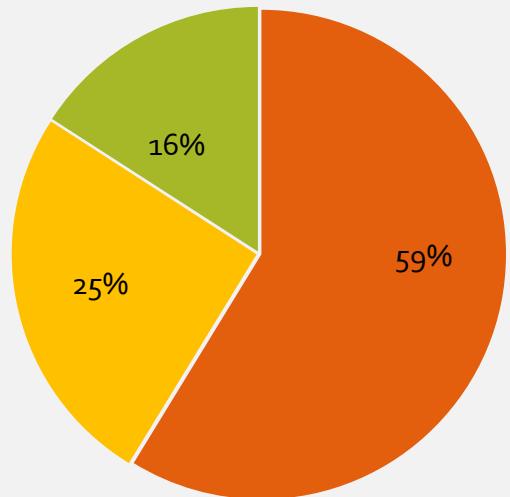
Quel est le niveau de végétalisation de la cour ?



- Faible : cour bétonnée ou bitumée en grande partie
- Moyen : présence ponctuelle de végétation
- Elevé : nombreux espaces végétalisés

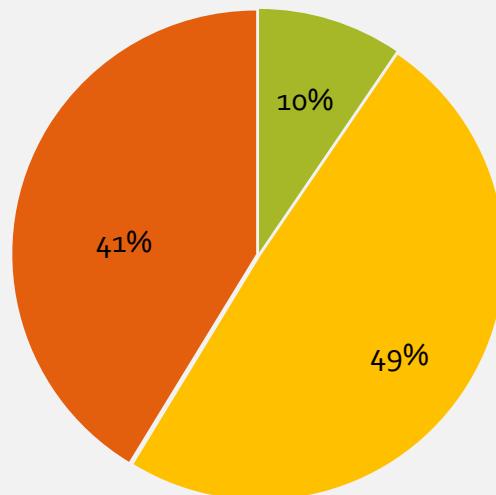
Végétalisation

Quel est le niveau de végétalisation de la cour ?



- Faible : cour bétonnée ou bitumée en grande partie
- Moyen : présence ponctuelle de végétation
- Elevé : nombreux espaces végétalisés

Y a-t-il des arbres dans la cour ?

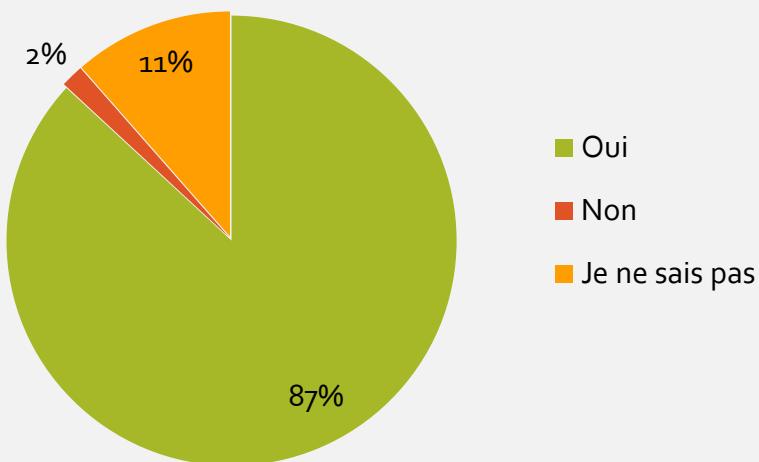


- Oui, beaucoup
- Oui, peu
- Non

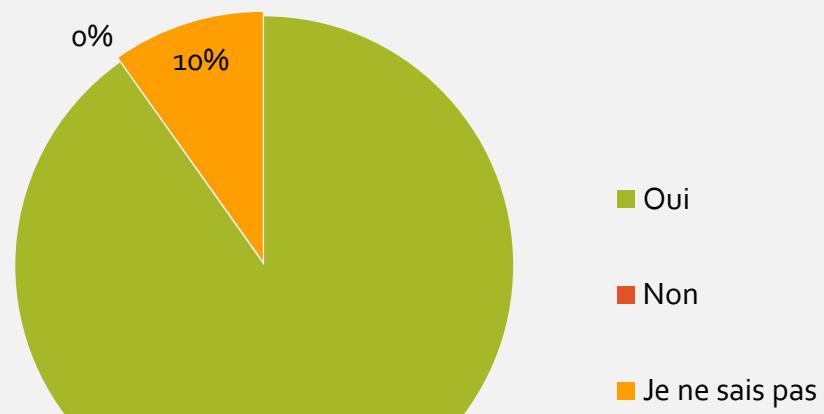
- Hormis la présence d'arbres, les cours de récréation sont généralement peu végétalisées.

Avis sur la végétalisation

Pour améliorer le confort, seriez-vous d'accord pour végétaliser davantage la cour de l'école (hors budget de fonctionnement de l'école) ?



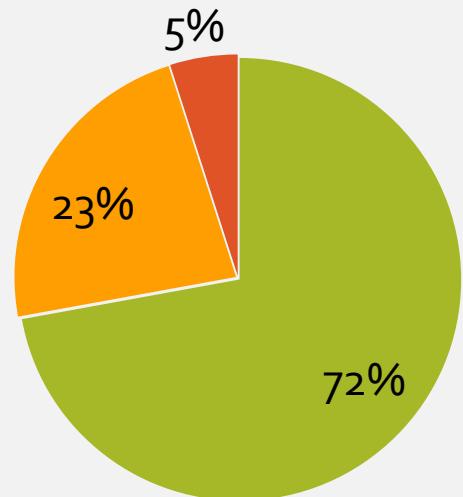
Diriez-vous que la végétalisation pourrait apporter des outils pédagogiques (terrain de sport, plantations, ...) ?



- La grande majorité des sondés sont favorables à davantage d'espaces végétalisés.

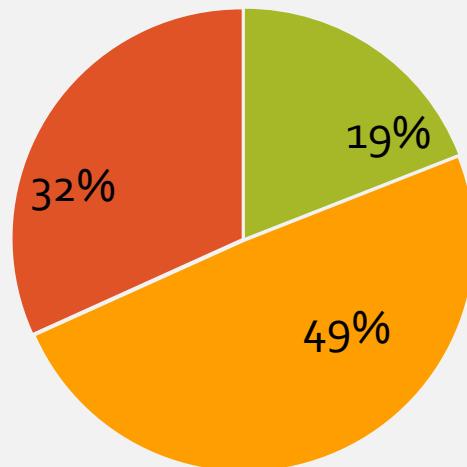
Ventilation des salles de classes

Les salles de classe ont-elles des ouvertures sur deux façades opposées ?



- Oui, toutes les salles
- Oui, certaines salles
- Non, aucune salle

Diriez-vous que les salles de classe sont bien ventilées ?

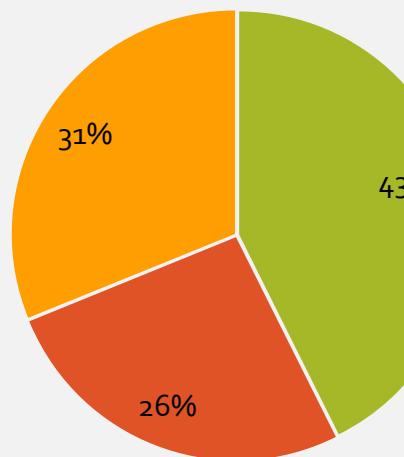


- Plutôt oui
- Plutôt non
- Non pas du tout

- Malgré une configuration en théorie propice, la grande majorité des salles de classes sont insuffisamment ventilées.

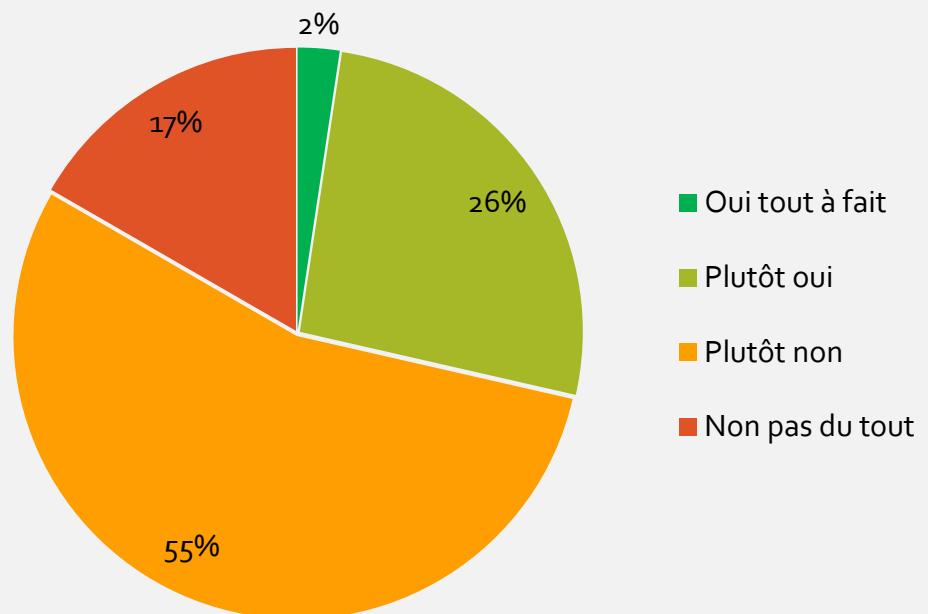
Brasseurs d'air

Les salles de classe sont-elles équipées de brasseurs d'air ?



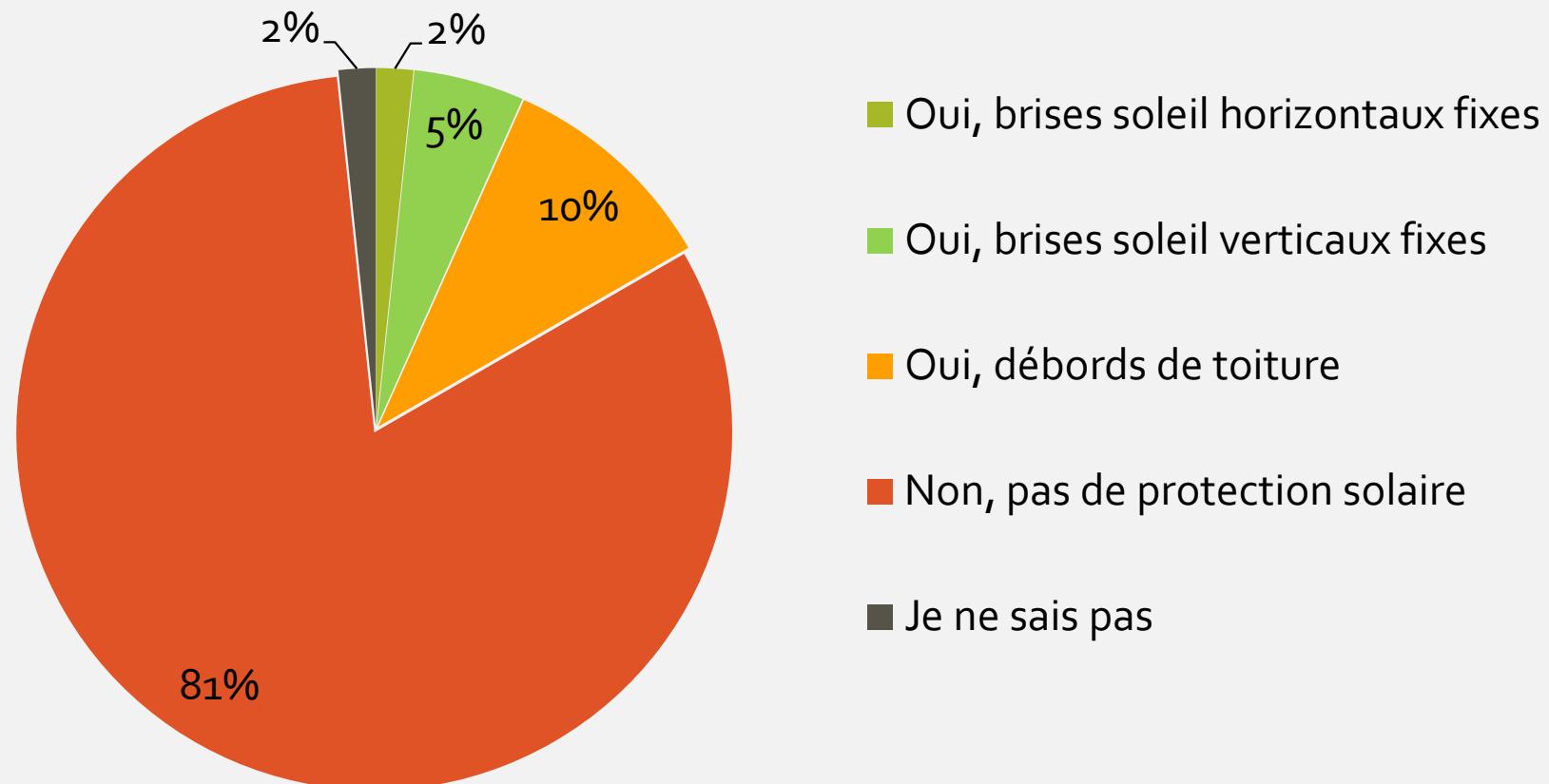
- Oui, toutes les salles
- Oui, certaines salles
- Non, aucune salle

Pour les salles équipées de brasseurs d'air, est-ce que vous trouvez que ces derniers procurent une bonne ventilation ?



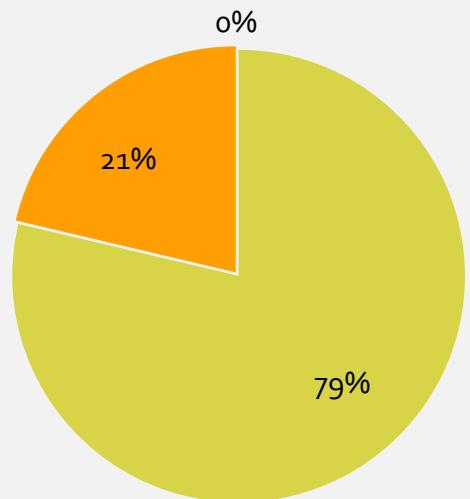
- Les brasseurs d'air semblent ne pas suffire à la bonne ventilation des classes.

Les fenêtres sont-elles équipées de protections solaires ?
Si oui, de quel type ?



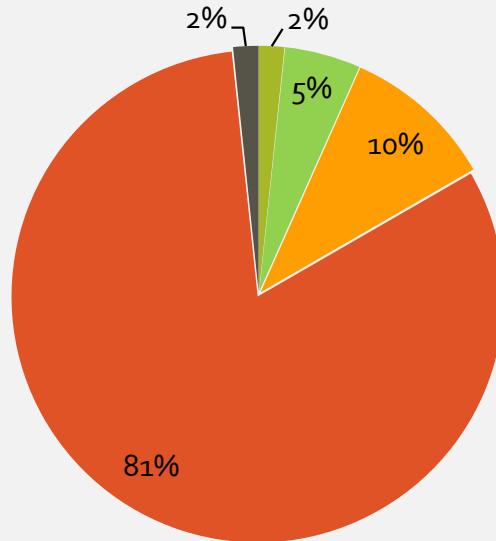
Exposition solaire

Est-ce que certaines façades sont exposées directement au soleil dans la journée ?



- Oui
- Oui, sur certaines façades seulement
- Non

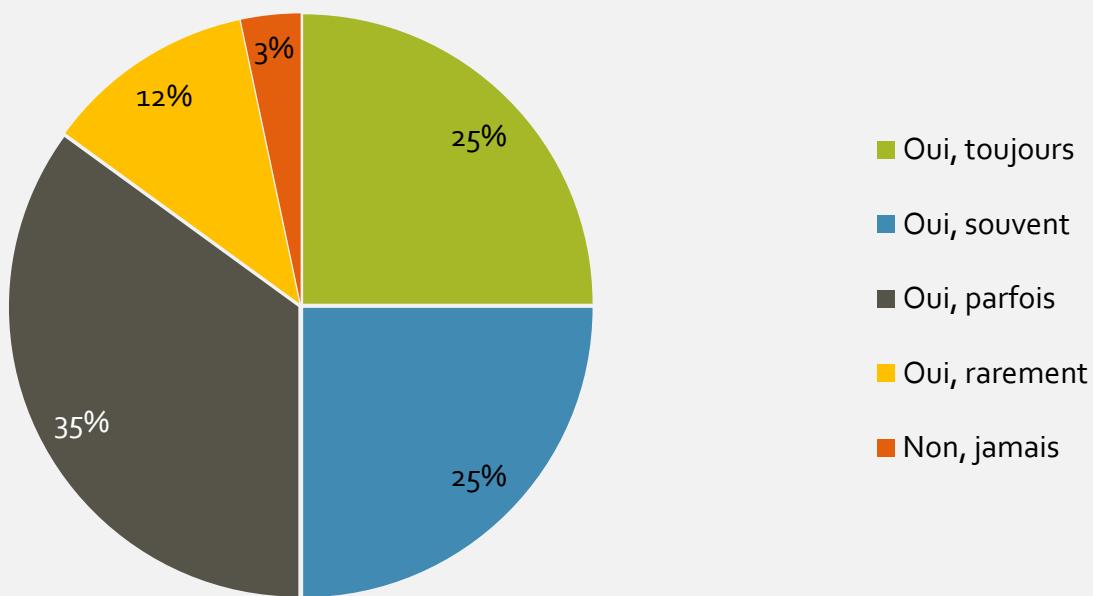
Les fenêtres sont-elles équipées de protections solaires ?
Si oui, de quel type ?



- Oui, brises soleil horizontaux fixes
- Oui, brises soleil verticaux fixes
- Oui, débords de toiture
- Non, pas de protection solaire
- Je ne sais pas

Luminosité dans les salles de classe

En journée, les enseignants utilisent-ils l'éclairage artificiel dans les salles de classe ?



- Au moins la moitié des sondés disent avoir recours régulièrement à l'éclairage artificiel.

« Quelles solutions d'améliorations du confort suggérez-vous à la commune pour votre école ? »



Questions / réponses

Laurent SÉAUVE
seauve.equinoxe@orange.fr

Violette VANDERCOILLE
violette.equinoxe@orange.fr

Florian HUTEAU
florian.equinoxe@orange.fr



Présents :

- F. HUTEAU
- V. VANDERCOILLE
- Y. BARDAIL (directrice de l'école)

Ecole élémentaire située à Saint-François, environnement campagne

Effectif : 150 élèves

Nombre de bâtiments : 4 (plain-pied)



Abords et cour végétalisés, bandes d'herbe en pied de façade

Des arbres ont été plantés pour augmenter le confort thermique dans le bureau de la directrice dont la façade principale est exposée à l'Ouest :

- Arbres du voyageurs femelles (les mâles ne font qu'une seule rangée)
- Les arbres poussent rapidement
- Pas de racines ou de branches dangereuses pour les enfants
- La T°C a diminué de 4 °C grâce à ces plantations



Les températures restent élevées dans les classes en l'absence de BAP (37°C relevé en septembre-octobre). Il y a 2 ventilateurs muraux par salle de classe mais ceux-ci sont insuffisants.

Les enseignants font parfois classe dehors, à l'ombre des arbres

Tentative de faire pousser des arbres fruitiers : non fructueuse, les arbres sont morts durant les grandes vacances par manque d'eau

Les débords de toiture permettent une très faible protection solaire des façades. La directrice avait demandé à installer des plantes tombantes sur ces débords pour faire obstruction au rayonnement solaire.

Les espaces végétaux sont entretenus par la municipalité

Pas de nuisances acoustiques dans l'école (localisation en campagne) sauf rares passages de camions ou conducteurs bruyants.

Les espaces végétalisés apaisent les élèves et sont un outil pédagogique intéressant. Il a été montré que cela améliore la réussite scolaire des élèves.

!/\ certains arbustes seraient des nids à moustiques.

Problématiques identifiées :

- Absence de brasseurs d'air dans les salles de classe (faux-plafond en contre-plaquée, à vérifier la faisabilité d'installer des BAP)
- Toitures en tôle de couleur sombre
- Présence d'isolation thermique en toiture non vérifiée
- Gros inconfort thermique dans la médiathèque et la cantine : couvertures en forme cintrée conçues pour permettre une ventilation naturelle par effet venturi. Problème : les jalousettes situées en hauteur ne sont jamais ouvertes car des chauves-souris s'introduisent dans le bâtiment → remplacer les menuiseries ? ajouter une grille pour empêcher les chauves-souris de rentrer ?
- La création d'un deck dans le jardin permettrait de faire classe dehors même lorsque le sol est boueux

Présents :

- F. HUTEAU
- J. RENAULT (directrice de l'école)

Ecole maternelle située à Pointe-à-Pitre, environnement urbain moyennement dense

Effectif : 139 élèves ; 7 salles de classe

Nombre de bâtiments : 2 (plain-pied) ; construits il y a plus de 50 ans



Cour 100% bitumée même au pied des arbres

5 arbres alignés permettent de faire un peu d'ombre dans la cour. Lorsqu'ils ont été taillés en saison chaude, on a ressenti la différence dans les salles de classe.

Les arbres sont plantés dans des bacs en béton recouverts de bitume donc ni terre ni racines visibles donc aucun danger.



Albizia lebbeck « Acacia langue de femme »

Les températures sont élevées dans les salles de classe sauf 2 qui sont climatisées à 24°C toute l'année même en saison fraîche. Dans ces salles de classes, présence d'humidité au sol et au plafond. Des plaques de plexi ont été posées sur les menuiseries mais elles ne sont pas étanches. Ces plaques empêchent de régler les jalousies en bois et empêchent ventilation naturelle.

Débords de toiture permettent faible protection solaire des façades.

Il y a 2 ventilateurs muraux par salle de classe mais ceux-ci sont insuffisants pour confort thermique. Toutes les salles sont équipées de ventilateurs muraux mais les enseignants évitent de les utiliser si possible car le bruit est gênant et ils font aussi voler les feuilles.

Température « agréable » en saison fraîche mais difficilement supportable en saison chaude.
Fonctionnement hybride clim + ventilateurs en saison chaude

Il y a un espace éloigné des bâtiments de ~ 600 m² entièrement végétalisé (pelouse, 2 arbres, quelques arbustes le long des murs) mais très peu utilisé car peu entretenu. Seuls quelques enfants ont le droit d'y jouer car nombreuses pierres rendent le terrain dangereux et surtout peu d'adultes pour les surveiller.

Trop peu de luminosité naturelle donc 3 TF par classe allumés constamment

Très peu d'initiative pour les plantations.

Problématiques identifiées :

- Toitures en tôle de couleur sombre
- Bâtiment enclavé entre un bâti R+2 et un R+3
- Présence d'isolation thermique en toiture non vérifiée
- Espace végétalisé non entretenu donc non utilisé ou très peu
- /!\ Présence de rongeurs, dératisation pendant chaque vacances (et 15j avant la visite)

Présents :

- V. VANDERCOILLE
- C. COUTTE PEROUMAL (directrice de l'école)
- M. ALLARD (service technique de la commune)

Ecole élémentaire située à Capesterre-Belle-Eau, environnement campagne

Effectif : 99 élèves

Nombre de bâtiments : 1 (R+1 avec les salles en RDC)

Date de construction : années 1950

Structure béton / toiture tôle de couleur rouge sur dalle béton (hypothèse isolation)



Grande cour entièrement végétalisée (pelouse) avec quelques espaces goudronnés (terrain et cheminements)

Manque d'ombre dans la cour : pas d'arbre excepté un manquier sur le terrain voisin qui fait de l'ombre dans la cour. Tous les enfants se retrouvent dessous.

Les menuiseries sont des jalouses avec la partie basse en aluminium et la partie haute en verre. Ces menuiseries sont vétustes et l'ouverture ne fonctionne plus, donc la ventilation des salles n'est pas possible.

Pour pallier ce problème, des brasseurs d'air ont été installés dans toutes les salles à la rentrée scolaire de septembre 2024. Depuis, le confort thermique est significativement meilleur (cela reste inconfortable par moments en saison chaude).

Pas de nuisances acoustiques, excepté lorsqu'un camion passe ou une voiture avec la musique à un niveau sonore élevé.

Les salles de classe sont orientées Est/Ouest, la protection solaire est assurée par la présence de coursives > insuffisant sur ces orientations. Les enseignants remontent des problèmes de forte chaleur l'après-midi.

Les grands espaces végétalisés de cette école sont appréciés pour :

- Les activités sportives
- Le risque de blessures moins important en comparaison des cours minérales
- Participe à l'apaisement des élèves

L'entretien des espaces verts a lieu régulièrement en dehors du temps scolaire

Le responsable des services techniques de Capesterre-Belle-Eau affirme qu'il n'y aurait pas de logistique à entretenir les espaces verts de toutes les écoles de la commune hors temps scolaire (11 écoles) si toutes les cours étaient constituées d'espaces végétalisés. Il travaille en partenariat avec des prestataires extérieurs dans les cas où les services communaux ne peuvent pas prendre en charge certaines prestations.

Le déploiement de brasseurs d'air dans l'ensemble des écoles de la commune est en cours (en attente pour certaines écoles car le fournisseur est en rupture de stock). La commune travaille sur un marché pour végétaliser les cours d'écoles

Pédagogie par les plantes : des pois d'Angole ont été plantés le long du muret de clôture de l'établissement, et des arbres fruitiers ont été plantés en pots.

Problématiques identifiées :

- Menuiseries vétustes et opaques : contraintes d'être maintenues en position fermée, les salles sont sombres
- Manque d'ombre dans la cour
- Protection solaire des façades insuffisante à l'Ouest

Espèces de végétalisation préconisées

Les tableaux suivants dressent une synthèse des espèces courantes candidates à préconiser pour renforcer la protection solaire des écoles.

Au-delà de la fonction « protection solaire », on propose 4 autres critères :

- **l'agrément** : visuel, olfactif ... Sur ce critère, les bougainvilliers sont par exemple à déconseiller en raison de la présence de nombreuses épines pouvant présenter un danger en présence d'enfants.
- **la robustesse** : en zone tropicale, les aléas naturels sont nombreux (cyclones, inondations, sécheresses, attaques de fourmis manioc),
- **l'intérêt pour la biodiversité**, notamment la capacité des fleurs à attirer plusieurs espèces de faune (colibris, oiseaux, ...),
- **la compatibilité pour un entretien réduit**, afin de minimiser les ressources à déployer par les services communaux.

Enfin, les espèces fruitières sont à exclure, pour le périmètre des écoles en zone tropicale et en dehors des zones de jardin potager, en raison du risque de présence des rongeurs lors de la saison de murissement (mangues, bananiers ...).

Ces évaluations qualitatives ne sont pas exhaustives. Elles demandent à être consolidées, notamment par l'expertise du CAUE ainsi que ses partenaires paysagistes.

- Protection solaire des parois verticales

Bacs plantés et haies / arbres	Fonctionnalité protection solaire	Agrément	Robustesse	Intérêt biodiversité	Compatibilité entretien	Observations
Multipliant	Forte	Moyen	Bon	Faible	Fort (faible entretien)	Favoriser les bacs plantés en bordure de coursives
Hibiscus	Forte	Bon	Bon	Fort	Moyen (taille annuelle)	Présence de fleurs toute l'année
Ixora	Faible (si nains)	Moyen	Moyen	Moyen	Moyen (taille annuelle)	Intérêt pour limiter le rayonnement réfléchi
Polyscia	Forte	Moyen	Bon	Faible	Moyen (taille annuelle)	Intérêt pour créer des clôtures végétales
Mangle argenté	Moyenne	Bon	Bon	Faible	Fort (faible entretien)	Robuste en zone ou saison sèche ?
Buis de chine	Forte	Bon (odorat en floraison)	Bon	Fort	Fort (faible entretien)	Faible croissance
Héliconia psittacorum	Forte	Bon	Bon	Fort	Fort (faible entretien)	Hauteur : jusque 5m
Héliconia Bihai	Forte	Bon	Bon	Fort	Fort (faible entretien)	Hauteur : 1,5m à 4m
Dartrier (senna alata)	Forte	Bon	Bon	Moyen	Fort (faible entretien)	Croissance rapide Hauteur : 3-4m
Vétiver	Moyenne	Bon (odeur agréable)	Bon	Moyen	Fort (faible entretien)	Croissance rapide Hauteur : 1-2m
Croton (codiaeum variegatum)	Moyenne	Bon	Bon	Moyen	Fort (faible entretien)	Hauteur : 1,5-2m
Atoumo (alpinia zerumbet)	Forte	Bon	Bon	Fort	Fort (faible entretien)	Hauteur : jusque 3m
Arbre du voyageur	Forte	Bon	Bon	Moyen	Fort (faible entretien)	Croissance rapide Préférer les femelles aux mâles car elles produisent des rejetons qui créent un ombrage supplémentaire
Palmier brahea armata	Moyenne	Bon	Bon	Moyen	Fort (faible entretien)	

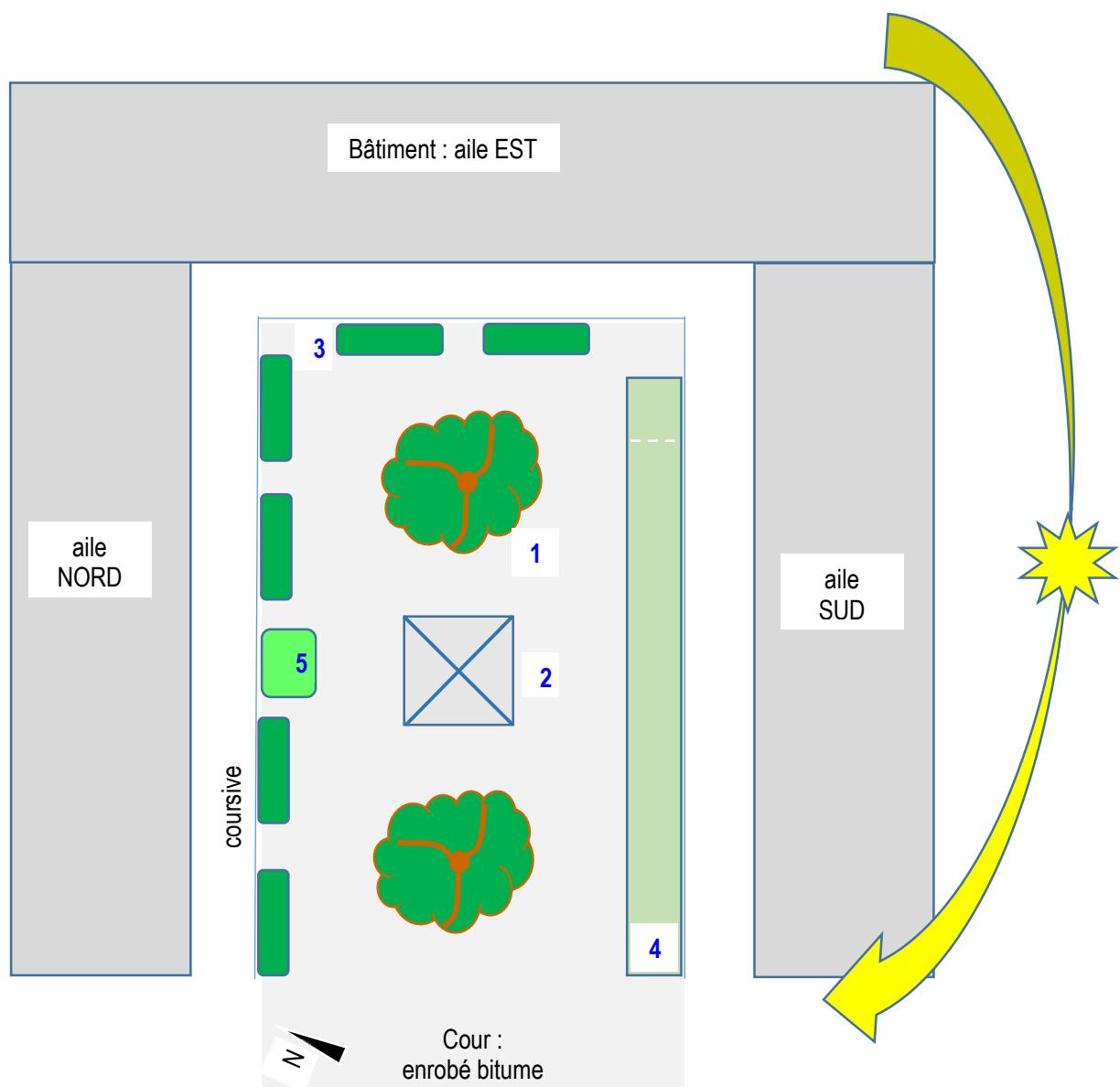
- Protection solaire des cours extérieures**

Arbres et arbustes	Fonctionnalité protection solaire	Agrément	Robustesse	Intérêt biodiversité	Compatibilité entretien	Observations
Manguier	Forte	Faible	Forte	Moyen	Moyenne (élagage) à faible (nettoyage des fruits + rongeurs)	A déconseiller en raison du risque sanitaire lié aux rongeurs en saison
Raisinier	Forte	Moyen	Forte	Moyen	Forte	Plutôt compatible en région côtière Hauteur max : 8-10m
Amandier	Forte	Faible	Forte	Moyen	Faible (feuilles)	NOMBREUSES FEUILLES À RAMASSER
Calebassier	Moyenne	Moyen	Forte	Moyen	Forte	Hauteur : 3-8m
Ylang Ylang	Moyenne	Bon (parfum)	Forte	Fort	Forte	Hauteur : 25-30m
Arbre ombrelle	Moyenne	Faible (plante toxique)	Forte	Moyen	Forte	Croissance ralenti en zone sèche
Frangipanier	Moyenne	Bon	Forte	Moyen	Moyenne (chenilles « rasta »)	Attre les chenilles « rasta »
Chacha	Forte	Bon	Forte	Fort	Perte feuilles en période sèche	Compatible bords de mer
Peltophorum pterocarpum	Moyenne	Floraison jaune	Forte	Moyen	Perte feuilles	Hauteur : 15-25m
Flamboyant	Forte	Bon	Forte	Moyen	Forte	Hauteur : 15-20m
Courbaril	Forte	Bon	Forte	Moyen	Forte	Hauteur : 25-30m
Tamarinier	Forte	Bon	Forte	Moyen	Forte	Hauteur max : 25m
Gliricidia	Forte	Bon (fleurs)	Forte	Moyen	Forte	Croissance rapide
Accacia langue de femme	Forte	Bon	Forte	Fort	Forte	Hauteur max : 30m

Idées de végétalisation des écoles

Typologie en U

Aménagements végétalisés (ordre prioritaire)	
1	Arbre(s) à feuilles (raisinier ...)
2	Carbet 3 x 3 m ou kiosque
3	Bacs plantés
4	Piste en gazon synthétique 2 x 30 m
5	Carré jardin



Réf doc. EQUINOXE (LS+VV)	FICHE ACTION EFFICACITE ENERGETIQUE ISOLATION THERMIQUE DES TOITURES	Cadre : Programme OMBREE (études) PLAN ECOLES TROPICALES DURABLES
Janvier 2025		

1. Constats, contextes et enjeux

La qualité thermique des bâtiments des **écoles primaires publiques** de Guadeloupe et de Martinique est globalement insuffisante sur les bâtiments existants, notamment sur les typologies de constructions anciennes, antérieures aux réglementations thermiques (RTG et RTM).

En particulier, l'isolation thermique des toitures est rarement présente. Elle s'avère pourtant indispensable pour assurer le confort thermique des espaces, qu'ils soient traités en ventilation naturelle ou climatisés.

En climat tropical, l'essentiel des apports de chaleur provient des toitures, l'isolation thermique des toitures est donc un pilier de toute construction soucieuse du confort de ses occupants et de la maîtrise de ses consommations d'énergie.

2. Descriptif succinct de l'action

L'action consiste à **programmer et réaliser des travaux d'isolation thermique des toitures** donnant directement sur des espaces occupés (salles de classe, bureaux, salles polyvalentes, salles de sieste, ...).

3. Objectifs et cibles

Toutes les écoles publiques primaires de Guadeloupe et Martinique sont concernées par l'action, soit **492 sites**. Fin 2024, on estime à moins de 30 % les bâtiments disposant d'une isolation thermique en toiture (10 % selon les résultats de notre sondage).

Considérant que les écoles publiques sont implantées en moyenne sur 1 à 2 niveaux, que chaque école comporte en moyenne **5 à 10** salles de 50 m² concernées par l'action, soit 250 à 500 m² par site : la cible est estimée unitairement à **250 m²** (surface de toiture moyenne par site) :

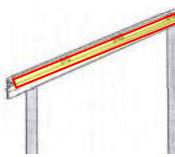
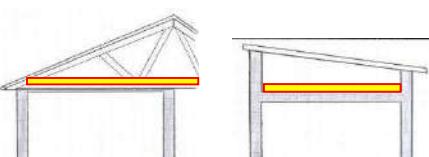
Cible : écoles publiques élémentaires	Guadeloupe	Martinique
Nombre d'élèves (source : rectorat 2024)	40 838 écoliers (secteur public et privé sous contrat)	28 000 écoliers (secteur public)
Nombre d'établissements	285	207
Surface globale estimée des toitures	71 000 m ²	52 000 m ²
Surfaces potentielles à isoler (ordre de grandeur)	50 000 m²	36 000 m²
Programmation pluriannuelle sur 10 ans : travaux d'isolation à programmer chaque année	environ 5000 m ² /an sur 20 à 30 sites	environ 3600 m ² /an sur 20 à 25 sites
Nb de communes	32 (hors îles du nord)	34

Les services techniques de chaque commune (66 services techniques) sont les maîtres d'ouvrage de l'action.

Les bénéficiaires sont les occupants (élèves, enseignants, agents communaux) de l'ensemble des bâtiments de la cible, soit un effectif estimé de l'ordre de **100 000 personnes sur la zone Antilles**.

4. Descriptif détaillé et étapes clés

S'agissant de travaux touchant le gros œuvre des bâtiments concernés, les travaux d'isolation des toitures doivent être programmés sur le moyen terme afin de coincider avec les travaux de rénovation des couvertures des toitures. On distingue, pour l'essentiel 3 typologies de toitures dans la cible :

Type de toiture	Toiture rampante	Comble perdu (charpente industrielle ou dalle anticyclonique)	Dalle-terrasse		
Schéma					
Action détaillée	TRAVAUX DE REFECTON DES TOITURES				
	Remplacement couverture tôle, <u>isolation thermique</u>	Remplacement couverture tôle, <u>isolation thermique</u>	Remplacement étanchéité, <u>isolation thermique</u>		
Site occupé	Pas possible en site occupé	Possible en site occupé (sous réserves)			
Prescriptions techniques	Couleurs extérieures de teintes claires • Résistance thermique visée : 1,5 m ² .K/W Facteur solaire visé : S ≤ 3 % (niveau réglementaire résidentiel) S ≤ 2 % (niveau Ecodom Plus)				
Solutions types	Panneaux d'isolation insensibles à l'humidité ou protégés par un pare-pluie ou pare-vapeur Epaisseurs minimales : 5 cm (couleurs de toiture claires)				

Etapes clés de l'action :

- 1) Programmation des investissements et sollicitation des aides
- 2) Lancement des consultations de travaux
- 3) Réalisation et suivi des travaux

Facteurs de réussite : mutualisation des appels d'offre pour toutes les toitures par commune.

5. Moyens humains à déployer

Outre les responsables techniques et agents des communes en charge de la passation des marchés publics, l'action devrait pouvoir mobiliser une structure de coordination et de pilotage dans chacun des territoires.

Ces structures devront avoir les moyens humains et techniques pour assurer le suivi et le contrôle des travaux effectués, en particulier sur les points sensibles suivants :

- choix des matériaux d'isolation
- mise en œuvre conforme aux règles de l'art, présence de pare-vapeur le cas échéant
- contrôles des métrés d'isolation
- respect des conditions de sécurité travaux en hauteur
- minimisation des nuisances de chantier
- tri et valorisation des déchets de chantier (démolition)

6. Budget prévisionnel, aides mobilisables

Les budgets indicatifs de l'action sont estimés comme suit (tarif 2025).

Type de toiture	Toiture rampante	Comble perdu (charpente industrielle ou dalle anticyclonique)	Dalle-terrasse
Schéma			
Action détaillée	TRAVAUX DE REFECTON DES TOITURES		
Poste isolation thermique seul	Remplacement couverture tôle, <u>isolation thermique</u>	Remplacement couverture tôle, <u>isolation thermique</u>	Remplacement étanchéité, <u>isolation thermique</u>
	Fourniture et pose isolant thermique R 1.5 m ² K/W sur faux-plafond rampant existant : 20 à 30 €/m²	Fourniture et pose isolant thermique R 1.5 m ² K/W en comble perdu : 20 à 25 €/m²	Fourniture et pose isolant thermique R 1.5 m ² K/W sous étanchéité : 25 à 30 €/m²

Les **aides mobilisables** sont structurées en 3 catégories, hors aides des collectivités (Région Guadeloupe, Conseil Départemental de Guadeloupe et Collectivité Territoriale de Martinique).

1. Aides du cadre de compensation ZNI, période 2025-2028

Forme	Prime versée aux opérateurs conventionnés réalisant les travaux	Réf. : publication CRE 2024-237 + annexes
Cadre	Cadre de compensation (CRE) + partenaires EDF AGIR PLUS	
Montant de l'aide	Isolation de toiture : 20 à 35 € /m² en Guadeloupe Isolation de toiture : 25 à 40 € /m² en Martinique	

2. Aides du fond vert, dédié pour les communes

Forme	Subvention Etat	
Cadre	Idéalement dans le cadre d'une action mutualisée par commune, englobant un pack de travaux pour la cible considérée	
Montant de l'aide	A évaluer au cas par cas	

3. Subvention européenne (FEDER)

Forme	Subvention Européenne (FEDER)	Réf. DOMO FEDER 2024-2028
Cadre	Idéalement dans le cadre d'un AMI par territoire englobant un pack de travaux pour la cible considérée	
Montant de l'aide	Plafond : 85 % des dépenses éligibles pour les collectivités	

Ces ratios de budgets indicatifs concernent les coûts directs de l'action.

On observe que les aides du cadre de compensation financent en totalité le poste isolation thermique, auquel il convient d'ajouter les coûts de remplacement des couvertures ou des étanchéités.

Enfin, les coûts de pilotage et de mutualisation de l'action auprès des multiples maîtres d'ouvrages (services techniques des communes) sont à ajouter.

7. Indicateurs d'impacts

On présente ci-dessous une série d'indicateurs d'impacts techniques de l'action envisagée :

Guadeloupe	Valeurs datées + source
Nombre d'écoles élémentaires publiques recensées	285 - Rectorat (2024)
% indicatif moyen des toitures isolées dans la cible	30 % : valeur à consolider
Surfaces de toitures isolées à programmer	50 000 m ²
Surfaces de toitures isolées réalisées	xx m ² (à renseigner chaque année)
% du gisement restant	x % (cumul à renseigner chaque année)
	1250 k€

Martinique	Valeurs datées + source
Nombre d'écoles élémentaires publiques recensées	217 - Rectorat (2024)
% indicatif moyen des toitures isolées dans la cible	30 % : valeur à consolider
Surfaces de toitures isolées à programmer	36 000 m ²
Surfaces de toitures isolées réalisées	xx m ² (à renseigner chaque année)
% du gisement restant	x % (cumul à renseigner chaque année)
Investissement total de l'action (poste isolation seul ; base 25 €/m ²)	900 k€

Globalement, le budget à programmer de l'action est estimé à **2,15 M€** sur un programme pluriannuel.

Réf doc. EQUINOXE (LS+VV)	FICHE ACTION EFFICACITE ENERGETIQUE GENERALISATION DES BRASSEURS D'AIR DANS LES SALLES DE CLASSE	Cadre : Programme OMBREE PLAN ECOLES TROPICALES DURABLES
Janvier 2025		

1. Constats, contextes et enjeux

La présence de brasseurs d'air dans l'ensemble des salles de classe n'est pas encore généralisée à toutes les **écoles primaires publiques** de Guadeloupe et de Martinique. Le brasseur d'air est un outil indispensable pour assurer ou améliorer le confort thermique des espaces situés en climat tropical.

2. Descriptif succinct de l'action

Cette action a pour but de **déployer les brasseurs d'air plafonniers dans tous les espaces occupés** des écoles (salles de classe, bureaux, réfectoires, salles de sieste, ...).

3. Objectifs et cibles

Le nombre d'écoles de Guadeloupe et de Martinique nécessitant l'installation de brasseurs d'air n'est pas connu actuellement. D'après notre sondage sur le confort thermique des écoles, 57% des participants déclarent ne pas disposer de brasseurs d'air dans les salles de classe, ou alors dans certaines d'entre elles seulement.

Cette action doit faire l'objet préalable d'un recensement des écoles concernées par cette problématique afin d'identifier les cibles et de préciser le budget prévisionnel de l'action

4. Descriptif détaillé et étapes clés

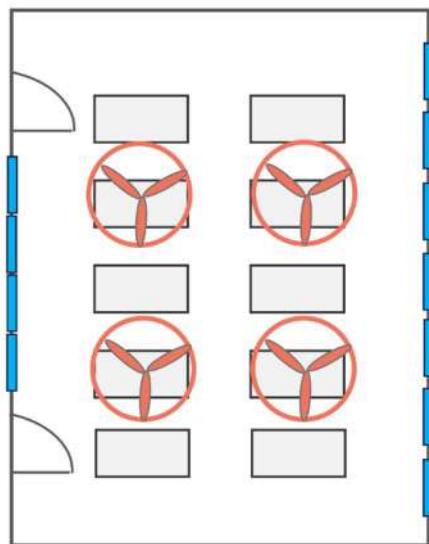
Les travaux relatifs à l'installation de brasseurs d'air plafonniers peuvent générer des nuisances acoustiques liées aux percements, ou à la modification des faux-plafonds le cas échéant. Il est préférable de réaliser ces travaux durant les périodes de vacances scolaires pour ne pas perturber le bon déroulement des activités scolaires.

Les principales étapes de l'action sont les suivantes :

Etape	Observations
Choix du matériel	Sélectionner des appareils de marque reconnue, disposant d'un marquage CE et de références d'installations en climat tropical
Identifier l'emplacement optimal des brasseurs d'air	Tenir compte de la zone d'occupation et de l'emplacement des luminaires et éventuels obstacles
Définir le support d'ancrage approprié selon la configuration de la salle	En présence de faux-plafond, le brasseur d'air doit être fixé sur des tiges filetées traversant le plenum pour s'ancrez sur les éléments structuraux du bâtiment

Hauteur sous pales : les tiges de suspension des appareils devront permettre une hauteur sous pales comprise entre 2,50 m et 2,80 m.

Implantations : Lorsque les brasseurs d'air ne disposent pas d'un luminaire intégré, prévoir la réalisation (en phase d'exécution) d'un plan de calepinage des luminaires incluant les brasseurs d'air, garantissant l'absence d'effet stroboscopique avec les luminaires, selon le schéma de principe ci-dessous (source : guide-brise.org).



Exemple de calepinage de brasseurs d'air plafonniers dans une salle de classe

Etapes clés de l'action :

- 1) Programmation des investissements et sollicitation des aides
- 2) Lancement des consultations de travaux
- 3) Réalisation et suivi des travaux

Facteurs de réussite : mutualisation des appels d'offre pour tous les brasseurs d'air par commune.

5. Moyens humains à déployer

Outre les responsables techniques et agents des communes en charge de la passation des marchés publics, l'action devrait pouvoir mobiliser une structure de coordination et de pilotage dans chacun des territoires.

Ces structures devront avoir les moyens humains et techniques pour assurer le suivi et le contrôle des travaux effectués, en particulier sur les points sensibles suivants :

- choix des brasseurs d'air
- mise en œuvre conforme aux règles de l'art
- réalisation d'autocontrôle des installations
- respect des conditions de sécurité travaux en hauteur
- minimisation des nuisances de chantier
- tri et valorisation des déchets de chantier

6. Budget prévisionnel, aides mobilisables

Le **ratio indicatif** pour la fourniture et la pose de brasseur d'air est d'environ **200 €/ brasseur d'air**.

L'aide la plus appropriée pour cette action est celle du **cadre de compensation ZNI**, période 2025-2028

Forme	Prime versée aux opérateurs conventionnés réalisant les travaux	Réf. : publication
Cadre	Cadre de compensation (CRE) + partenaires EDF AGIR PLUS	
Montant de l'aide	Fourniture et pose de brasseur d'air : 120 €/ brasseur d'air en Guadeloupe et Martinique	CRE 2024-237 + annexes

Réf doc. EQUINOXE (LS+VV)	FICHE ACTION EFFICACITE ENERGETIQUE	Cadre : Programme OMBREE
Janvier 2025	REPLACEMENT DES MENUISERIES VETUSTES	PLAN ECOLES TROPICALES DURABLES

1. Constats, contextes et enjeux

De nombreuses écoles primaires publiques de Guadeloupe et de Martinique présentent des menuiseries vétustes ou défectueuses. Cette vétusté entraîne des difficultés, voire une impossibilité, à actionner le mécanisme d'ouverture des menuiseries. En conséquence, celles-ci sont maintenues en position fermée, entravant la ventilation naturelle des salles de classe, et donc le confort thermique des élèves et des enseignants.

2. Descriptif succinct de l'action

L'action vise à programmer et réaliser des travaux de remplacement des menuiseries vétustes des salles de classe des écoles primaires de Guadeloupe et de Martinique.

3. Objectifs et cibles

Il n'est pas possible d'estimer le nombre d'écoles disposant de menuiseries vétustes en Guadeloupe et Martinique. Cette action doit faire l'objet préalable d'un recensement des écoles concernées par cette problématique afin d'identifier les cibles et de préciser le budget prévisionnel de l'action.

4. Descriptif détaillé et étapes clés

Cette action concerne le gros œuvre du bâtiment, il s'agit de travaux lourds qui ne peuvent être réalisés en site occupé. Les travaux doivent donc être effectués durant les périodes de vacances scolaires.

Les travaux s'effectuent en deux phases : dépose des menuiseries vétustes existantes, et pose des nouvelles menuiseries. Les menuiseries préconisées sont des jalousies ventilantes de type jalousies de sécurité.



Etapes clés de l'action :

- 1) Recensement des écoles disposant de menuiseries vétustes ou non ventilantes
- 2) Programmation des investissements et sollicitation des aides
- 3) Lancement des consultations de travaux
- 4) Réalisation et suivi des travaux

Facteurs de réussite : mutualisation des appels d'offre pour toutes les écoles par commune.

5. Moyens humains à déployer

Outre les responsables techniques et agents des communes en charge de la passation des marchés publics, l'action devrait pouvoir mobiliser une structure de coordination et de pilotage dans chacun des territoires.

Ces structures devront avoir les moyens humains et techniques pour assurer le suivi et le contrôle des travaux effectués, en particulier sur les points sensibles suivants :

- choix des menuiseries
- mise en œuvre conforme aux règles de l'art
- contrôles des surfaces de baies remplacées
- respect des conditions de sécurité travaux en hauteur
- minimisation des nuisances de chantier
- tri et valorisation des déchets de chantier

6. Budget prévisionnel, aides mobilisables

Voici quelques **ratios indicatifs** des tarifs 2025 :

Action	Ratio
Dépose de menuiserie existante	75 €/unité
Reprise de tableau	45 €/ml
Fourniture de jalousie	300 €/m ² à 400 €/m ²

Les **aides mobilisables** sont de 2 niveaux, hors aides des collectivités (Région Guadeloupe, Conseil Départemental de Guadeloupe et Collectivité Territoriale de Martinique).

1. Aides du fond vert, dédié pour les communes

Forme	Subvention Etat	
Cadre	Idéalement dans le cadre d'une action mutualisée par commune, englobant un pack de travaux pour la cible considérée	
Montant de l'aide	A évaluer au cas par cas	

2. Subvention européenne (FEDER)

Forme	Subvention Européenne (FEDER)	Réf. DOMO FEDER 2024-2028
Cadre	Idéalement dans le cadre d'un AMI par territoire englobant un pack de travaux pour la cible considérée	
Montant de l'aide	Plafond : 85 % des dépenses éligibles pour les collectivités	

Réf doc. EQUINOXE (LS+FH)	FICHE ACTION EFFICACITE ENERGETIQUE	Cadre : Programme OMBREE
Janvier 2025	VÉGÉTALISATION DES ÉCOLES	PLAN ECOLES TROPICALES DURABLES

1. Constats, contextes et enjeux

De nombreuses écoles primaires publiques de Guadeloupe et de Martinique se trouvent dans des environnements fortement minéralisés. Ce type de matériaux (sable, enrobé, sol caoutchouc) accumule la chaleur et la restitue tout au long de la journée, participant ainsi fortement à l'inconfort thermique.

2. Descriptif succinct de l'action

L'action consiste à **augmenter le niveau de végétalisation des cours de récréation et des abords des bâtiments**. Dans la bande de 0 à 3 mètres par rapport au droit de la façade d'un bâtiment, il est privilégié la pose d'une végétation dite basse, pour limiter les apports solaires, engendrer des mécanismes d'évapotranspiration et réduire l'albédo. Passé les 3 mètres, la plantation d'arbres à feuillage dense permettra de créer un masque qui protège la façade du rayonnement solaire direct et diminue les apports de chaleur dans le bâtiment.

3. Objectifs et cibles

De manière générale, les écoles de Guadeloupe et Martinique situées en milieu urbain sont davantage concernées par cette action que celles situées en milieu rural. Une observation rapide des images aériennes récentes permettra d'identifier les cibles prioritaires. D'après notre sondage sur le confort thermique des écoles, 59% des participants déclarent avoir une cour bétonnée ou bitumée en grande partie.

4. Descriptif détaillé et étapes clés

Si la plantation d'espèces végétales ne cause pas ou peu de nuisances en soi, les éventuels travaux préparatifs peuvent générer des nuisances sonores liées à l'enlèvement du sol minéral le cas échéant (marteau-piqueur voire pelleteuse). Il est préférable de réaliser ces travaux durant les périodes de vacances scolaires pour ne pas perturber le bon déroulement des activités scolaires.



Végétalisation réussie d'un espace de récréation

Etapes clés de l'action :

- 1) Programmation des investissements et sollicitation des aides
- 2) Identification des espèces végétales à planter selon leur emplacement
- 3) Lancement des consultations de paysagistes
- 4) Réalisation et suivi des travaux

Facteur de réussite : mutualisation des appels d'offre pour toutes les écoles par commune.

5. Moyens humains à déployer

Outre les responsables des espaces verts des communes en charge de la passation des marchés publics, l'action devrait pouvoir mobiliser une structure de coordination et de pilotage dans chacun des territoires.

Ces structures devront avoir les moyens humains et techniques pour assurer le suivi et le contrôle des travaux effectués, en particulier sur les points sensibles suivants :

- choix des espèces végétales
- mise en œuvre prenant en compte l'orientation des bâtiments et la course du soleil
- minimisation des nuisances de chantier
- tri et valorisation des déchets de chantier
- entretien régulier de ces nouveaux espaces verts

6. Budget prévisionnel, aides mobilisables

Il est difficile de donner des coûts indicatifs car ceux-ci seront propres à chaque projet.

Les **aides mobilisables** sont de 2 niveaux, hors aides des collectivités (Région Guadeloupe, Conseil Départemental de Guadeloupe et Collectivité Territoriale de Martinique). Le coût total du projet doit être supérieur à 50 000 € pour pouvoir bénéficier de la subvention FEDER.

1. Aides du fond vert, dédié pour les communes

Forme	Subvention Etat
Cadre	Idéalement dans le cadre d'une action mutualisée par commune, englobant un pack de travaux pour la cible considérée
Montant de l'aide	A évaluer au cas par cas, dans la limite de 80% du financement total

https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/documents/Cahier%20accompagnement_Axe2_Renaturation.pdf

2. Subvention européenne (FEDER)

Forme	Subvention Européenne (77 M€ pour favoriser l'adaptation au changement climatique)	Réf. DOMO
Cadre	Idéalement dans le cadre d'un AMI par territoire englobant un pack de travaux pour la cible considérée	FEDER
Montant de l'aide	Plafond : 85 % des dépenses éligibles pour les collectivités	2021-2027 TA2.2.7.1

Contact : Direction FEDER Guadeloupe : projets-feder-fse@regionguadeloupe.fr - 0590 99 28 28

https://www.europe-guadeloupe.fr/wp-content/uploads/2024/12/VF-DOMO-1_FEDERFSE_V5.pdf

Réf doc. EQUINOXE (LS+FH)	FICHE ACTION EFFICACITE ENERGETIQUE PROTECTION SOLAIRE DES FAÇADES	Cadre : Programme OMBREE PLAN ECOLES TROPICALES DURABLES
Janvier 2025		

1. Constats, contextes et enjeux

De nombreuses écoles primaires publiques de Guadeloupe et de Martinique présentent des façades exposées directement au rayonnement solaire. De ce fait, les murs en béton accumulent la chaleur et la restituent tout au long de la journée et les menuiseries transparentes laissent passer l'essentiel du rayonnement ce qui dégrade davantage le confort thermique des élèves et des enseignants. Le rayonnement réfléchi par les abords bétonnés des bâtiments constitue des apports moindres mais non négligeables.

2. Descriptif succinct de l'action

L'action vise à programmer et réaliser des travaux d'amélioration des protections solaires des façades. En particulier, pour les menuiseries des façades exposées au Sud, les protections de type auvents ou brise-soleils avançant sur la façade sont à privilégier car le soleil est haut dans le ciel. En façade Est et Ouest, le soleil est rasant donc les protections recouvrantes sont à privilégier.

3. Objectifs et cibles

D'après notre sondage sur le confort thermique des écoles, 81% des participants déclarent ne pas avoir de protections solaires sur leurs fenêtres. Cette action doit faire l'objet préalable d'un recensement car les écoles ne sont pas concernées par cette problématique de la même façon selon leur architecture. Dans beaucoup de cas, les coursives assurent correctement cette fonction de protection solaire. Le recensement permettra de préciser le budget prévisionnel de l'action.

4. Descriptif détaillé et étapes clés

Les dispositifs de protection solaire peuvent prendre plusieurs formes : débords de toiture, casquettes, stores extérieurs projetés, brises-soleil... La mise en œuvre de ces dispositifs implique généralement des travaux bruyants qui ne peuvent être effectués en site occupé. Pour le rayonnement réfléchi aux abords des bâtiments, la solution peut prendre la forme de voiles d'ombrage ou de végétalisation (voir fiche action dédiée).



Brises-soleil horizontaux



Brises-soleil verticaux



Débord de toiture et végétalisation

Etapes clés de l'action :

- 1) Recensement des écoles dont les façades sont les plus exposées
- 2) Identification des solutions les plus adaptées pour chaque façade de chaque bâtiment
- 3) Programmation des investissements et sollicitation des aides
- 4) Lancement des consultations de travaux
- 5) Réalisation et suivi des travaux

Facteurs de réussite : personnalisation des protections solaires, mutualisation des appels d'offres pour toutes les écoles par commune.

5. Moyens humains à déployer

Outre les responsables techniques et agents des communes en charge de la passation des marchés publics, l'action devrait pouvoir mobiliser une structure de coordination et de pilotage dans chacun des territoires.

Ces structures devront avoir les moyens humains et techniques pour assurer le suivi et le contrôle des travaux effectués, en particulier sur les points sensibles suivants :

- contrôles des surfaces de menuiseries à protéger
- choix des protections solaires
- mise en œuvre conforme aux règles de l'art
- respect des conditions de sécurité travaux en hauteur le cas échéant
- tri et valorisation des déchets de chantier

6. Budget prévisionnel, aides mobilisables

Il est difficile de donner des coûts indicatifs car ceux-ci seront propres à chaque projet.

Les **aides du fond vert**, dédié pour les communes, sont mobilisables pour ce type de projet.

Les projets portant sur les écoles sont prioritaires. Pour être éligibles, ils doivent inclure un geste sur les équipements en plus de celui sur l'enveloppe du bâti.

Forme	Subvention Etat
Cadre	Idéalement dans le cadre d'une action mutualisée par commune, englobant un pack de travaux pour la cible considérée
Montant de l'aide	A évaluer au cas par cas, dans la limite de 80% du financement total

https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/documents/FV_Cahier_Axe1_R%C3%A9novation_v2.1.pdf