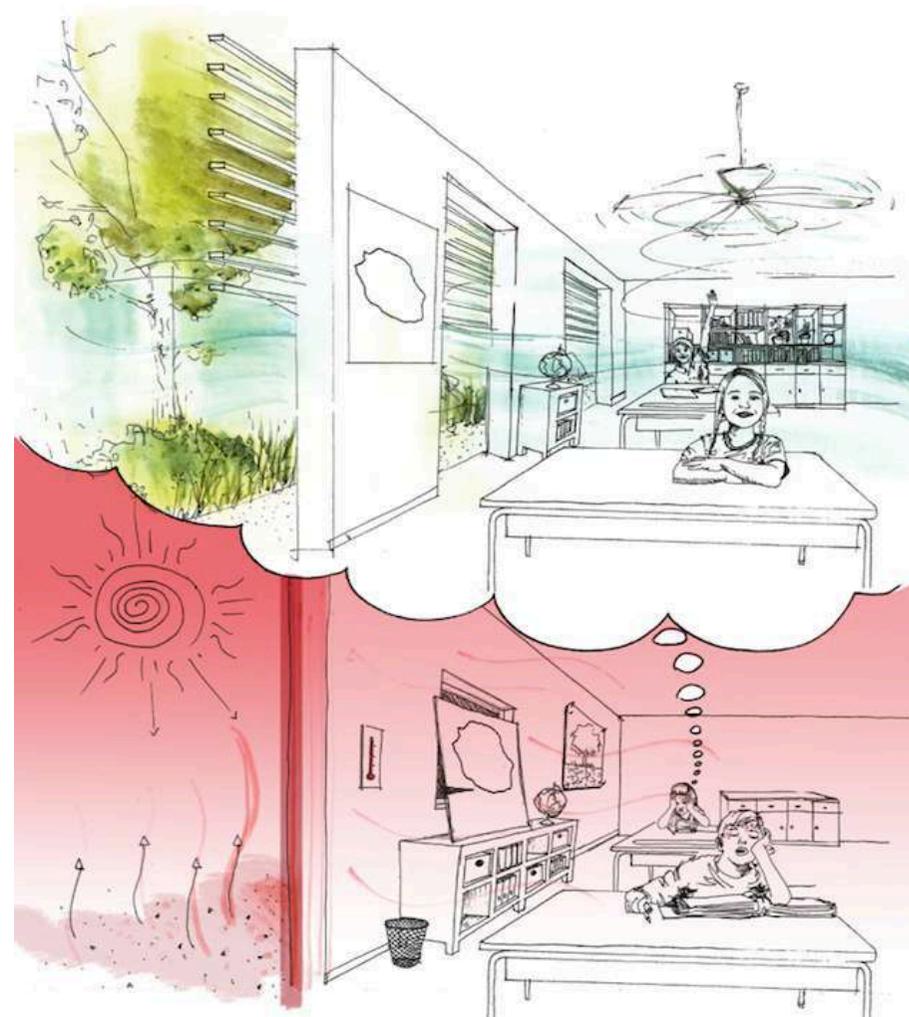


ETUDE CONFORT THERMIQUE DANS LES ECOLES

Littoral de l'île de la Réunion
2018-2019

Partie 3/4 - MESURE DE
L'INCONFORT THERMIQUE
Quelles sont les sources de chaleur ?

enviroBAT-Réunion



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

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

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

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



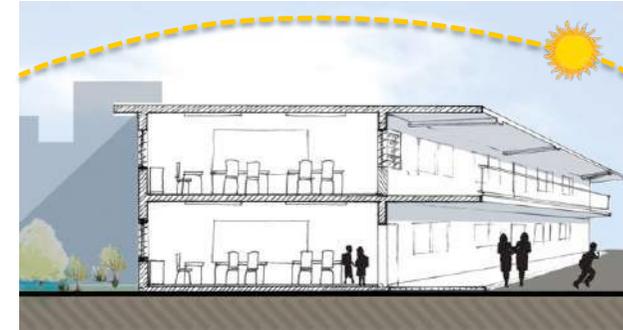
III. Mesure de l'inconfort thermique, quelles sont les sources de chaleur ?

Cette troisième partie du rapport décrit la méthodologie utilisée lors de cette étude et propose une lecture d'ensemble des sources d'inconfort dans nos établissements scolaires existants sur le littoral de l'île.

1. Méthodologie de l'étude	p.6
○ Analyse architecturale et paysagère	
○ Instrumentation des écoles	
○ Les usages et le ressenti	
2. L'inconfort thermique : les grands enseignements	p.11
A) Que retenir du parc scolaire bâti existant ?	
B) Les sources d'inconfort thermique dans les écoles	p.14
a) Les abords de l'école	
- Impact des matériaux par rapport aux rayonnements	
- Impact de la présence de végétation	
- Impact de la présence de zone d'ombrage	
b) Le bâti scolaire	p.20
- Impact des toitures non isolées	
- Impact de la composition des façades	
- Impact des protections scolaires	
- Impact des menuiseries extérieures	
- Impact des équipements des salles de classes	
C) Les usages	p.39
3. Les points positifs des écoles bioclimatiques	p.41

1. Méthodologie de l'étude

- Recherches bibliographiques¹ ;
- Acquisition d'appareils de mesure² ;
- Définition du processus d'intervention dans les écoles suivant 3 volets :
 - o Volet 1 :
 - **Analyse architecturale :**
 - Orientation du bâti ;
 - Composition des parois opaques verticales et horizontales ;
 - Disposition des baies et type de menuiseries extérieures ;
 - Equipements présents dans les classes ;
 - **Analyse paysagère :**
 - Matériaux composant la cour de récréation ;
 - Présence ou non de végétation, foisonnement et palette végétale.



¹ Cf. Annexe 1 – Synthèse bibliographique

² Cf. Annexe 2 – Description des appareils de mesure

○ Volet 2 :

▪ **Instrumentation des écoles :**

- Définition des zones stratégiques à instrumenter dans l'école ;
- Mesures de l'évolution des températures de l'air et de l'humidité relative à l'intérieur des salles de classe ;
- Mesures de l'évolution des températures de l'air et de l'humidité relative dans la cour de récréation (sous les coursives, sous les préaux, sous les arbres, dans la cour de récréation) ;
- Mesure des températures radiantes des matériaux constituant les cours de récréation ;
- Mesure de la Qualité de l'Air Intérieur (QAI) et du niveau acoustique dans des ambiances ventilées naturellement et climatisées.



○ Volet 3 :

▪ **Les usages et le ressenti :**

- Rédaction d'un questionnaire³ à destination des enseignants des classes instrumentées et des directions d'école ;
- Quels sont les usages réalisés pendant chaque journée de la semaine d'instrumentation pour favoriser le confort thermique dans la salle de classe ;
- Quel est le ressenti des enfants pendant chaque journée ?

- Validation des partenariats avec les collectivités pour permettre l'accès aux écoles :

- Visite de 14 écoles sur les différentes communes ;
- Définition avec les partenaires du périmètre d'étude : choix des écoles les plus pertinentes à étudier ;
- Définition des modalités d'interventions dans les écoles (personnes référentes, calendrier de la campagne de mesure, etc...);
- Capitalisation et analyse des informations nécessaires à la préparation de l'intervention dans les écoles (plans, descriptifs travaux, etc...);
- Définition des zones de prise de mesures pertinentes pour l'étude.



³ Cf. Annexe 3 – Questionnaires direction et enseignants

- Intervention dans les écoles pendant la saison chaude 2018/2019 :
 - Analyse architecturale ;
 - Analyse paysagère ;
 - Installation des capteurs, pour une durée de prise de mesures d'une semaine ;
 - Communication du questionnaire à renseigner pendant la semaine de prise de mesures aux enseignants et aux directions d'écoles;
 - Dépose des capteurs ;

Remarque : Les interventions dans trois des écoles ont fait l'objet d'un partenariat avec MEDIECO, bureau d'études et de conseil en ingénierie de santé dans le cadre bâti et urbain. Leur intervention avait pour objectif la précision de l'incidence de l'inconfort thermique sur la santé des enfants et du personnel encadrant et l'analyse de la Qualité de l'Air Intérieur dans les salles de classe ventilées naturellement et climatisées.

- Capitalisation et analyse des données :
 - Retranscription de l'analyse architecturale et paysagère sous forme de diagramme radar ;
 - Export des données mesurées avec un logiciel dédié ;
 - Analyse des données de chaque capteur pour trouver les sources d'inconfort :
 - Évolution de la température de l'air et de l'humidité relative sur 1 semaine ;
 - Comparaison des températures de rayonnements des matériaux constituant la cour de récréation ;
 - Analyse des questionnaires ;
 - **Synthèse des constats : définition des sources d'inconfort par école.**
- Rédaction d'un rapport d'étude détaillé pour 5 écoles⁴ :
 - Le rapport, volontairement anonymisé, synthétise :
 - Le contexte de l'étude ;
 - L'analyse architecturale et environnementale du bâtiment ;
 - L'analyse et l'interprétation des résultats pour l'ensemble de l'école et par salle de classe instrumentée.

⁴ Cf. Annexe 4 – Fiches d'analyse des écoles

- Définition des pistes de solutions pour le confort thermique :
 - Comparaison des conclusions issues de l'étude de chaque école ;
 - Identification des sources d'inconfort ;
 - Définition des points à traiter sur le bâti ;
 - Définition des points à traiter sur l'environnement ;
 - Un travail spécifique a été mené sur le rôle de la végétation dans le confort thermique :
 - Les multiples bienfaits de la végétation ;
 - Le choix des bonnes essences, la mise en place de strates végétales ;
 - Les moyens de préservation et de protection de la végétation.
 - Définition des points à traiter sur les usages ;
 - Mise en relation avec un économiste de la construction pour le chiffrage des préconisations pouvant favoriser le confort thermique par l'amélioration du bâti.

- Rédaction d'un rapport synthétisant l'ensemble de l'étude selon les axes suivants :
 - Le contexte local (climat tropical humide, le parc bâti scolaire existant) ;
 - La santé et le confort thermique des enfants ;
 - Les mesures d'inconfort thermique – définition des sources de chaleur ;
 - Les pistes de solutions pour un confort thermique sans incidence négative sur la santé.

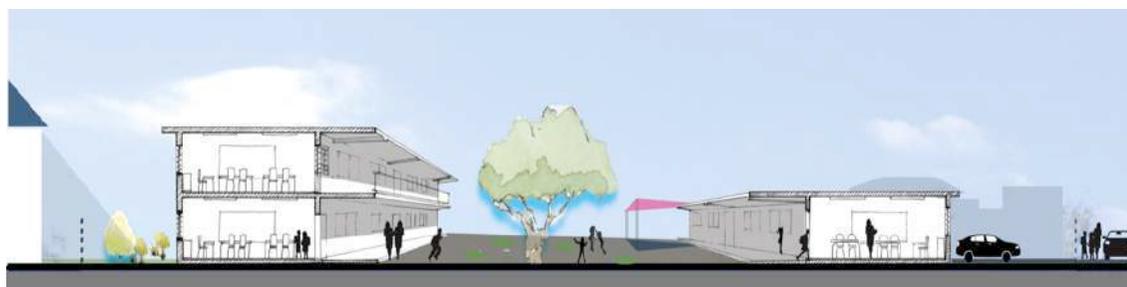
- Organisation des restitutions :
 - Deux restitutions sont prévues pour le grand public, les 28 et 29 octobre 2019 ;
 - Une restitution technique réalisée pour les collectivités partenaires ;
 - Préparation des supports de communication.

2. L'inconfort thermique : les grands enseignements

Les interventions dans les écoles ont permis de compiler des informations de natures diverses qui touchent tant l'environnement, que le bâti, les usages ou encore le ressenti des occupants.

Pour étudier le confort thermique dans ces établissements, seules les valeurs relevées pendant les périodes d'occupation de l'école par les enfants ont été retenues.

A. Que retenir du parc bâti scolaire existant ?



Le parc bâti scolaire existant est essentiellement constitué d'écoles construites, en béton, en R+1 ou en rez-de-chaussée dans les années 1970.

A la construction de ces écoles, les cours de récréation étaient plus ou moins végétalisés, une végétalisation qui a été remise en question au fil du temps pour diverses raisons, notamment pour des questions d'entretien, de risques de chutes d'enfants ou de branches, etc...

La ville s'est progressivement densifiée aux abords des écoles pour tendre vers la création d'îlot de chaleur.

Ilot de chaleur urbain:



Schématisme du phénomène d'îlot de chaleur urbain - Source ADEME

« À l'échelle de la ville, la surchauffe urbaine est un phénomène du climat local connu sous le nom « d'îlot de chaleur urbain ». Sa caractéristique la plus marquée en période estivale est la limitation de la fraîcheur nocturne par rapport aux zones rurales. »⁵

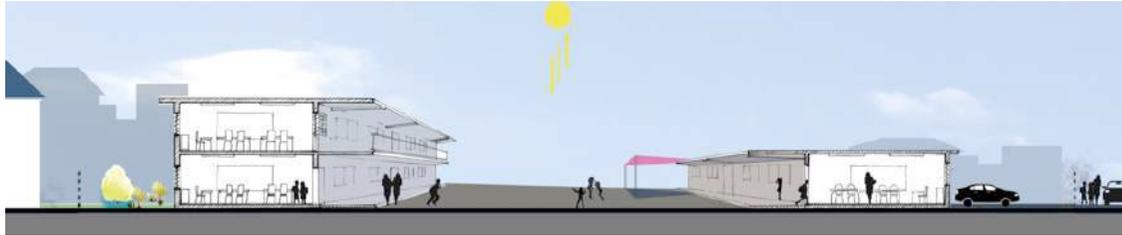
Dans le cadre de l'étude :

Les écoles des bas de l'île de La Réunion se situent essentiellement en milieu urbain, où il est possible de retrouver les incidences négatives de l'environnement bâti sur le confort thermique.

Parmi les écoles étudiées, il est possible de noter la présence d'écoles localisées dans les abords, dans des quartiers pavillonnaires ou dans les mi-pentes (aux alentours de 400 m d'altitude), où ces effets peuvent être atténués.

Dans le cadre de l'étude, que l'on se situe sur le littoral, ou sur les mi-pentes, les effets de la densification de la ville sur les différences de températures n'ont pas été significatifs. Il fait aussi chaud dans les salles de classes situées sur le littoral que sur les mi-pentes. A une échelle plus réduite, la cour de récréation principalement recouverte d'enrobée assurerait à elle seule un effet d'îlot de chaleur.

⁵ Source : *Diagnostic de la surchauffe urbaine - Méthodes et applications territoriales*, ADEME, 2017

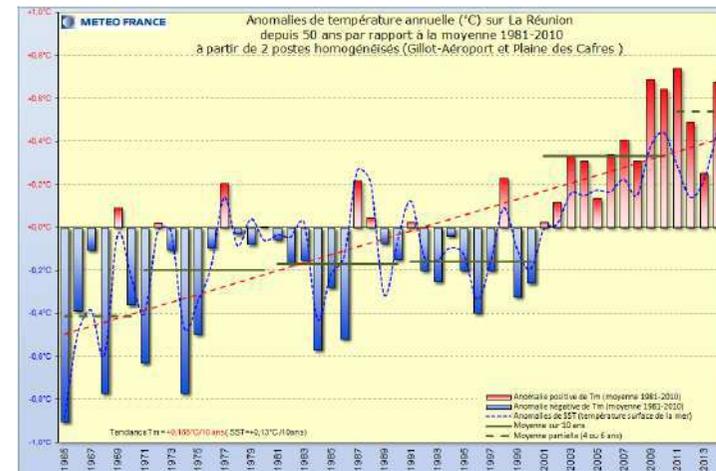


Au cours du temps, les abords des écoles ont continué à se minéraliser pour aboutir au milieu que nous connaissons aujourd'hui avec les cours de récréation essentiellement minéralisés, recouvertes d'enrobé.

A cela s'ajoute un contexte climatique, de plus en plus contraignant, qu'il est nécessaire de prendre en compte.

Météo France annonce un réchauffement global des températures sur le territoire :

« L'analyse des tendances révèle une **hausse significative des températures moyennes sur l'ensemble de ces postes de l'ordre de 0,15°C à 0,2°C par décennie (soit un peu moins de 1°C en un demi-siècle)** »⁶



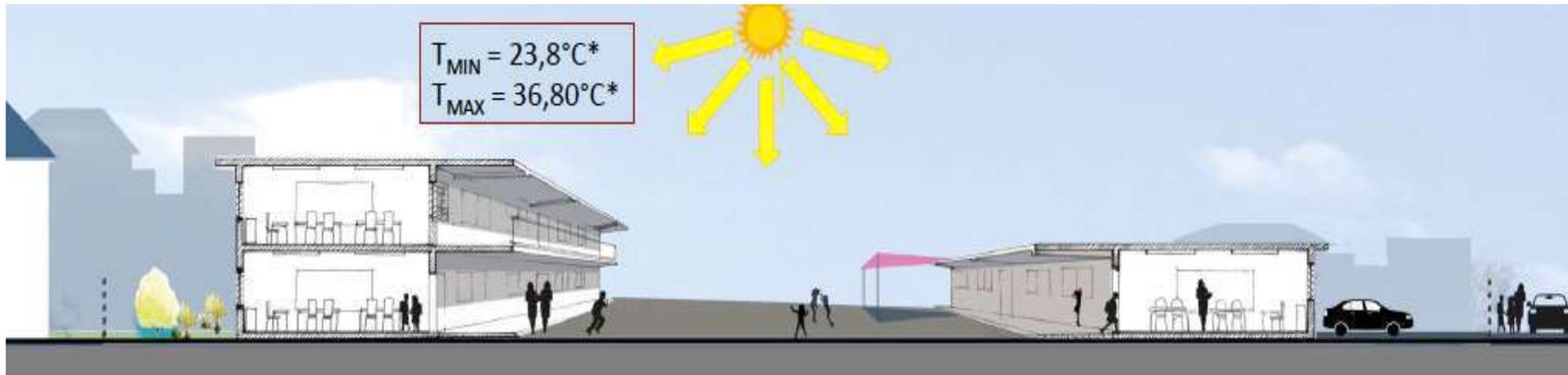
Évolution des températures moyennes par année à La Réunion - Source Météo France

⁶ Source Météo France

B. Les sources d'inconfort thermique dans les écoles

a. Les abords de l'école

Les valeurs présentées dans cette partie sont issues des campagnes de mesures réalisées dans les écoles pendant la saison chaude 2018/2019, sur le temps de présence des enfants dans les classes.



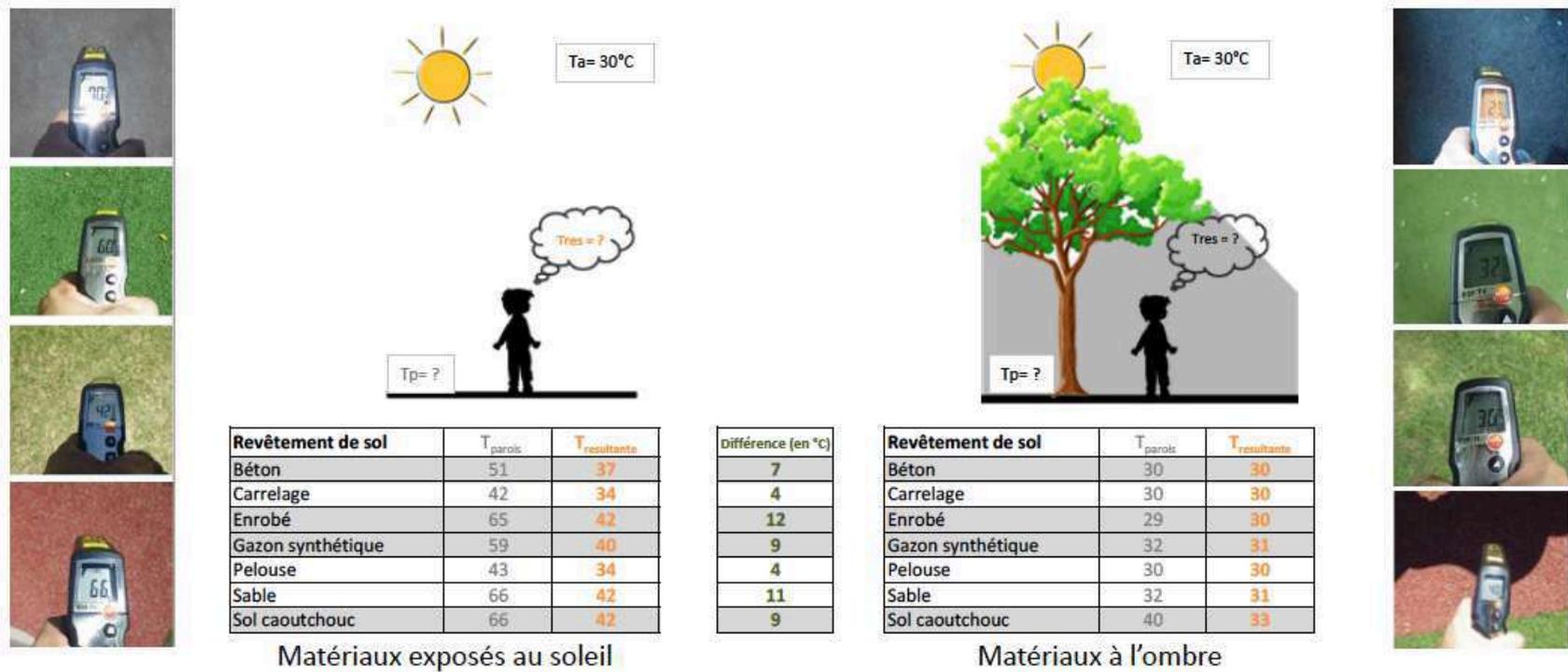
Les valeurs de températures de l'air dans les cours de récréation enrobées varient entre 23,8°C et 36,8°C.

Depuis le lever du soleil, les matériaux constituant les cours de récréation vont se réchauffer et par la suite restituer la chaleur emmagasinée, par rayonnement.

○ **Impact des matériaux dans le confort thermique**

En fonction des matériaux mis en œuvre dans la cour de récréation, la température de rayonnement varie.

Une palette des différents matériaux recensés dans les abords des écoles a été établie et l'évolution de leur température de surface en fonction de leur nature et de leur ensoleillement a été étudiée :



Hypothèse : ambiance extérieure équivalente à une pièce ventilée (Vitesse d'air 1m/s) :

$$T_{\text{res}} = 2/3 T_a + 1/3 T_{\text{rm}}$$

En fonction de son exposition au soleil, la variation de la température de surface d'un matériau peut être supérieure à 30°C. Il s'agit du cas de l'enrobé, matériau le plus fréquent dans les cours d'écoles.

De manière générale, les matériaux à l'ombre ont une température de rayonnement quasi-équivalente à celle de la température de l'air ambiant.

Un cas particulier est à noter concernant la terre végétale ombragée. La valeur de rayonnement la plus faible a été relevée sur de la terre végétale à l'ombre d'arbres. La valeur mesurée est inférieure de 10°C par rapport à tous autres matériaux.

En prenant en considération la formulation simplifiée du calcul de la température résultante pour une ambiance ventilée (vitesse d'air = 1m/s), la température de rayonnement des parois impacte à hauteur d'un tiers la valeur de la température ressentie.

Le choix des revêtements de sol dans les écoles et de la création de zones d'ombrage par la végétation ou autres dispositifs n'est alors pas anodin et pourrait apporter une partie de la réponse à la problématique de confort thermique dans les écoles.

○ Impact de la végétation dans le confort thermique

D'après les valeurs enregistrées dans les différentes écoles, il est possible d'affirmer que la présence de végétation a un impact positif sur la diminution de la température de l'air extérieur :



$\Delta T_{\text{air}}_{\text{cour enrobée/cour végétalisée}} \approx 3,5^{\circ}\text{C}$



$\Delta T_{\text{air}}_{\text{sous 1 arbre/cour enrobée}} \approx 2,2^{\circ}\text{C}$

Plus la surface environnante enrobée est importante, plus la différence de température diminue.



$\Delta T_{\text{air}}_{\text{sous plusieurs arbres/cour enrobée}} \approx 4,3^{\circ}\text{C}$

La température extérieure diminue quand la densité de la végétation augmente.

- Il est possible d'avoir un écart de température d'environ $3,5^{\circ}\text{C}$, entre la température de l'air d'une cour enrobée et d'une cour végétalisée,
- Il est possible d'avoir un écart de température d'environ $2,2^{\circ}\text{C}$, entre la température de l'air d'une cour enrobée et sous un arbre. Les différentes configurations de cours d'écoles ont permis de constater que plus la surface enrobée est importante autour de l'arbre, plus l'effet bénéfique de l'arbre pour le confort thermique s'amenuise,
- Il est possible d'avoir un écart de température d'environ $4,3^{\circ}\text{C}$, entre la température de l'air d'une cour enrobée et sous une canopée de plusieurs arbres. Plus la densité de la végétation augmente, plus l'espace concerné sera confortable.

Les bâtiments fonctionnant en ventilation naturelle peuvent bénéficier d'un apport en air neuf, provenant de l'extérieur, rafraîchi naturellement par la présence d'arbres.

○ **Impact des zones d'ombrage dans le confort thermique**

Plusieurs dispositifs créant des zones d'ombrage, autre que par le végétal, ont été constatés dans les écoles : les préaux et les toiles d'ombrage.



ΔT_{air} préau ventilé/cour enrobée \approx entre 1 et 2°C
moins chaud sous préau



ΔT_{air} préau « non ventilé »/cour enrobée \approx 0,7°C
plus chaud sous préau

Remarque



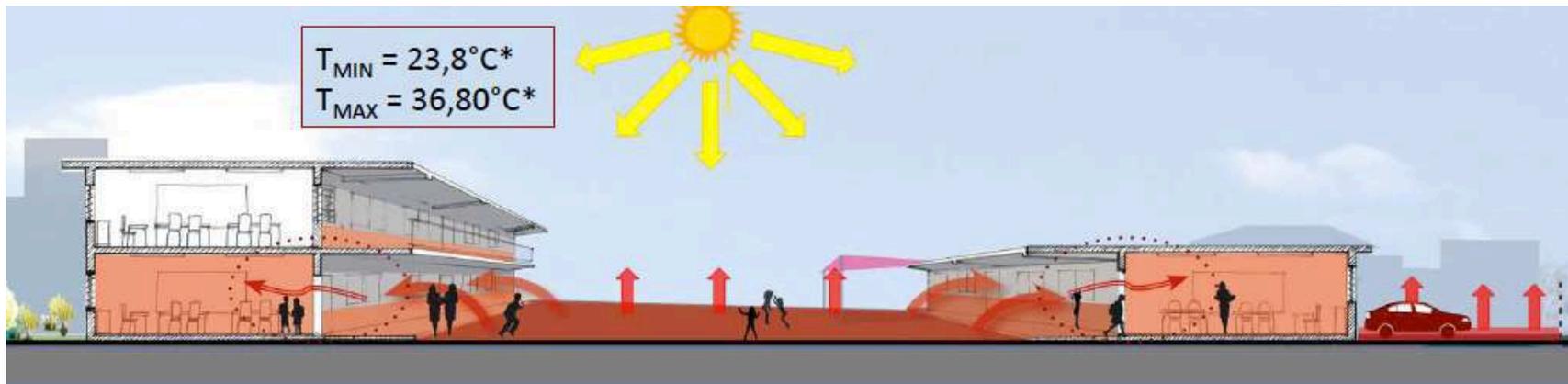
Toile tendue

Température de l'enrobé sous une toile tendue \approx 40°C (contre \approx 65°C au soleil et 30°C à l'ombre)

Il fait moins chaud sous un arbre que sous un préau !

- Il est possible d'avoir un écart de température variant entre 1 et 2°C, entre la température de l'air d'une cour enrobée et sous un préau correctement ventilé, Lorsque la ventilation du préau est limitée, il peut faire plus chaud sous le préau que dans la cour enrobée, par l'effet de rayonnement de la couverture en tôle.
- La présence de toile d'ombrage de qualité, permet d'abaisser la température d'un enrobé de 25°C en moyenne,
- Il fait moins chaud sous un arbre que sous un préau ou une toile d'ombrage.

La création de zones d'ombrage dans la cour de récréation limite le réchauffement de l'air dans l'enceinte de l'école et offre aux usagers un espace extérieur protégé des UV.



L'ensemble des éléments constituant l'environnement extérieur de l'école, essentiellement composé de surfaces minérales (cour de récréation, parkings à proximité ou directement accolés aux façades), concourent au réchauffement de l'air ambiant dans l'enceinte de l'école par rayonnement.

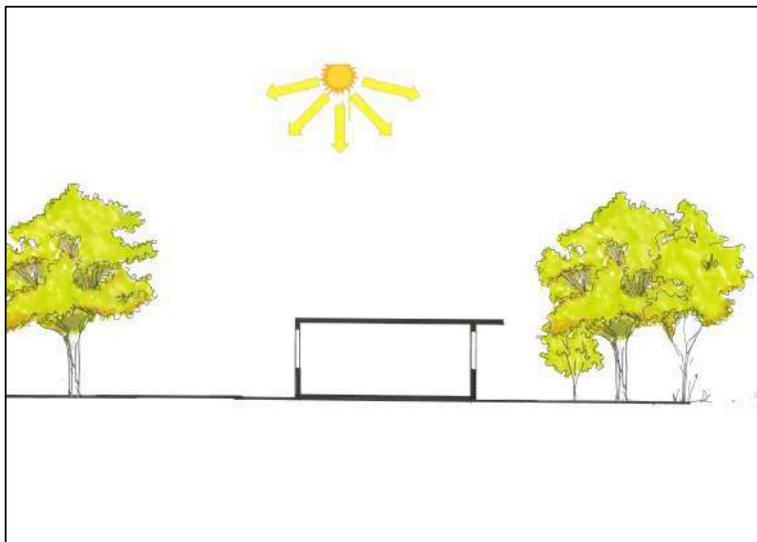
L'air réchauffé entre dans les salles de classe par le biais de la ventilation naturelle. Cela contribue à réchauffer la température ambiante à l'intérieur de la classe.

Cependant, le réchauffement de l'air ambiant intérieur n'est pas uniquement influencé par l'environnement du bâti.

L'orientation et la composition de l'enveloppe du bâtiment ont également leur rôle à jouer dans l'évolution des températures intérieures et donc la notion de confort thermique.

b. Le bâti scolaire

En parallèle de l'environnement proche des classes, la conception du bâti a un rôle prépondérant dans le confort thermique de ses occupants.



Salle de classe en béton en RDC, à proximité d'arbres.

Pendant une majeure partie de la journée les arbres présents ne suffisent pas à protéger le bâtiment des apports solaires.

Le traitement de l'enveloppe du bâtiment est indispensable pour assurer le confort thermique des usagers.

Les éléments constituant les bâtiments, ayant un impact direct sur le confort thermique sont les suivants :

- La composition des façades : les toitures et les parois verticales ;
- Les protections solaires des baies et des parois opaques ;
- Les menuiseries extérieures ;
- Les équipements des salles de classe ;

○ **Impact des toitures non isolées dans le confort thermique**

L'air extérieur réchauffé par la cour de récréation, qui entre dans la salle de classe, n'est pas le seul facteur de réchauffement de l'air intérieur.

Près de 70% des apports de chaleur par rayonnement se fait par la toiture. Or, la majorité du parc bâti scolaire ne dispose pas d'isolation ou de protection solaire en toiture.

Les toitures terrasses en béton :



Toiture terrasse non isolée
Température radiante de 38°C

$\Delta T_{\text{air.int. Classe RDC / int. Classe R+1}} \approx 0^\circ\text{C}$



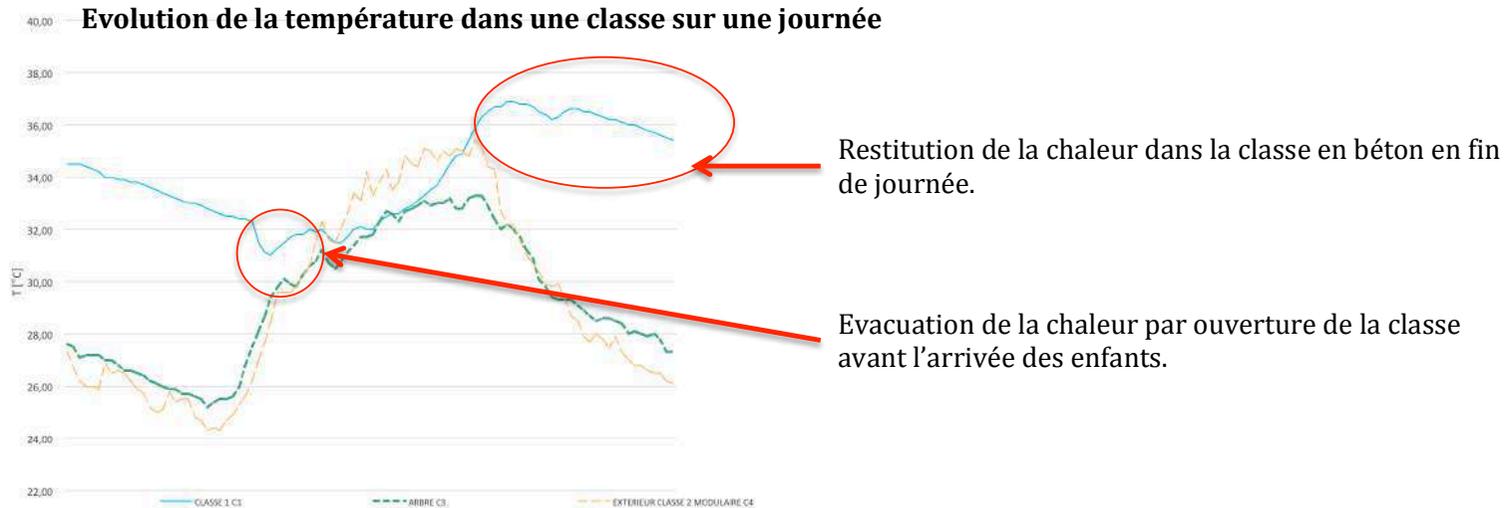
La toiture non isolée impacte autant le confort thermique dans les classes que la cour enrobée.

Il a été mesuré des températures de rayonnement en sous face des toitures terrasses pouvant atteindre 38°C en milieu de journée. La paroi émet de la chaleur par rayonnement et contribue au réchauffement de l'ambiance intérieure dans la classe.

Remarque :

- L'étage assure un tampon thermique pour la classe en RDC. Cette dernière n'est pas contrainte par les apports solaires en toiture. Cependant, la différence de température entre la salle du RDC et de l'étage est nulle. Cela est en partie lié au réchauffement de l'air par la cour de récréation minéralisée (enrobé). Chaque étage a alors ses sources d'apport de chaleur principales.

- L'effet d'inertie et de déphasage des toitures en béton non isolées ont permis de constater une augmentation importante de la température de l'air à l'intérieur de la salle de classe non ventilée en fin de journée. La décharge thermique de la classe pendant la nuit, ne pouvant se faire du fait de la fermeture systématique des menuiseries extérieures, n'a, cependant, pas d'incidence sur la température intérieure à l'arrivée des enfants le matin. Il est possible de constater qu'à l'ouverture de la salle de classe une quinzaine de minute avant le début des cours, la décharge thermique se fait de manière quasi instantanée dès lors que la ventilation naturelle de la pièce puisse se faire correctement.



Les toitures couvertes de tôles :

Toiture tôle non isolée



Toiture tôle isolée



Dans une même école, il a été possible de comparer l'évolution des températures d'air intérieur entre une salle isolée et une salle non isolée en toiture.

Il fait en moyenne 1,5°C moins chaud dans la salle de classe dotée d'une isolation de toiture.

$$\Delta T_{\text{air int classe isolée/int classe non isolée}} \approx 1,5^{\circ}\text{C}$$

La différence entre les températures maximales relevées est de 3,1°C moins chaud dans la salle de classe isolée.

Remarque :

Ces deux photos illustrent la toiture d'un même bâtiment.

La partie de la toiture protégée du rayonnement solaire par l'arbre a une température de surface en sous face de 31°C, avoisinant la température de l'air ambiant.

La partie de couverture directement exposée au rayonnement solaire est à une température de 42°C en sous face.



Protéger la toiture des rayonnements directs du soleil permet de diminuer la température de rayonnement en sous face de couverture de plusieurs degrés. Cet écart de température est de 10°C dans ce cas précis.

- **Impact des peintures réfléchissantes en toiture**

Une école a été instrumentée avant (en avril) et après (en juin) l'application d'une peinture réfléchissante de couleur claire en toiture.

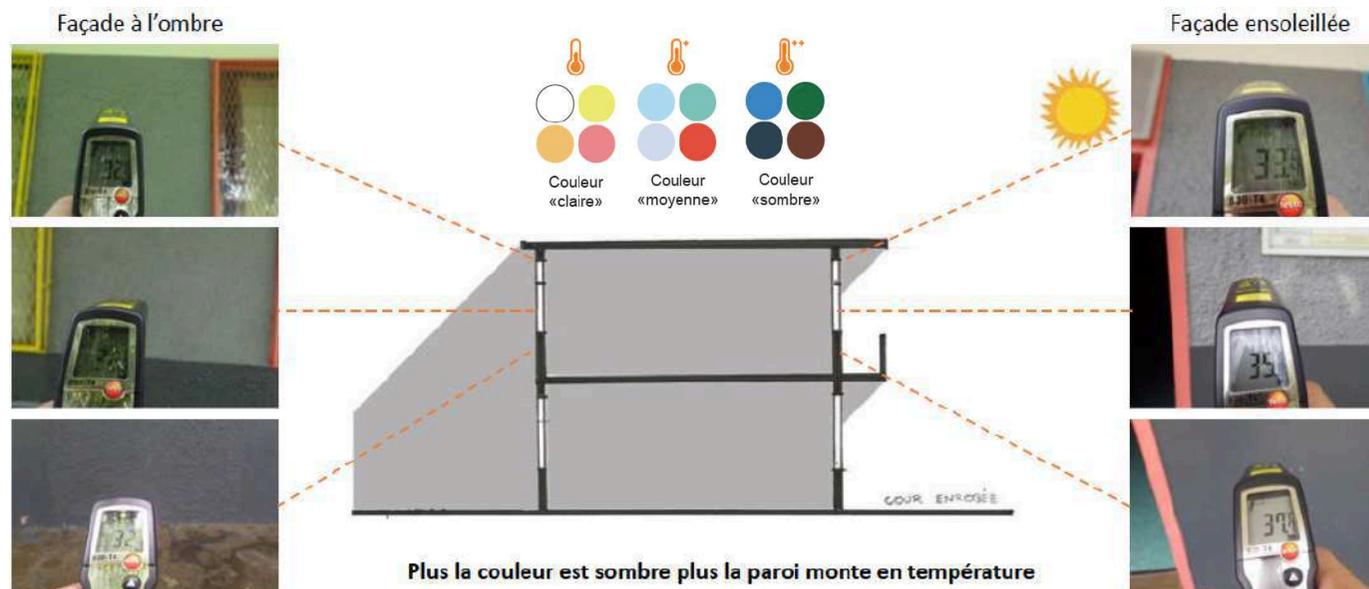
Lorsque les classes fonctionnent en ventilation naturelle, sur le temps de présence des enfants, il n'est pas possible de conclure sur les apports positifs de ces travaux. Il fait aussi chaud à l'intérieur qu'à l'extérieur de la classe.

Cependant, lorsque les classes sont fermées, les mercredis et les week-ends, une différence d'environ 1,6°C a été mesurée en moyenne entre l'intérieur et l'extérieur.

Une question peut tout de même être posée: Qu'en est-il de la chaleur réfléchi ? Quels sont les effets ?

○ Impact de la couleur des façades

La couleur choisie pour le revêtement de façade a une influence sur la température de la paroi.
Plus la couleur est sombre, que le coefficient d'absorption est élevé, plus la paroi monte en température.



Ces mesures au thermomètre infrarouge ont été prises sur une façade ombragée à gauche et une façade ensoleillée à droite.

Lorsque la façade est à l'ombre, le choix des couleurs n'a pas d'incidence. Les parties de la paroi en gris clair et gris foncé sont à la même température, avoisinant la température de l'air extérieur.

Lorsque la façade est ensoleillée, il y a une nette différence entre les zones de la paroi. Le gris foncé a pour conséquence une paroi plus chaude, à 37°C. Le gris clair a pour conséquence pour une paroi exposée au soleil d'avoir 35°C, soit 2°C de moins que la partie basse de couleur plus foncée. Le gris clair en façade protégée par le débord de toit est à 33°C.

Il est donc possible de constater qu'il y a un réel intérêt de privilégier des couleurs claires lorsqu'elles sont exposées aux rayonnements directs du soleil. Lorsque les façades sont protégées par des dispositifs adéquats, le choix de couleurs foncées n'a pas d'impact.

- **Impact des revêtements de façades**

Dans le cas des classes modulaires, les parois extérieures sont revêtues de tôle, en général de couleur claire.

Il a été constaté des températures de surface élevées à 61°C lorsque la façade est exposée au soleil.

Rapporté à l'ensemble de la surface de façades des classes concernées, cela peut représenter une source de production de chaleur considérable dans l'enceinte de l'école.



Température radiante d'une façade exposée d'un modulaire

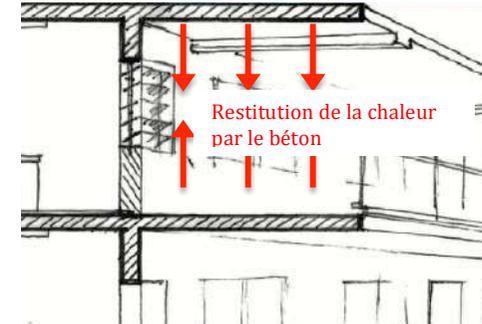
○ Impact des protections solaires dans le confort thermique

Les protections solaires, des bâtiments existants sont essentiellement constituées de débords de toitures ou de coursives en béton.

Dans le cas où elles sont correctement dimensionnées, en fonction de l'orientation du bâtiment, elles sont efficaces contre les rayonnements directs sur les parois opaques et les baies.

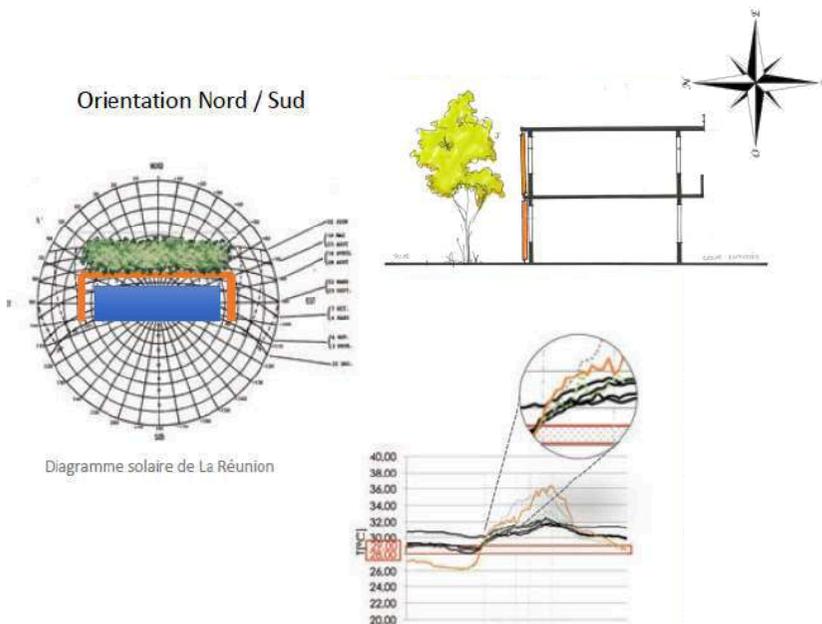
Cependant, l'inconvénient de ce type de protections, en béton, matériaux à forte inertie, est qu'elles représentent des surfaces de rayonnement de la chaleur considérables :

la face supérieure du béton rayonne à une température avoisinant les 50°C ; la face inférieure, elle, rayonne à une température avoisinant les 38°C. Cela contribue au réchauffement de l'air à proximité de la classe.



- Influence de l'orientation du bâtiment existant sur le confort thermique :

Cas 1 : Bâtiment orienté Nord / Sud



Il s'agit d'un bâtiment en béton à étage.

Il est possible de noter la présence de protections solaires de type débord de toiture et coursive en béton en façade Sud. Il s'agit de la façade la moins exposée au soleil.

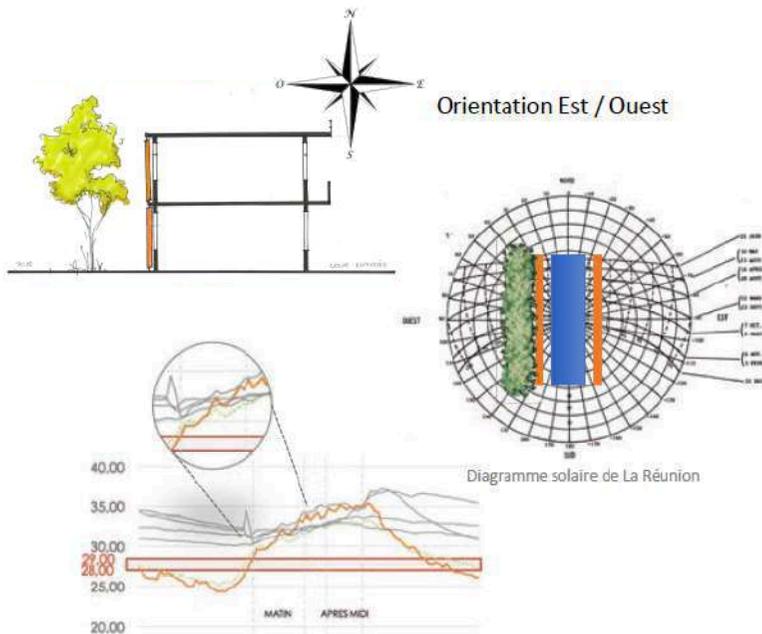
La façade Nord, la plus exposée au soleil, est protégée par des protections solaires de type lames métalliques et d'un alignement d'arbres assurant un masque solaire.

Aux deux pignons, à l'Est et à l'Ouest, aucune protection solaire n'est mise en œuvre, cependant, la présence des cages d'escaliers à ces deux extrémités assure des espaces de tampons thermiques protégeant les premières salles de classes des apports de chaleur par rayonnement.

Le graphique représente l'évolution de la température de l'air à l'intérieur des classes de ce bâtiment (en noir) et de la température extérieure (en orange).

Il est possible de constater que les salles de classes non soumises au rayonnement direct du soleil bénéficient de températures d'air intérieures plus faibles qu'à l'extérieur.

Par rapport à son orientation le bâtiment est bien protégé.



Cas 2 : Bâtiment orienté Est / Ouest

Il s'agit d'un bâtiment en béton à étage (architecture identique au cas 1).

Il est possible de noter la présence de protections solaires de type débord de toiture et coursive en béton en façade Est. Cette façade exposée au soleil levant sera alors ensoleillée le matin car ce type de protections n'est pas adaptée à l'orientation de la façade.

A l'Ouest, la présence d'arbres offre un masque solaire à la façade et assure sa protection en fin de journée.

Le graphique représente l'évolution de la température de l'air à l'intérieur des classes de ce bâtiment (en gris) et de la température extérieure (en orange).

Il est possible de constater que pendant la période de la journée où la façade est directement exposée au rayonnement solaire, la température à l'intérieur des classes est supérieure à la température extérieure.

L'après-midi, lorsque les façades principales ne sont plus directement exposées, il fait plus chaud à l'extérieur qu'à l'intérieur de la classe.

L'orientation du bâti est un facteur invariant sur les écoles existantes étudiées. Cependant, elle constitue un point de vigilance important sur la notion de confort thermique, surtout lorsque les protections solaires des façades sont inexistantes ou non adaptées.

L'efficacité des protections solaires des parois opaques et des baies a un réel impact sur l'évolution des températures à l'intérieur des salles de classe et donc sur le confort thermique des usagers.

- Les protections solaires métalliques orientables :

De nombreuses écoles ont été dotées de protections solaires métalliques horizontales ou verticales orientables. Avec le temps et par manque d'entretien des mécanismes, l'orientation des lames n'est plus possible. Bien que la protection solaire est assurée, le plus souvent, cela rend difficile le bon fonctionnement de la ventilation naturelle.



Les lames orientables utilisées comme protections solaires sont bloquées et limitent le bon fonctionnement de la ventilation naturelle et l'éclairage naturel de la salle.

- Les protections solaires métalliques à lames fixes :

Lors des campagnes d'amélioration du confort thermique des écoles existantes, des protections solaires ont été ajoutées au bâti. Il s'agit principalement de claustra de type lames métalliques ou en aluminium disposés au niveau du garde corps des coursives ou dans le plan de la façade. Ce type de dispositif assure la protection solaire des baies et des parois opaques mais aussi laisse passer l'air nécessaire à la ventilation naturelle.

Un point de vigilance est tout de même à signaler sur la couleur de ces protections (coefficient d'absorption α). Plus la couleur est foncée, plus les éléments vont monter en température et réchauffer l'air qui va passer entre chaque lame avant d'entrer dans la classe.



L'ajout de protections solaires de baies dans les écoles a amélioré le confort thermique



Aspect réglementaire

La couleur joue un rôle primordial dans le calcul du facteur solaire :

$$S = S_o \times C_m$$

Tableau 2. – Facteur solaire sans pare-soleil S_o d'une baie fermée par des lames opaques ou en glace claire sans traitement réfléchissant

Type de protection	S_o
Lame de « couleur claire »	0,28
Lame de « couleur moyenne »	0,37
Lame de « couleur sombre »	0,46
Lame de « couleur noire »	0,53

x2

Source : RTAA DOM

Prendre en compte l'obligation d'un éclairage moyen minimal :

Zones, tâches, activités	Éclairage moyen à maintenir (lux) valeur minimale	Indice d'éblouissement d'inconfort (UGR) valeur maximale	Indice de rendu des couleurs (Ra) valeur minimale
Bâtiments scolaires, salle de classe en primaire et secondaire	500	19	80

Source : norme NF EN 12464-1

La performance de la protection solaire d'une baie (Facteur solaire S) est évaluée selon la présence et l'efficacité d'un pare-soleil au-dessus de la baie (C_m) et d'une protection solaire dans le plan de la baie (S_o).

Selon la Réglementation Thermique Acoustique Aération dans les DOM (RTAA DOM)⁷ la performance d'une protection solaire de type lames métalliques fixes (identique au modèle de la photo) varierait fortement selon la couleur de ces dernières.

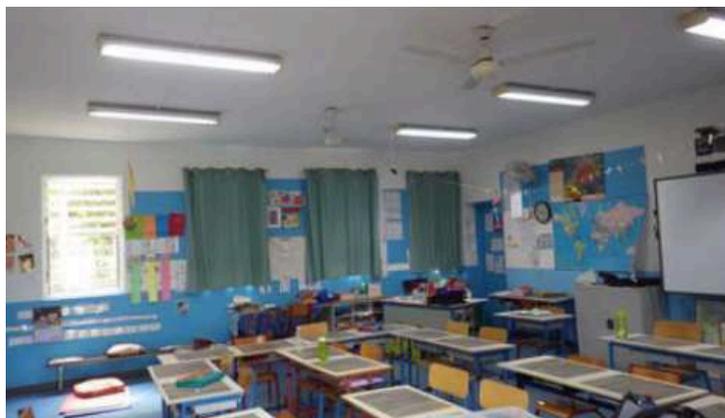
De plus la mise en œuvre de protections solaires de baies peut engendrer une diminution de l'éclairement naturel de la salle de classe. Selon la norme NF EN 12464-1, l'éclairement moyen à maintenir, doit être supérieure à 500 lux dans une salle de classe en primaire et secondaire.

La mise en œuvre d'une protection solaire limitant l'éclairement naturel de la classe engendrera une surconsommation d'énergie liée à l'éclairage artificiel.

- L'absence de protection solaire :

Lorsque les protections solaires sont manquantes, les moyens utilisés par les occupants sont les rideaux ou les affiches pour se protéger du rayonnement direct, de l'éblouissement et de la surchauffe de la classe.

La luminosité ainsi que la ventilation naturelle sont alors directement impactées.



⁷ La RTAA DOM ne s'applique qu'aux logements neufs. Les bâtiments scolaires ne sont pas concernés, cependant, les informations présentées permettent de comprendre l'intérêt du choix d'une couleur adaptée pour l'efficacité de la protection solaire.

- **Impact des menuiseries extérieures dans le confort thermique**

Les façades des salles de classe bénéficient globalement d'une porosité suffisante pour assurer le renouvellement de l'air intérieur et la décharge thermique par ventilation naturelle. De manière générale, l'équilibre des ouvertures entre les façades est respecté.



- Cependant certains points négatifs sont à noter dans la conception initiale du bâti existant :

- Les allèges sont à des hauteurs importantes, aux alentours de 1,20m. Les enfants se situant dans cette hauteur ne peuvent bénéficier du mouvement d'air créé par la ventilation naturelle,
- Présence de menuiseries fixes ne permettant pas la ventilation naturelle.



○ Impact des équipements des salles de classe dans le confort thermique

Il est possible d'affirmer, qu'en général, les équipements installés dans les salles de classes ne favorisent pas le confort thermique des occupants.

Parmi les équipements rencontrés, ceux qui jouent un rôle dans la notion de confort thermique sont les brasseurs d'air, les ventilateurs muraux, les extracteurs d'air, la climatisation et les vidéoprojecteurs.

- Les brasseurs d'air

Dans le bâti existant, les brasseurs d'air installés n'assurent pas le confort thermique car ils ne sont pas présent en nombre suffisant et ne sont, la plupart du temps, pas performants⁸ :

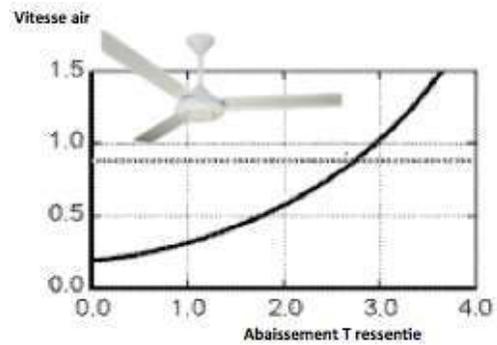
- Absence de variateur individuel,
- Inclinaison des pâles insuffisante,
- Niveau sonore trop élevé.

Les brasseurs installés assurent une amélioration du ressenti de manière localisée. Les élèves installés hors du rayon d'influence de l'équipement ne ressentent pas les effets bénéfiques de la création de mouvement d'air.

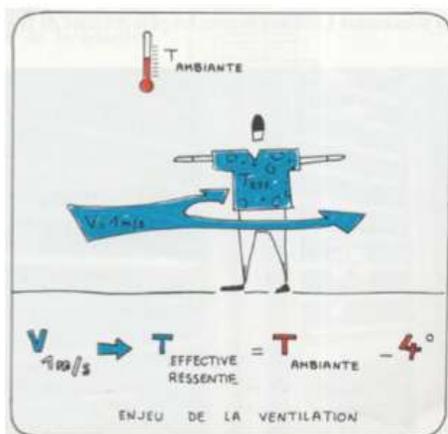


⁸ <https://www.smartweb.re/envirobat/sep2/27-etudes-analyses/21-le-brasseur-d-air-a-la-reunion>

Dans le bâti neuf – bioclimatique, bien que les températures d'air intérieur soient également élevées ($T_{MAX\ relevée} = 33,60^{\circ}C / T_{MOY} \approx 30^{\circ}C$), la présence de brasseurs d'air performants, en nombre suffisant avec commande individuelle assure l'abaissement de température ressentie de 3,5 à 4°C.



Source : NF EN 15251



Source : J. Gandemer



Salle de classe d'une école bioclimatique équipée de plusieurs brasseurs d'air efficaces avec commande individuelle.

- Les ventilateurs muraux

Les ventilateurs muraux font partie des équipements les plus courants dans les salles de classe. Cependant, leur efficacité est très limitée. Seuls les élèves situés à proximité de ces appareils peuvent ressentir les mouvements d'air forcés. Plusieurs dysfonctionnements ont été également signalés par les enseignants à de nombreuses reprises.



- Les extracteurs d'air

Dans l'école étudiée, seules quelques classes, les plus exposées au soleil, ont été équipées d'extracteurs d'air. Cela n'a pas été le cas des salles les moins exposées.

Dans le cadre de cette étude, les 2 types de classe ont été instrumentés.

Cependant, il n'a pas été possible de constater les effets des extracteurs d'air sur l'évolution des températures de l'air à l'intérieur des salles de classe.

Les mesures réalisées révèlent que la température évolue de la même manière dans les salles équipées d'extracteurs que dans les salles non équipées. Ces appareils évacuent l'air chaud à l'intérieur des salles et font entrer de l'air neuf extérieur parfois plus chaud que l'air intérieur en fonction de la composition de la cour de récréation de l'école.

Il aurait été intéressant d'avoir des mesures de l'évolution de la température d'air avant leur installation dans ces mêmes classes, pour pouvoir constater leur apport réel.



- La climatisation

Le bâti scolaire à La Réunion n'est pas adapté pour recevoir des installations de climatisation.

La climatisation de ce type de classe n'est absolument pas efficace pour plusieurs raisons :

- Les salles de classes, dotées de jalousie ou « nacos », ne sont pas étanches à l'air,
- L'absence de renouvellement d'air intérieur de la classe engendre une dégradation importante de la QAI (cf II. *La santé et le confort thermique des enfants.*)
- La faible performance thermique de l'enveloppe et l'absence d'étanchéité à l'air engendre des surconsommations d'électricité pour maintenir la température intérieure de consigne.
- Les splits installés à l'intérieur de la classe ainsi que les pompes à chaleur extérieurs émettent du bruit, source de nuisances sonores pour les usagers.

Dans une même école, il a été possible de comparer la différence de température entre une salle de classe non isolée climatisée sans renouvellement d'air et une salle de classe isolée ventilée naturellement. Il fait seulement **0,8°C** moins chaud dans la salle de classe climatisée.

La QAI de ces classes a également été mesurée (cf. partie II. *La santé et le confort thermique des enfants.*).

ΔT_{air} Classe isolée/Classe climatisée $\approx 0,8^{\circ}\text{C}$



Salle climatisée

- Sans système de renouvellement d'air
- Ouvrants fermés



Salle isolée ventilée naturellement

- Renouvellement d'air permanent

- Les vidéoprojecteurs

Les vidéoprojecteurs également représentent une source d'inconfort thermique dans les salles de classe.

L'usage de vidéoprojecteurs standards nécessite de créer l'obscurité dans la salle de classe. Pour cela les rideaux sont tirés par les enseignants générant ainsi la diminution considérable, voire l'arrêt de la ventilation naturelle.

Le renouvellement de l'air ainsi que la décharge thermique ne peut alors plus être assuré.

A cela s'ajoute la chaleur produite par le vidéoprojecteur lui-même qui contribuera à l'augmentation de la température de l'ambiance intérieure.

c. Les usages

Les retours des enseignants capitalisés par le biais des questionnaires mettent en avant le fait que ces derniers, ont en général les bons gestes pour favoriser le confort thermique dans les salles de classes.

Il a pourtant été constaté des menuiseries fermées pendant les heures de cours lorsque les températures intérieures étaient élevées.

A travers l'analyse des usages, il s'avère que la porosité initiale de certaines classes a été diminuée par des occultations de natures diverses :

- L'enveloppe du bâtiment non performant vis-à-vis des apports de chaleur externe engendre parfois des gestes contradictoires au confort thermique. Cependant, ce sont des gestes nécessaires pour se protéger du rayonnement direct du soleil pouvant provoquer des gênes de natures diverses telles que l'éblouissement.
A titre d'exemple, en l'absence de protections solaires, les rideaux sont tirés et / ou des affiches sont installées sur les vitrages pour se protéger du rayonnement direct du soleil, limiter l'éblouissement ou pour les projections.
- Dans certaines classes le manque de place dédiée à l'affichage amène les enseignants à mettre des tableaux ou des affiches dans le plan de la baie.
- En ce qui concerne l'aménagement des salles de classe, il est fréquent de constater la présence d'armoire devant les ouvrants. La porosité des façades est diminuée, cela a un impact direct sur l'efficacité de la ventilation naturelle.



Toutes ces interventions de la part des occupants permettent certains usages « plus pratiques » de la classe mais sont contraire à l'amélioration du confort thermique.

Dans certaines écoles, les relevés de températures révèlent qu'il peut faire plus chaud à l'intérieur des classes qu'à l'extérieur. Le rectorat a été questionné à ce sujet⁹. Il n'y aurait pas de contre-indication à la réalisation de cours à l'ombre, dans la cour de récréation, lorsque les températures à l'intérieur sont trop importantes.

⁹ Les leviers avancés par le rectorat : lors de leurs interventions dans les écoles en matière d'hygiène et sécurité sont les articles R42.22-1, R42.25-2, R42.13-7 du code du travail.

3. Les points positifs des écoles bioclimatiques

Les nouvelles écoles, bien que peu nombreuses, contrastent avec le bâti scolaire existant décrit précédemment. Il s'agit d'écoles bioclimatiques dont l'implantation et la conception prennent en compte le climat et l'environnement immédiat du projet. Les matériaux utilisés, la conception de leur enveloppe, des aménagements intérieurs et l'installation d'équipements performants favorisent la sensation de confort des usagers.

Dans le cadre de cette étude, il semblait intéressant d'étudier le cas des écoles bioclimatiques pour savoir si la situation de confort thermique est possible lorsque cette notion a été intégrée dès la conception du projet.

Dans la cour de récréation, disposant d'un faible albédo, la température s'élève en moyenne à 29,7°C. La température maximale relevée pendant la semaine de prise de mesure est de 33,5°C

Dans les salles de classe, disposant d'une enveloppe performante du point de vue thermique, la température s'élève en moyenne à 30,3°C. La température maximale relevée pendant la semaine de prise de mesure est de 33,6°C

La température de l'air dans une école bioclimatique peut alors être aussi élevée que dans une école datant des années 1970.

Cependant de nombreux points différencient ces deux types d'écoles, conférant aux écoles bioclimatique un confort thermique et un ressenti des usagers meilleur que dans le bâti existant.

En effet, la conception globale de ces bâtiments comprend la mise en œuvre de plusieurs éléments favorables à l'amélioration des températures ressenties :

- des protections solaires adaptées à l'orientation,
- l'utilisation de matériaux performants tels que le bois,
- une porosité importante avec un flux d'air passant au niveau des enfants,
- l'installation de brasseurs d'air performants en nombre suffisant avec commande individuelle,
- des toitures performantes pour limiter les apports principaux de chaleur par l'extérieur,
- un faible albédo et une forte présence de végétaux.

C'est la compilation de l'ensemble de ces éléments de conception, que l'on ne retrouvera pas dans les écoles existantes, qui permet d'assurer le confort des usagers dans les nouvelles écoles bien que les températures d'air soient élevées.

Pour rappel, avec une ventilation naturelle et l'usage de brasseurs d'air procurant une vitesse d'air d'1m/s, la température de ressenti équivaut à la température de l'air - 4°C.

En appliquant cette formule dans la classe où la température maximale a été relevée, les usagers devraient avoir une température de ressenti de 29,6°C (33,5-4°C), se rapprochant très fortement de la température de neutralité thermique annoncée dans les études en climat tropical humide présentées en partie II. *La santé et le confort thermique des enfants.*

Pour étudier plus finement le ressenti des usagers, il serait intéressant de réaliser une campagne de mesure avec une boule noire.

La conception globale des écoles bioclimatiques :



Le bâti existant peut tendre vers le confort

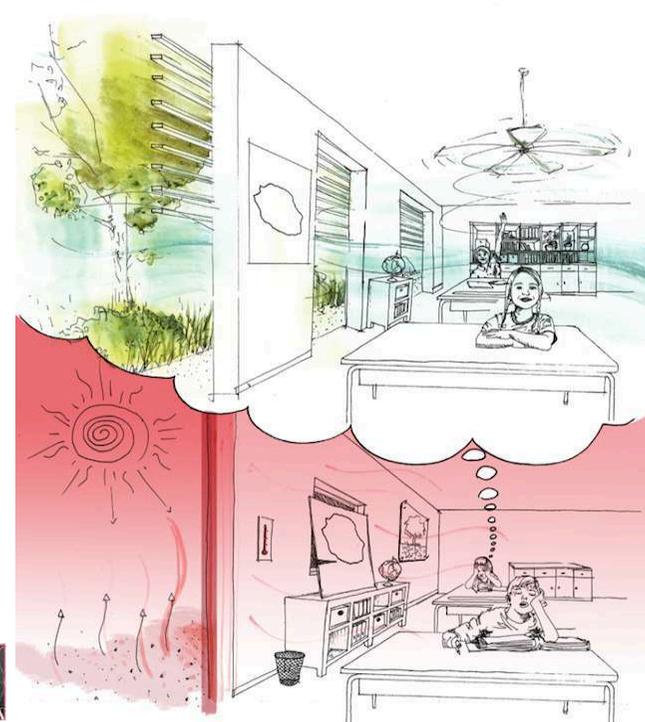
ANNEXE 1

Synthèse bibliographique

ETUDE CONFORT THERMIQUE DANS LES ECOLES

Littoral de l'île de la Réunion
2018-2019

enviroBAT-Réunion





Bibliographie

- INRS, Note scientifique et technique, NS 184, *Travail à la chaleur et confort thermique* ;
- Ministère de l'Environnement, de l'Energie et de la Mer, *Guide pratique 2016, Pour une meilleure qualité de l'air dans les lieux accueillant des enfants* ;
- Déoux Suzanne, *Bâtir pour la santé des enfants*, Medico Editions, octobre 2010, Andorre ;
- Maurice Mazalto, *Architecture scolaire et réussite éducative*, Edition FABERT, janvier 2008, Paris ;
- QUALITEL, *Comment réduire la pollution de l'air intérieur, Bien dans son logement : des conseils pour améliorer la qualité de vie chez soi* ;
- Préfecture, Conseil Régional, Conseil Général, Rectorat de La Réunion, *Les écoles de La Réunion, Présentation générale de remise à niveau des locaux scolaires du 1^{er} degré*, 1993 ;
- Département de La Réunion, CAUE, *Etude de remise à niveau des locaux scolaires du 1^{er} degré – Synthèse Générale*, 3 Mars 1993 ;
- Imageen et Esiroi, *Le Brasseur d'air à La Réunion, Etude technico-économique comparative*, Dossier technique, Avril 2014 ;
- LEU Réunion, *Mesure de confort – Ilet du Centre, Rapport d'étude*, 2018.

Iconographie

- Recherche de photographies dans les fonds documentaires disponibles.

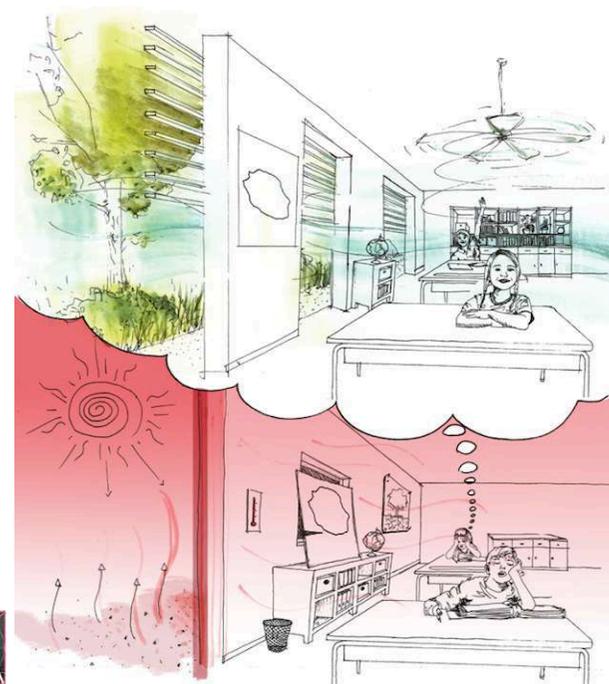
ANNEXE 2

Description des appareils de mesures

ETUDE CONFORT THERMIQUE DANS LES ECOLES

Littoral de l'île de la Réunion
2018-2019

enviroBAT-Réunion



Mini-enregistreur de température/ humidité interne économique

testo 174H

Capteur d'humidité stable à long terme

Haute sécurité des données, même pile vide

Écran avec valeur actuelle de température ou d'humidité

Grande capacité de mémoire

Transfert rapide des données via interface USB



Illustration 1-1

Le mini-enregistreur de température et d'humidité, testo 174H, est idéal pour le contrôle de la température et de l'humidité pour le stockage des marchandises sensibles. Le testo 174H peut également contrôler en permanence les conditions d'ambiance des bâtiments de façon sûre et discrète.

Le logiciel Comsoft testo 174 permet une programmation rapide de l'enregistreur et une analyse simple. Contrôle à prix bas de la température et de l'humidité dans les lieux de travail ou les zones de stockage !

Données techniques / Accessoire(s)

testo 174H

testo 174H, mini-enregistreur 2 canaux avec support de fixation murale, livré avec piles (2x CR2032) et protocole d'étalonnage

Réf. 0572 6560

**Capteur****CTN**

Etendue	-20 ... +70 °C
Précision ±1 Digit	±0.5 °C (-20 ... +70 °C)
Résolution	0.1 °C

Capteur**Capteur capacitif testo**

Etendue	0 ... 100 %RH*
Précision ±1 Digit	±3 %HR (2 ... 98 %HR) ±0.03 %HR/K
Résolution	0.1 %HR

* Ne convient pas aux ambiances à humidité saturée

Set testo 174H

Set testo 174H, mini-enregistreur 2 canaux avec interface USB pour programmation et lecture des données, support de fixation murale, piles (2x CR2032) et protocole d'étalonnage

Réf. 0572 0566

**Données techniques générales**

Canaux	2 x interne
Type de pile	2 piles lithium (CR 2032)
Autonomie	1 an (avec une cadence de 15mn à +25 °C)
Temp. d'utilisation	-20 ... +70 °C
Temp. de stock.	-40 ... +70 °C
Dimensions	60 x 38 x 18,5 mm
Indice de protection	IP20
Cadence de mesure	1 min - 24 h
Mémoire	16.000 valeurs

Accessoire(s)**Réf.****Accessoire(s) pour appareil**

Interface USB pour configuration et relecture des enregistreurs testo 174T et testo 174H	0572 0500	
Pile au lithium CR 2032 (pile bouton) (veuillez commander 2 piles par enregistreur)	200515 0028	
Logiciel Comsoft Basic permettant la programmation et la relecture de l'enregistreur : exportations des données en mode tableau et valeurs et/ou graphique. (dans la mesure où le téléchargement gratuit n'est pas souhaité)	0572 0580	
ComSoft Professionnel, pour gestion des données	0554 1704	
ComSoft 21 CFR Part 11, Logiciel répondant aux exigences de la norme 21 CFR Part. 11 pour les enregistreurs testo	0554 1705	
Certificat d'étalonnage raccordé en température enregistreur de température, pts d'étalonnage -18°C; 0°C; +40°C par canal	0520 0153	
Certificat d'étalonnage raccordé en humidité enregistreur d'humidité, pts d'étalonnage : 12 % HR et 76 %HR à +25°C	0520 0076	

0982 3823/cw/A/03.2012

Sous réserve de modifications sans préavis

Testo S.à.r.l.
Immeuble Testo
19, rue des Maraîchers
57600 FORBACH
Tél.: 03 87 29 29 29
Fax: 03 87 29 29 18
info@testo.fr

www.testo.fr

Thermomètre universel

testo 830 – Pour des mesures de surface rapides et sans contact

Le point de mesure indiqué par un laser et large optique pour des mesures précises même à grande distance

Acquisition rapide des valeurs de mesure (2 mesures par seconde)

Emissivité réglable

2 valeurs d'alarme réglables

Bonne prise en main grâce à la forme ergonomique "pistolet"

Fonction Hold/Min./Max.



La gamme des thermomètres testo 830 est composée de thermomètres infrarouges pour mesurer, sans contact, des températures de surface. Ils peuvent être utilisés dans tous les domaines d'activités. Grâce à leur nouvelle électronique, la résolution est améliorée et donc la précision de la mesure est diminuée. La température peut dorénavant être mesurée avec une résolution de 0.1°C. Avec la nouvelle fonction min/max, les valeurs limites de la dernière série de mesures peuvent être affichées et contrôlées.

Le thermomètre infrarouge se décline en 3 versions :

testo 830-T1, thermomètre infrarouge avec marquage visée laser 1 point, et une optique 10:1.

testo 830-T2, thermomètre infrarouge avec marquage visée laser 2 points, et une optique 12:1.

testo 830-T4, thermomètre infrarouge avec marquage visée laser 2 points, et une optique 30:1. La température de surface de petits objets peut également être mesurée tout en gardant une certaine distance de sécurité.

Thermomètre infrarouge testo 830

Thermomètre infrarouge visée laser 1 point

testo 830-T1

testo 830-T1, thermomètre infrarouge avec marquage visée laser 1 point, optique 10:1, valeurs limites ajustables, fonction alarme, livré avec pile et protocole d'étalonnage

Réf. 0560 8311



Thermomètre infrarouge avec visée laser 2 points et sonde raccordable

testo 830-T2

testo 830-T2, thermomètre infrarouge avec marquage visée laser 2 points, valeurs limites ajustables, fonction alarme, une entrée de sonde externe, pile incluse

Réf. 0560 8312



Le thermomètre infrarouge rapide et universel avec marquage visée laser 1 point, et une optique 10:1, de conception ergonomique forme "pistolet".

- Enregistrement rapide de données
- Marquage avec visée laser
- Valeurs limites d'alarme réglables
- Alarme acoustique et optique lors des dépassements de valeurs limites
- Bon maniement par la "conception de pistolet"
- Ecran rétro-éclairé
- Emissivité réglable (0,1 ... 1,0)

Set testo 830-T2

Set testo 830-T2, thermomètre infrarouge avec sonde pour des mesures de contact, livré avec étui de protection en cuir, pile et protocole d'étalonnage

Réf. 0563 8312

Le thermomètre infrarouge universel testo 830-T2 avec visée laser 2 points, et une optique 12:1, avec une possibilité de connecter des sondes type K pour des mesures de contact.

Il dispose des mêmes avantages que le testo 830-T1 avec en plus:

- Marquage visée laser 2 points
- Mesure de contact avec sonde de température connectable
- Détermination du degré d'émissivité avec sonde TC externe

Thermomètre infrarouge testo 830

Thermomètre infrarouge avec une optique 30:1 pour mesure sur une grande distance

testo 830-T4

testo 830-T4, thermomètre infrarouge avec visée laser 2 points, valeurs limites ajustables, fonction alarme, une entrée de sonde externe, livré avec pile et protocole d'étalonnage

Réf. 0560 8314



Set testo 830-T4

Set testo 830-T4 : thermomètre infrarouge testo 830-T4 livré avec un étui de protection en cuir, une sonde contact à lamelles, pile et protocole d'étalonnage

Réf. 0563 8314

Le thermomètre infrarouge rapide et universel avec visée laser 2 points, et une optique 30:1. La température de surface de petits objets peut également être mesurée tout en gardant une certaine distance de sécurité. Le diamètre de la cible de mesure est de 36 mm à 1 m. Possibilité de raccorder des sondes thermocouple type K pour des mesures de contact ou lorsque le coefficient d'émissivité est inconnu.

- Optique 30:1 pour la mesure de température à distance même sur de petits objets
- °C - Mesure de contact avec sonde connectable TC
- Détermination du degré d'émission avec sonde de température externe
- Saisie des valeurs limites supérieures et inférieures
- Alarme optique et acoustique lors de dépassements de seuils limites
- Ecran rétro-éclairé

Données techniques

Données techniques communes

Bande spectrale	8 ... 14 μm	Type de pile	Pile 9V
Facteur d'émissivité	0,1 ... 1,0 réglable	Autonomie	15 h
Temp. de stock.	-40 ... +70 °C	Poids	200 g
Temp. d'utilisation	-20 ... +50 °C	Dimensions	190 x 75 x 38 mm
		Matériaux du boîtier	ABS

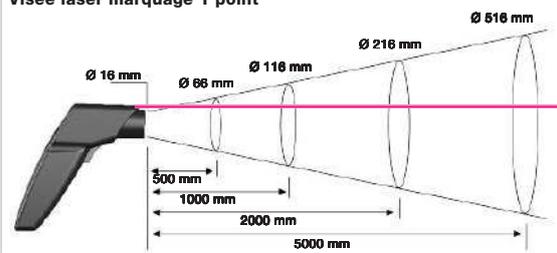
Données techniques - divers

	testo 830-T1	testo 830-T2	testo 830-T4
Etendue			
Infrarouge	-30 ... +400 °C	-30 ... +400 °C	-25 ... +400 °C
Type K (NiCr-Ni)	-	-50 ... +500 °C	-50 ... +500 °C
Précision ± 1 Digit			
Infrarouge	$\pm 1,5$ °C ou 1,5 % v.m. (+0,1 ... +400 °C) ± 2 °C ou 2 % v.m. (-30 ... 0 °C) prendre la valeur la plus élevée	$\pm 1,5$ °C ou $\pm 1,5$ % v.m. (+0,1 ... +400 °C) ± 2 °C ou ± 2 % v.m. (-30 ... 0 °C) prendre la valeur la plus élevée	$\pm 1,5$ °C (-20 ... 0 °C) ± 2 °C (-30 ... -20,1 °C) ± 1 °C ou 1 % v.m. (étendue restante)
Type K (NiCr-Ni)	-	$\pm 0,5$ °C +0,5% v.m.	$\pm 0,5$ °C +0,5% v.m.
Résolution	0,1 °C	0,1 °C	0,1 °C
Pas de cadence			
Infrarouge	0,5 sec.	0,5 sec.	0,5 sec.
Type K (NiCr-Ni)	-	1,75 sec.	1,75 sec.
Marquage	1 point laser	2 points laser	2 points visée laser
Diam. de la surface de mes.	10:1	12:1	30: 1 (typique pour une distance de 0,7m par rapport à l'objet à mesurer) 24 mm à 700 mm (90%)

Optique

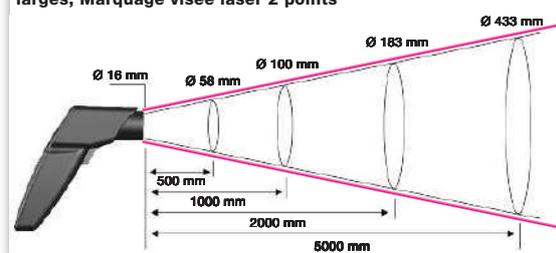
testo 830-T1

Optique standard: 10:1,
Visée laser marquage 1 point



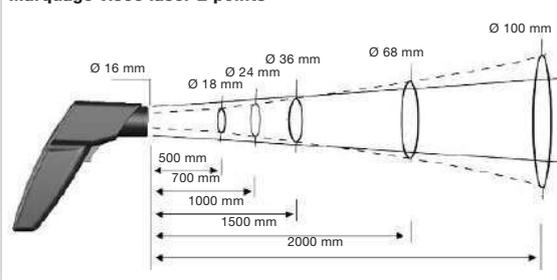
testo 830-T2

Optique: 12 :1 pour des mesures précises sur des distances larges, Marquage visée laser 2 points



testo 830-T4

Diam. de la surface de mes. 30:1,
Marquage visée laser 2 points



Accessoire(s)

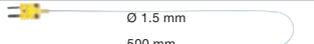
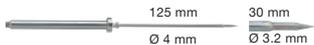
Accessoires pour versions testo 830

	Réf.
Ruban adhésif p. ex. pour surfaces réfléchissantes (rouleaux), E = 0,95, température jusqu'à + 250°C	0554 0051
Etui de protection en cuir pour protéger l'appareil	0516 8302
Accu 9V pour appareil, en remplacement de la pile	200515 0025
Chargeur pour accu 9V, pour charge externe des accus 200515 0025	0554 0025
Certificat d'étalonnage raccordé en température, thermomètre infrarouge, pts d'étalonnage +60 °C; +120 °C; 180 °C	0520 0002

Accessoires pour testo 830-T2 /-T4

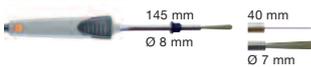
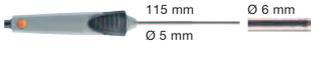
Certificat d'étalonnage raccordé en température, thermomètre avec sonde de surface; pts d'étalonnage +60°C; +120°C	0520 8071
Certificat d'étalonnage raccordé en température, pour sonde d'ambiance/immersion, pt d'étalonnage +60 °C	0520 0063
Certificat d'étalonnage raccordé en temp., thermomètre avec sonde d'ambiance/ immersion, pts -18°C; 0°C; +100°C	0520 8001
Certificat d'étalonnage raccordé en temp., app. de mes. avec sonde d'ambiance/immersion; pts 0°C; +150°C; +300°C (uniquement pour sonde d'immersion/pénétration 0602 2693)	0520 0021

Sonde(s) testo 830-T2 / -T4

Capteur	Dimensions Sonde tuyau/Pointe sonde tuyau	Etendue de mesure	Précision	t ₉₉	Réf.
Sonde(s) d'ambiance					
Sonde d'ambiance robuste (TC type K), Cordon droit fixe 1.2 m	 115 mm Ø 4 mm	-60 ... +400 °C	Classe 2*	25 sec.	0602 1793
Sonde(s) d'immersion/pénétration					
Sonde d'immersion précise, rapide et étanche (TC type K), Cordon droit fixe 1.2 m	 300 mm Ø 1.5 mm	-60 ... +1000 °C	Classe 1*	2 sec.	0602 0593
Sonde d'immersion/pénétration très rapide, étanche à l'eau (TC type K) (étalonnage au-dessus de +300 °C pas possible), Cordon droit fixe 1.2 m	 60 mm Ø 5 mm 14 mm Ø 1.5 mm	-60 ... +800 °C	Classe 1*	3 sec.	0602 2693
Sonde d'immersion flexible, TC type K	 Ø 1.5 mm 500 mm	-200 ... +1000 °C	Classe 1*	5 sec.	0602 5792
Tige de sonde flexible, pour des mesures dans l'air/les fumées (non adaptée pour des mesures dans des coulures), TC type K	 Ø 3 mm 1000 mm	-200 ... +1300 °C	Classe 1*	4 sec.	0602 5693
Sonde d'immersion flexible, TC type K	 Ø 1.5 mm 500 mm	-200 ... +40 °C	Classe 3*	5 sec.	0602 5793
Sonde d'immersion/pénétration étanche (TC type K), Cordon droit fixe 1.2 m	 114 mm Ø 5 mm 50 mm Ø 3.7 mm	-60 ... +400 °C	Classe 2*	7 sec.	0602 1293
Sonde(s) alimentaire(s)					
Sonde étanche pour l'alimentaire, en acier (IP65) (TC type K), Cordon droit fixe	 125 mm 30 mm Ø 4 mm Ø 3.2 mm	-60 ... +400 °C	Classe 2*	7 sec.	0602 2292
Sonde de pénétration robuste pour l'alimentaire avec poignée spéciale, IP65, câble renforcé (PUR) (TC type K), Cordon droit fixe	 115 mm 30 mm Ø 5 mm Ø 3.5 mm	-60 ... +400 °C	Classe 1*	6 sec.	0602 2492
Sonde d'immersion/pénétration robuste et étanche avec protection métallique du cordon Tmax 230 °C, p. ex. pour contrôle huile de friture (TC type K), Cordon droit fixe	 240 mm Ø 4 mm	-50 ... +230 °C	Classe 1*	15 sec.	0628 1292
Thermocouple(s)					
Thermocouple isolé, soie de verre, flexible, long. 800 mm (TC type K)	 800 mm Ø 1.5 mm	-50 ... +400 °C	Classe 2*	5 sec.	0602 0644
Thermocouple isolé, soie de verre, flexible, long. 1500 mm (TC type K)	 1500 mm Ø 1.5 mm	-50 ... +400 °C	Classe 2*	5 sec.	0602 0645
Thermocouple isolé, PTFE, flexible, long. 1500 mm (TC type K)	 1500 mm Ø 1.5 mm	-50 ... +250 °C	Classe 2*	5 sec.	0602 0646

*Selon norme EN 60584-2, précision Classe 1 de -40...+1000 °C (type K), Classe 2 de -40...+1200 °C (type K), Classe 3 de -200...+40 °C (type K).

Sonde(s) testo 830-T2 / -T4

Capteur	Dimensions Sonde tuyau/Pointe sonde tuyau	Etendue de mesure	Précision	t ₉₉	Réf.
Sonde(s) de contact					
Sonde de surface à ailettes à réaction rapide, pour des mesures en des points difficiles d'accès comme par ex. de faibles ouvertures ou des fentes, TC type K, Cordon droit fixe		0 ... +300 °C	Classe 2*	5 sec.	0602 0193
Sonde de contact très rapide à lamelles, pour surfaces non planes, étendue de mesure à courte durée jusqu'à +500°C (TC type K), Cordon droit fixe 1.2 m		-60 ... +300 °C	Classe 2*	3 sec.	0602 0393
Sonde de contact étanche avec tête de mesure élargie pour surfaces planes (TC type K), Cordon droit fixe 1.2 m		-60 ... +400 °C	Classe 2*	30 sec.	0602 1993
Sonde de contact très rapide, soudée, avec bande de thermocouple à ressort, étendue de mesure à courte durée jusqu'à +500°C (TC type K), Cordon droit fixe 1.2 m		-60 ... +300 °C	Classe 2*	3 sec.	0602 0993
Sonde de contact précise, étanche, avec petite tête de mesure pour surfaces planes (TC type K), Cordon droit fixe 1.2 m		-60 ... +1000 °C	Classe 1*	20 sec.	0602 0693
Sonde de contact avec tête de mes. pour surf. plane et manche télescopiq. (680 mm) pour mes. dans des endroits difficiles d'accès (TC type K), Cordon droit fixe, 1.6 m (plus court même lorsque le télescope est allongé)		-50 ... +250 °C	Classe 2*	3 sec.	0602 2394
Sonde magnétique destinée à des mesures sur surfaces métalliques, résistance env. 20 N, TC type K, Cordon droit fixe		-50 ... +170 °C	Classe 2*	150 sec.	0602 4792
Sonde magnétique hautes températures pour mesure sur surfaces métalliques, résistance env. 10 N, TC type K, Cordon droit fixe		-50 ... +400 °C	Classe 2*		0602 4892
Sonde velcro pour tuyau, pour mesure de température sur des tuyaux de diamètre maximum 120 mm, Tmax +120 °C, Cordon droit fixe		-50 ... +120 °C	Classe 1*	90 sec.	0628 0020
Sonde tuyau avec tête de mes. interchangeable pour Ø de conduits de 5...65 mm, étend. de mes. à courte durée jusqu'à +280°C (TC type K), Cordon droit fixe		-60 ... +130 °C	Classe 2*	5 sec.	0602 4592
Tête de mesure interchangeable pour sonde tuyau, TC type K		-60 ... +130 °C	Classe 2*	5 sec.	0602 0092
Sonde pince pour mesure sur des conduits de diamètre 15...25 mm (max. 1 pouce), étendue de mes. à courte durée jusqu'à +130°C, TC type K, Cordon droit fixe		-50 ... +100 °C	Classe 2*	5 sec.	0602 4692

*Selon norme EN 60584-2, précision Classe 1 de -40...+1000 °C (type K), Classe 2 de -40...+1200 °C (type K), Classe 3 de -200...+40 °C (type K).



Testo S.à.r.l.
Immeuble Testo
19, rue des Maraîchers
57600 FORBACH
Tél.: 03 87 29 29 29
Fax: 03 87 29 29 18
info@testo.fr

www.testo.fr

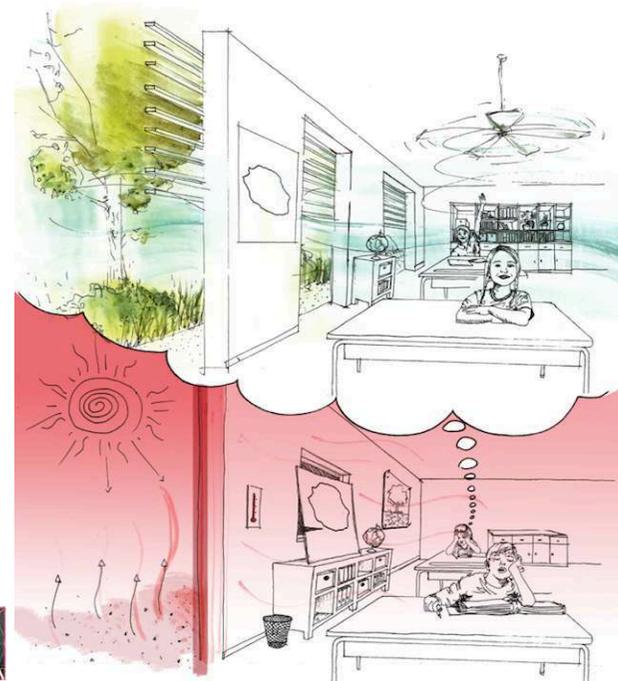
ANNEXE 3

Questionnaires pour les usagers

ETUDE CONFORT THERMIQUE DANS LES ECOLES

Littoral de l'île de la Réunion
2018-2019

enviroBAT-Réunion





Etude confort thermique dans les écoles des bas de La Réunion

Nom de l'école :

NOM du directeur :

Informations Générales

Dans votre école, y a-t-il des éléments que vous trouvez particulièrement agréables ou désagréables (acoustique, éclairage, thermique, architecture,...) ? Lesquels et pourquoi ? Suggérez-vous des solutions d'amélioration ?

Commentaires libres, remarques, observations, etc...

NOM de l'enseignant : Salle N°.....

Jour 1

En entrant dans la classe le matin...

Les menuiseries extérieures sont-elles ouvertes ? Oui Non
 Si oui, combien d'entre elles sont ouvertes?.....
 Les rideaux sont-ils tirés ? Oui Non
 Si oui, combien d'entre eux sont tirés?.....

	Pendant la matinée...	Pendant l'après-midi...
Thermiquement, vous trouvez cette ambiance ?	<input type="checkbox"/> Confortable <input type="checkbox"/> Très inconfortable <input type="checkbox"/> Légèrement inconfortable <input type="checkbox"/> Extrêmement inconfortable <input type="checkbox"/> Inconfortable	<input type="checkbox"/> Confortable <input type="checkbox"/> Très inconfortable <input type="checkbox"/> Légèrement inconfortable <input type="checkbox"/> Extrêmement inconfortable <input type="checkbox"/> Inconfortable
Vous préféreriez avoir ?	<input type="checkbox"/> Beaucoup plus froid <input type="checkbox"/> Plus chaud <input type="checkbox"/> Plus froid <input type="checkbox"/> Beaucoup plus chaud	<input type="checkbox"/> Beaucoup plus froid <input type="checkbox"/> Plus chaud <input type="checkbox"/> Plus froid <input type="checkbox"/> Beaucoup plus chaud
Au sujet des mouvements d'air, vous les trouvez ?	<input type="checkbox"/> Confortable <input type="checkbox"/> Très inconfortable <input type="checkbox"/> Légèrement inconfortable <input type="checkbox"/> Extrêmement inconfortable <input type="checkbox"/> Inconfortable	<input type="checkbox"/> Confortable <input type="checkbox"/> Très inconfortable <input type="checkbox"/> Légèrement inconfortable <input type="checkbox"/> Extrêmement inconfortable <input type="checkbox"/> Inconfortable
Vous préféreriez avoir ?	<input type="checkbox"/> Moins de mouvements d'air <input type="checkbox"/> Un peu moins de mouvements d'air <input type="checkbox"/> Un peu plus de mouvements d'air <input type="checkbox"/> Beaucoup plus de mouvements d'air	<input type="checkbox"/> Moins de mouvements d'air <input type="checkbox"/> Un peu moins de mouvements d'air <input type="checkbox"/> Un peu plus de mouvements d'air <input type="checkbox"/> Beaucoup plus de mouvements d'air
Quel est selon vous le ressenti général des élèves concernant leur confort ?	<input type="checkbox"/> Confortable <input type="checkbox"/> Très inconfortable <input type="checkbox"/> Légèrement inconfortable <input type="checkbox"/> Extrêmement inconfortable <input type="checkbox"/> Inconfortable	<input type="checkbox"/> Confortable <input type="checkbox"/> Très inconfortable <input type="checkbox"/> Légèrement inconfortable <input type="checkbox"/> Extrêmement inconfortable <input type="checkbox"/> Inconfortable
Certain d'entre eux se plaignent-il de la chaleur ? Si oui, combien?	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non
Entourrer le temps qu'il a fait pendant la journée	Ensoleillé Mitigé Nuageux Bruine Pluie forte	Ensoleillé Mitigé Nuageux Bruine Pluie forte
Les rayons du soleil entrent-il dans la classe ?	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non
Si oui, cochez la zone de la classe concernée		
Avez-vous menée une action pour modifier les conditions de confort dans la salle ?	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Ouverture des menuiseries <input type="checkbox"/> Laissé la porte ouverte <input type="checkbox"/> Tiré les rideaux <input type="checkbox"/> Allumé les brasseurs d'air <input type="checkbox"/> Allumé l'éclairage <input type="checkbox"/> Autre :	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Ouverture des menuiseries <input type="checkbox"/> Laissé la porte ouverte <input type="checkbox"/> Tiré les rideaux <input type="checkbox"/> Allumé les brasseurs d'air <input type="checkbox"/> Allumé l'éclairage <input type="checkbox"/> Autre :
Si oui, la(les)quelle(s) ?		
Vous avez trouvé la salle ?	<input type="checkbox"/> Très sombre <input type="checkbox"/> Bien éclairé <input type="checkbox"/> Sombre <input type="checkbox"/> Eblouissement <input type="checkbox"/> Légèrement sombre	<input type="checkbox"/> Très sombre <input type="checkbox"/> Bien éclairé <input type="checkbox"/> Sombre <input type="checkbox"/> Eblouissement <input type="checkbox"/> Légèrement sombre
Vous avez trouvé l'air ?	<input type="checkbox"/> Très humide <input type="checkbox"/> Ni sec, ni humide <input type="checkbox"/> Humide <input type="checkbox"/> Sec <input type="checkbox"/> Légèrement humide	<input type="checkbox"/> Très humide <input type="checkbox"/> Ni sec, ni humide <input type="checkbox"/> Humide <input type="checkbox"/> Sec <input type="checkbox"/> Légèrement humide
Etiez-vous dans la classe toute la 1/2 journée?	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non

A la fin de la journée...

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



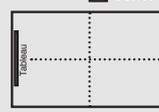
Commentaires libres

NOM de l'enseignant : Salle N°.....

Jour 2

En entrant dans la classe le matin...

Les menuiseries extérieures sont-elles ouvertes ? Oui Non
 Si oui, combien d'entre elles sont ouvertes?.....
 Les rideaux sont-ils tirés ? Oui Non
 Si oui, combien d'entre eux sont tirés?.....

	Pendant la matinée...	Pendant l'après-midi...
 Thermiquement, vous trouvez cette ambiance ?	<input type="checkbox"/> Confortable <input type="checkbox"/> Très inconfortable <input type="checkbox"/> Légèrement inconfortable <input type="checkbox"/> Extrêmement inconfortable <input type="checkbox"/> Inconfortable	<input type="checkbox"/> Confortable <input type="checkbox"/> Très inconfortable <input type="checkbox"/> Légèrement inconfortable <input type="checkbox"/> Extrêmement inconfortable <input type="checkbox"/> Inconfortable
Vous préféreriez avoir ?	<input type="checkbox"/> Beaucoup plus froid <input type="checkbox"/> Plus chaud <input type="checkbox"/> Plus froid <input type="checkbox"/> Beaucoup plus chaud	<input type="checkbox"/> Beaucoup plus froid <input type="checkbox"/> Plus chaud <input type="checkbox"/> Plus froid <input type="checkbox"/> Beaucoup plus chaud
 Au sujet des mouvements d'air, vous les trouvez ?	<input type="checkbox"/> Confortable <input type="checkbox"/> Très inconfortable <input type="checkbox"/> Légèrement inconfortable <input type="checkbox"/> Extrêmement inconfortable <input type="checkbox"/> Inconfortable	<input type="checkbox"/> Confortable <input type="checkbox"/> Très inconfortable <input type="checkbox"/> Légèrement inconfortable <input type="checkbox"/> Extrêmement inconfortable <input type="checkbox"/> Inconfortable
Vous préféreriez avoir ?	<input type="checkbox"/> Moins de mouvements d'air <input type="checkbox"/> Un peu moins de mouvements d'air <input type="checkbox"/> Un peu plus de mouvements d'air <input type="checkbox"/> Beaucoup plus de mouvements d'air	<input type="checkbox"/> Moins de mouvements d'air <input type="checkbox"/> Un peu moins de mouvements d'air <input type="checkbox"/> Un peu plus de mouvements d'air <input type="checkbox"/> Beaucoup plus de mouvements d'air
Quel est selon vous le ressenti général des élèves concernant leur confort ?	<input type="checkbox"/> Confortable <input type="checkbox"/> Très inconfortable <input type="checkbox"/> Légèrement inconfortable <input type="checkbox"/> Extrêmement inconfortable <input type="checkbox"/> Inconfortable	<input type="checkbox"/> Confortable <input type="checkbox"/> Très inconfortable <input type="checkbox"/> Légèrement inconfortable <input type="checkbox"/> Extrêmement inconfortable <input type="checkbox"/> Inconfortable
Certain d'entre eux se plaignent-il de la chaleur ? Si oui, combien?	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non
Entourrer le temps qu'il a fait pendant la journée		
Les rayons du soleil entrent-il dans la classe ?	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non
Si oui, cochez la zone de la classe concernée		
Avez-vous menée une action pour modifier les conditions de confort dans la salle ?	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Ouverture des menuiseries <input type="checkbox"/> Laissé la porte ouverte <input type="checkbox"/> Tiré les rideaux <input type="checkbox"/> Allumé les brasseurs d'air <input type="checkbox"/> Allumé l'éclairage <input type="checkbox"/> Autre :	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Ouverture des menuiseries <input type="checkbox"/> Laissé la porte ouverte <input type="checkbox"/> Tiré les rideaux <input type="checkbox"/> Allumé les brasseurs d'air <input type="checkbox"/> Allumé l'éclairage <input type="checkbox"/> Autre :
Si oui, la(les)quelle(s) ?		
Vous avez trouvé la salle ?	<input type="checkbox"/> Très sombre <input type="checkbox"/> Bien éclairé <input type="checkbox"/> Sombre <input type="checkbox"/> Eblouissement <input type="checkbox"/> Légèrement sombre	<input type="checkbox"/> Très sombre <input type="checkbox"/> Bien éclairé <input type="checkbox"/> Sombre <input type="checkbox"/> Eblouissement <input type="checkbox"/> Légèrement sombre
Vous avez trouvé l'air ?	<input type="checkbox"/> Très humide <input type="checkbox"/> Ni sec, ni humide <input type="checkbox"/> Humide <input type="checkbox"/> Sec <input type="checkbox"/> Légèrement humide	<input type="checkbox"/> Très humide <input type="checkbox"/> Ni sec, ni humide <input type="checkbox"/> Humide <input type="checkbox"/> Sec <input type="checkbox"/> Légèrement humide
Etiez-vous dans la classe toute la 1/2 journée?	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non

A la fin de la journée...

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



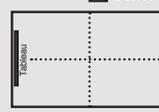
Commentaires libres

NOM de l'enseignant : Salle N°.....

Jour 3

En entrant dans la classe le matin...

Les menuiseries extérieures sont-elles ouvertes ? Oui Non
 Si oui, combien d'entre elles sont ouvertes?.....
 Les rideaux sont-ils tirés ? Oui Non
 Si oui, combien d'entre eux sont tirés?.....

	Pendant la matinée...	Pendant l'après-midi...
 Thermiquement, vous trouvez cette ambiance ?	<input type="checkbox"/> Confortable <input type="checkbox"/> Très inconfortable <input type="checkbox"/> Légèrement inconfortable <input type="checkbox"/> Extrêmement inconfortable <input type="checkbox"/> Inconfortable	<input type="checkbox"/> Confortable <input type="checkbox"/> Très inconfortable <input type="checkbox"/> Légèrement inconfortable <input type="checkbox"/> Extrêmement inconfortable <input type="checkbox"/> Inconfortable
Vous préféreriez avoir ?	<input type="checkbox"/> Beaucoup plus froid <input type="checkbox"/> Plus chaud <input type="checkbox"/> Plus froid <input type="checkbox"/> Beaucoup plus chaud	<input type="checkbox"/> Beaucoup plus froid <input type="checkbox"/> Plus chaud <input type="checkbox"/> Plus froid <input type="checkbox"/> Beaucoup plus chaud
 Au sujet des mouvements d'air, vous les trouvez ?	<input type="checkbox"/> Confortable <input type="checkbox"/> Très inconfortable <input type="checkbox"/> Légèrement inconfortable <input type="checkbox"/> Extrêmement inconfortable <input type="checkbox"/> Inconfortable	<input type="checkbox"/> Confortable <input type="checkbox"/> Très inconfortable <input type="checkbox"/> Légèrement inconfortable <input type="checkbox"/> Extrêmement inconfortable <input type="checkbox"/> Inconfortable
Vous préféreriez avoir ?	<input type="checkbox"/> Moins de mouvements d'air <input type="checkbox"/> Un peu moins de mouvements d'air <input type="checkbox"/> Un peu plus de mouvements d'air <input type="checkbox"/> Beaucoup plus de mouvements d'air	<input type="checkbox"/> Moins de mouvements d'air <input type="checkbox"/> Un peu moins de mouvements d'air <input type="checkbox"/> Un peu plus de mouvements d'air <input type="checkbox"/> Beaucoup plus de mouvements d'air
Quel est selon vous le ressenti général des élèves concernant leur confort ?	<input type="checkbox"/> Confortable <input type="checkbox"/> Très inconfortable <input type="checkbox"/> Légèrement inconfortable <input type="checkbox"/> Extrêmement inconfortable <input type="checkbox"/> Inconfortable	<input type="checkbox"/> Confortable <input type="checkbox"/> Très inconfortable <input type="checkbox"/> Légèrement inconfortable <input type="checkbox"/> Extrêmement inconfortable <input type="checkbox"/> Inconfortable
Certain d'entre eux se plaignent-il de la chaleur ? Si oui, combien?	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non
Entourrer le temps qu'il a fait pendant la journée		
Les rayons du soleil entrent-il dans la classe ?	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non
Si oui, cochez la zone de la classe concernée		
Avez-vous menée une action pour modifier les conditions de confort dans la salle ?	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Ouverture des menuiseries <input type="checkbox"/> Laissé la porte ouverte <input type="checkbox"/> Tiré les rideaux <input type="checkbox"/> Allumé les brasseurs d'air <input type="checkbox"/> Allumé l'éclairage <input type="checkbox"/> Autre :	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Ouverture des menuiseries <input type="checkbox"/> Laissé la porte ouverte <input type="checkbox"/> Tiré les rideaux <input type="checkbox"/> Allumé les brasseurs d'air <input type="checkbox"/> Allumé l'éclairage <input type="checkbox"/> Autre :
Si oui, la(les)quelle(s) ?		
Vous avez trouvé la salle ?	<input type="checkbox"/> Très sombre <input type="checkbox"/> Bien éclairé <input type="checkbox"/> Sombre <input type="checkbox"/> Eblouissement <input type="checkbox"/> Légèrement sombre	<input type="checkbox"/> Très sombre <input type="checkbox"/> Bien éclairé <input type="checkbox"/> Sombre <input type="checkbox"/> Eblouissement <input type="checkbox"/> Légèrement sombre
Vous avez trouvé l'air ?	<input type="checkbox"/> Très humide <input type="checkbox"/> Ni sec, ni humide <input type="checkbox"/> Humide <input type="checkbox"/> Sec <input type="checkbox"/> Légèrement humide	<input type="checkbox"/> Très humide <input type="checkbox"/> Ni sec, ni humide <input type="checkbox"/> Humide <input type="checkbox"/> Sec <input type="checkbox"/> Légèrement humide
Etiez-vous dans la classe toute la 1/2 journée?	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non

A la fin de la journée...

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



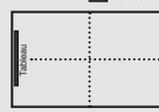
Commentaires libres

NOM de l'enseignant : Salle N°.....

Jour 4

En entrant dans la classe le matin...

Les menuiseries extérieures sont-elles ouvertes ? Oui Non
 Si oui, combien d'entre elles sont ouvertes?.....
 Les rideaux sont-ils tirés ? Oui Non
 Si oui, combien d'entre eux sont tirés?.....

	Pendant la matinée...	Pendant l'après-midi...
 <p>Thermiquement, vous trouvez cette ambiance ?</p>	<input type="checkbox"/> Confortable <input type="checkbox"/> Très inconfortable <input type="checkbox"/> Légèrement inconfortable <input type="checkbox"/> Extrêmement inconfortable <input type="checkbox"/> Inconfortable	<input type="checkbox"/> Confortable <input type="checkbox"/> Très inconfortable <input type="checkbox"/> Légèrement inconfortable <input type="checkbox"/> Extrêmement inconfortable <input type="checkbox"/> Inconfortable
Vous préféreriez avoir ?	<input type="checkbox"/> Beaucoup plus froid <input type="checkbox"/> Plus chaud <input type="checkbox"/> Plus froid <input type="checkbox"/> Beaucoup plus chaud	<input type="checkbox"/> Beaucoup plus froid <input type="checkbox"/> Plus chaud <input type="checkbox"/> Plus froid <input type="checkbox"/> Beaucoup plus chaud
 <p>Au sujet des mouvements d'air, vous les trouvez ?</p>	<input type="checkbox"/> Confortable <input type="checkbox"/> Très inconfortable <input type="checkbox"/> Légèrement inconfortable <input type="checkbox"/> Extrêmement inconfortable <input type="checkbox"/> Inconfortable	<input type="checkbox"/> Confortable <input type="checkbox"/> Très inconfortable <input type="checkbox"/> Légèrement inconfortable <input type="checkbox"/> Extrêmement inconfortable <input type="checkbox"/> Inconfortable
Vous préféreriez avoir ?	<input type="checkbox"/> Moins de mouvements d'air <input type="checkbox"/> Un peu moins de mouvements d'air <input type="checkbox"/> Un peu plus de mouvements d'air <input type="checkbox"/> Beaucoup plus de mouvements d'air	<input type="checkbox"/> Moins de mouvements d'air <input type="checkbox"/> Un peu moins de mouvements d'air <input type="checkbox"/> Un peu plus de mouvements d'air <input type="checkbox"/> Beaucoup plus de mouvements d'air
Quel est selon vous le ressenti général des élèves concernant leur confort ?	<input type="checkbox"/> Confortable <input type="checkbox"/> Très inconfortable <input type="checkbox"/> Légèrement inconfortable <input type="checkbox"/> Extrêmement inconfortable <input type="checkbox"/> Inconfortable	<input type="checkbox"/> Confortable <input type="checkbox"/> Très inconfortable <input type="checkbox"/> Légèrement inconfortable <input type="checkbox"/> Extrêmement inconfortable <input type="checkbox"/> Inconfortable
Certain d'entre eux se plaignent-il de la chaleur ? Si oui, combien?	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non
Entourrer le temps qu'il a fait pendant la journée		
Les rayons du soleil entrent-ils dans la classe ?	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non
Si oui, cochez la zone de la classe concernée		
Avez-vous menée une action pour modifier les conditions de confort dans la salle ?	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Ouverture des menuiseries <input type="checkbox"/> Laissé la porte ouverte <input type="checkbox"/> Tiré les rideaux <input type="checkbox"/> Allumé les brasseurs d'air <input type="checkbox"/> Allumé l'éclairage <input type="checkbox"/> Autre :	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Ouverture des menuiseries <input type="checkbox"/> Laissé la porte ouverte <input type="checkbox"/> Tiré les rideaux <input type="checkbox"/> Allumé les brasseurs d'air <input type="checkbox"/> Allumé l'éclairage <input type="checkbox"/> Autre :
Si oui, la(les)quelle(s) ?		
Vous avez trouvé la salle ?	<input type="checkbox"/> Très sombre <input type="checkbox"/> Bien éclairé <input type="checkbox"/> Sombre <input type="checkbox"/> Eblouissement <input type="checkbox"/> Légèrement sombre	<input type="checkbox"/> Très sombre <input type="checkbox"/> Bien éclairé <input type="checkbox"/> Sombre <input type="checkbox"/> Eblouissement <input type="checkbox"/> Légèrement sombre
Vous avez trouvé l'air ?	<input type="checkbox"/> Très humide <input type="checkbox"/> Ni sec, ni humide <input type="checkbox"/> Humide <input type="checkbox"/> Sec <input type="checkbox"/> Légèrement humide	<input type="checkbox"/> Très humide <input type="checkbox"/> Ni sec, ni humide <input type="checkbox"/> Humide <input type="checkbox"/> Sec <input type="checkbox"/> Légèrement humide
Etiez-vous dans la classe toute la 1/2 journée?	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non

A la fin de la journée...

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



Commentaires libres

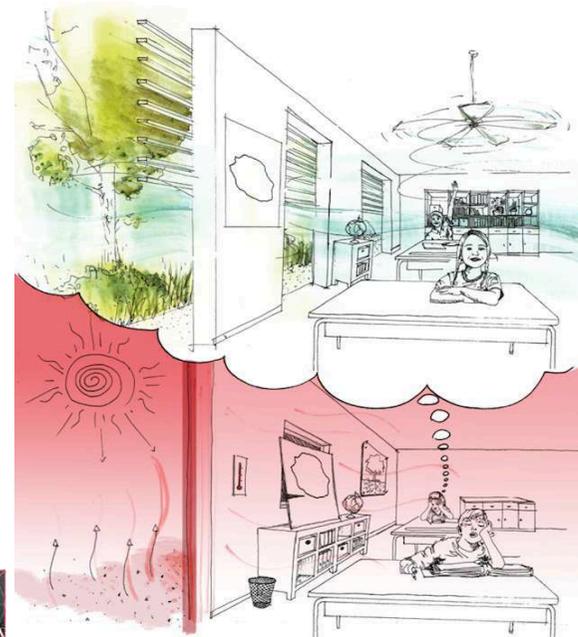
ANNEXE 4

Fiches d'analyse des écoles

ETUDE CONFORT THERMIQUE DANS LES ECOLES

Littoral de l'île de la Réunion
2018-2019

enviroBAT-Réunion



Fiche d'étude – Ecole 01

ZONE OUEST – ALTITUDE 150 M

01- ZONE OUEST // ALTITUDE 150 m

ETUDE DE CONFORT THERMIQUE DANS LES ECOLES – CAUE DE LA REUNION / ENVIROBAT – REUNION
CAMPAGNE DE MESURE REALISEE PENDANT LA PERIODE LA PLUS CHAUDE



L'école est située dans un quartier pavillonnaire et se trouve à proximité d'autres équipements. Il s'agit d'un bâtiment bioclimatique.

Les points forts :

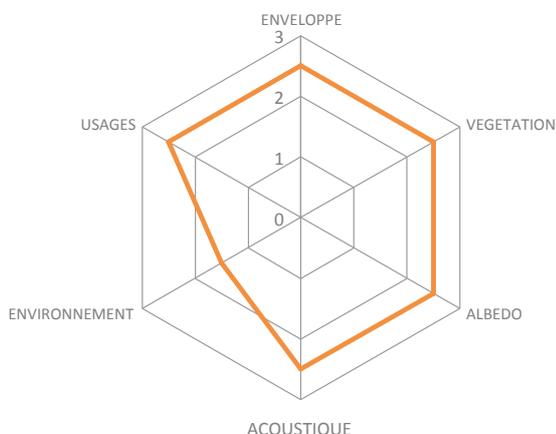
- Protections solaires adaptées à l'orientation du bâtiment,
- Performance thermique de l'enveloppe du bâtiment,
- Porosité importante,
- Présence de brasseurs d'air efficaces en nombre suffisant,
- Végétalisation importante de la cour d'école,
- Passage du flux d'air au niveau des enfants (allège rabaisée).

Les points faibles :

- Protection solaire des baies (exposition Est) d'une classe absente,
- Végétation ne permet pas encore un ombrage optimal.
- **Le bâtiment en construction bois est traversant et de forme rectangulaire. Il est recouvert d'une double toiture en tôle réfléchissante ventilée et d'une toiture végétalisée. Il présente également des protections solaires efficaces et de la végétation.**
- **Les usagers sont généralement en situation de confort.**



A AMELIORER EFFICACE



ENVELOPPE

- + La majorité des façades sont protégées par des protections solaires,
- + Enveloppe du bâtiment performante thermiquement,
- Une partie de la façade Est n'est pas protégée et reçoit du rayonnement direct.

VEGETATION

- + Un réel aménagement paysager a été mis en œuvre dans la cour de récréation avec différentes strates végétales.
- + Des bandes sont également plantées en pieds de bâtiment.
- Les arbres récemment plantés ne disposent pas encore d'un port suffisant pour assurer un confort thermique efficace. Aucun dispositif temporaire d'ombrage n'a été installé.

ALBEDO

- + Mise en œuvre de revêtements de sol de type béton perméable de couleur claire (jaune),
- + Zones d'ombrage importantes.

ACOUSTIQUE

- + Une classe a signalé la présence de nuisance sonore.

ENVIRONNEMENT

L'école est localisée dans un tissu semi-urbain continu, essentiellement pavillonnaire.

USAGES

- + Les équipements mis à disposition des usagers sont correctement utilisés pour améliorer leur confort thermique,
- La forte porosité limite les zones d'affichages.

Notes

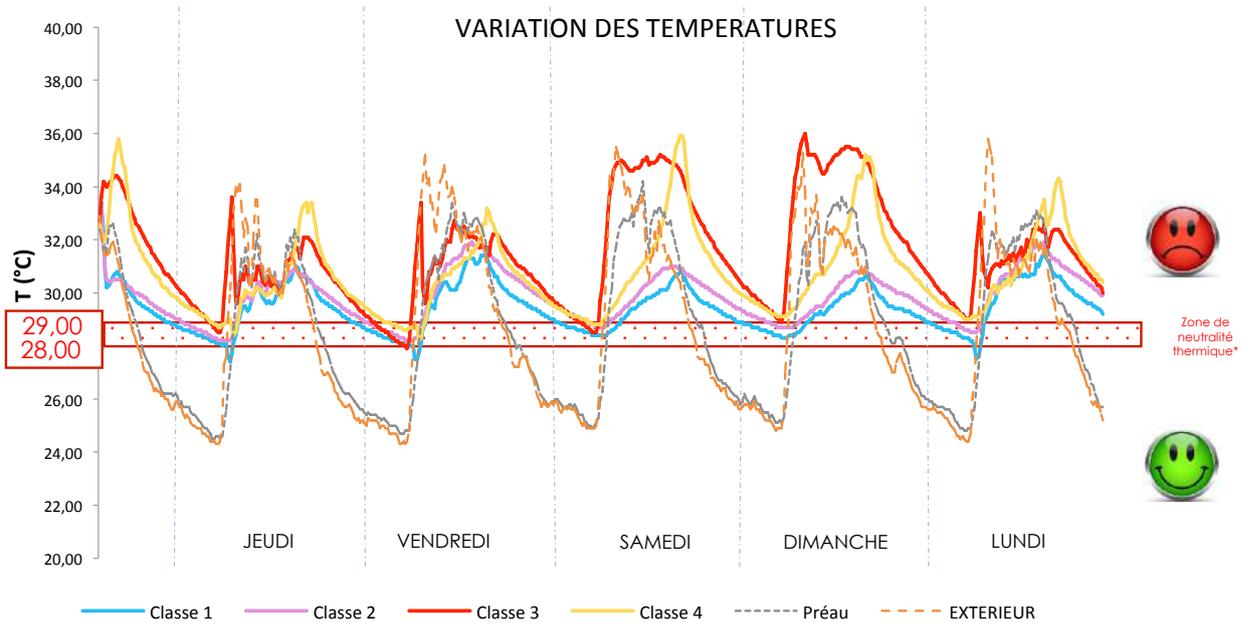
.....

.....

.....

01- ZONE OUEST // ALTITUDE 150 m

ETUDE DE CONFORT THERMIQUE DANS LES ECOLES – CAUE DE LA REUNION / ENVIROBAT – REUNION
CAMPAGNE DE MESURE REALISEE PENDANT LA PERIODE LA PLUS CHAUDE



TEMPERATURE- Comparaison de l'évolution des valeurs mesurées à l'intérieur et à l'extérieur en plusieurs points

La situation d'inconfort est généralisée dans l'école pendant la période d'occupation par les enfants lorsqu'il n'y a pas de mouvement d'air.

Le taux d'inconfort des enfants sur leur temps de présence dans les salles de classes varie entre 85% et 99%, en fonction des classes, avec une vitesse d'air nulle.

La zone la plus agréable de l'école est la classe 1 (avec un taux d'inconfort moyen de 85%).

Les valeurs de températures maximales ont été mesurées dans la classe 3 ne disposant pas de protection solaire à l'Est.

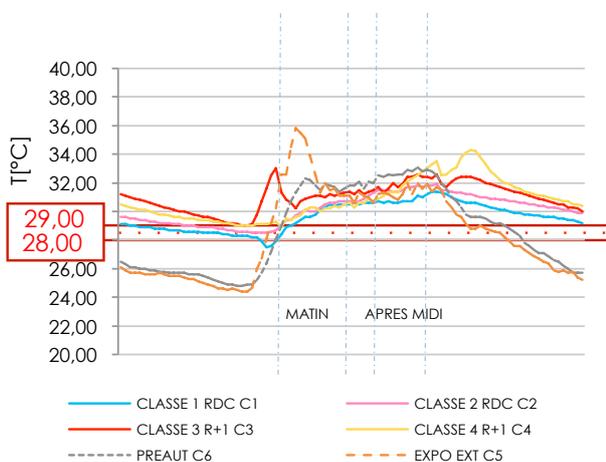
Bien que les températures dépassent les 29°C sur une grande partie du temps, la présence de brasseurs d'air performants en nombre suffisant **permet d'assurer une situation de confort quasi-permanente** (cf. rapport d'étude).

HUMIDITE

L'humidité varie de 58 à 64,3 %. Les salles au RDC sont légèrement plus humides que celles de l'étage.

Zone de neutralité thermique située entre 28 et 29°C pour les enfants dans les écoles, d'après les études réalisées en climat tropical.

EVOLUTION DES TEMPERATURES SUR LA JOURNEE LA PLUS CHAUDE



TEMPERATURE

A l'arrivée des enfants, les températures intérieures sont inférieures à celles mesurées à l'extérieur.

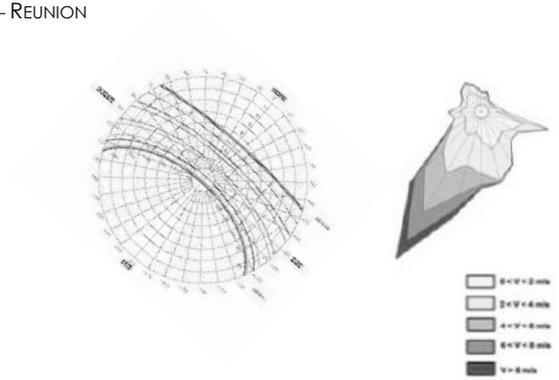
La classe 3 monte davantage en température à cause du manque de protections solaires en façade Est. Dès l'ouverture des jalousies, la décharge thermique est immédiate.

Pendant le reste de la journée, l'évolution des températures intérieures suit l'évolution des températures extérieures.

Les températures sont en moyenne inférieure à 32°C sur la période d'occupation des enfants. Avec l'usage des brasseurs d'air, la température ressentie peut être considérablement diminuée (environ 3,5°C).

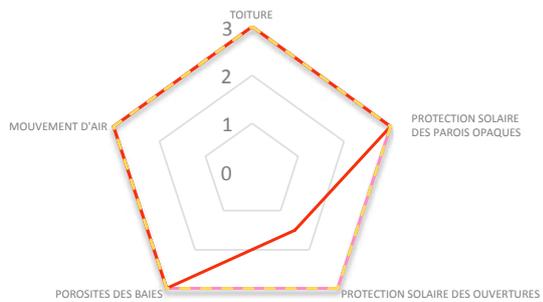
01- ZONE OUEST // ALTITUDE 150 m

ETUDE DE CONFORT THERMIQUE DANS LES ECOLES – CAUE DE LA REUNION / ENVIROBAT – REUNION
 CAMPAGNE DE MESURE REALISEE PENDANT LA PERIODE LA PLUS CHAUDE



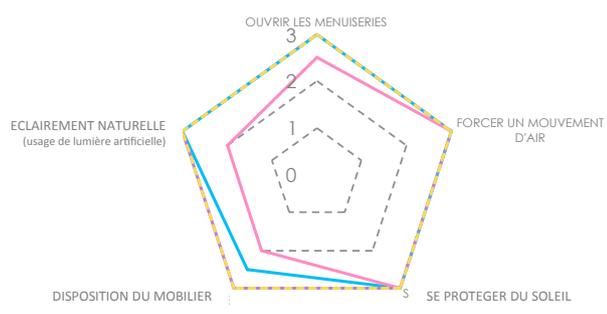
- T_{EXT}
- T_{INT}
- T_{PREAU/COURSIVE}

LE BATIMENT



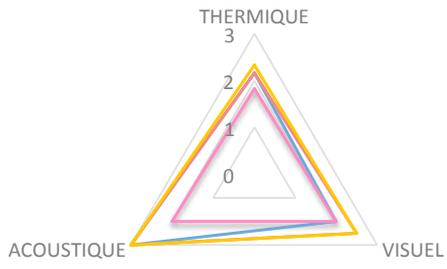
- + Le bâtiment a bénéficié d'une conception bioclimatique lui conférant une enveloppe performante du point de vue thermique.
- La classe N°3 ne dispose pas de protection solaire sur les baies en façades Est. L'absence de protection engendre une source d'inconfort réelle pendant la matinée.

LES USAGES



- + De manière générale, les usagers ont les bons réflexes pour favoriser leur confort thermique dans les classes. Les menuiseries sont ouvertes et brasseurs d'air allumés. Absence de rideaux.
- Disposition d'étagères basses et stockage de lits devant des jalousies dans deux classes.

LE RESSENTI

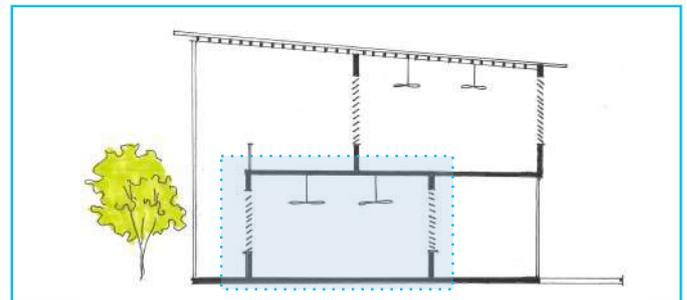
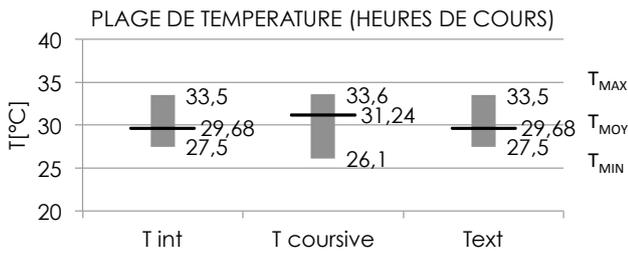
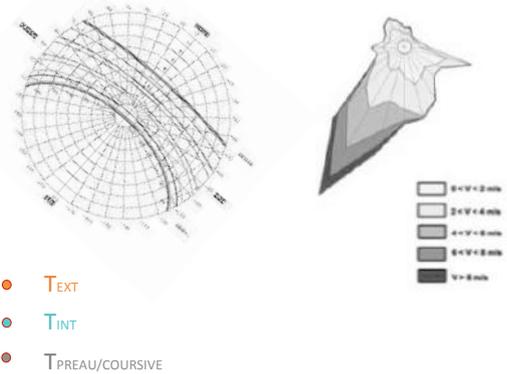


Du point de vu thermique, la situation est jugée comme « légèrement inconfortable », voire « inconfortable ». Il fait « très humide » dans la classe 2.

La présence de protections solaires efficaces génère un léger manque de luminosité naturelle à certains moments de la journée.

Aucune nuisance acoustique n'a été signalée, mis à part dans la classe 2.

CLASSE 1



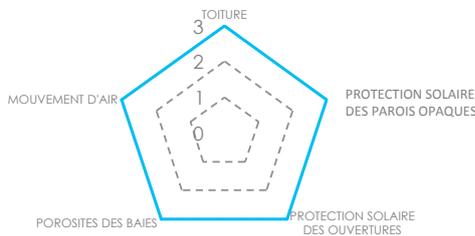
REMARQUE : Classe localisée en RDC. Elle dispose d'une enveloppe favorable au confort thermique de ses usagers.

HR classe moyenne	62,85	%
HR ext moyenne	59,47	%
Période de confort thermique : T _{int} < 29°C Pourcentage du temps de confort thermique par rapport au temps de présence (avec une vitesse d'air nulle)	24	%

0 ——— 3

A AMELIORER EFFICACE

ANALYSE DU BATIMENT

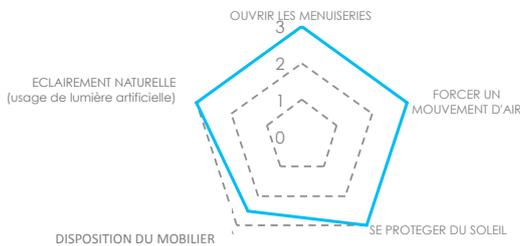


TOITURE & PROTECTION SOLAIRE : Les façades sont protégées par des débords de toit importants. Salle de classe située en RDC.

POROSITE DES BAIES : Porosité importante et équilibrée sur les façades. Hauteur d'allège basse – flux d'air à hauteur des enfants.

MOUVEMENT D'AIR : Le bâtiment bénéficie de la ventilation naturelle, orientation correcte par rapport aux vents dominants. Présence de brasseurs d'air performants en nombre suffisant.

ANALYSE DES USAGES



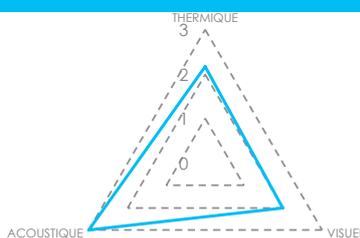
OUVRIR LES MENUISERIES, FORCER UN MOUVEMENT D'AIR : Les menuiseries sont ouvertes et les brasseurs d'air fonctionnent en permanence.

SE PROTEGER DU SOLEIL : Absence de rideaux dans la classe, les protections solaires présentes en façades ne nécessitent pas de protections supplémentaires de la part des usagers.

DISPOSITION DU MOBILIER : Présence d'étagères basses devant certaines jalousies.

ECLAIRAGE ARTIFICIEL : L'éclairage artificiel de la classe n'est pas nécessaire.

ANALYSE DES RESENTIS

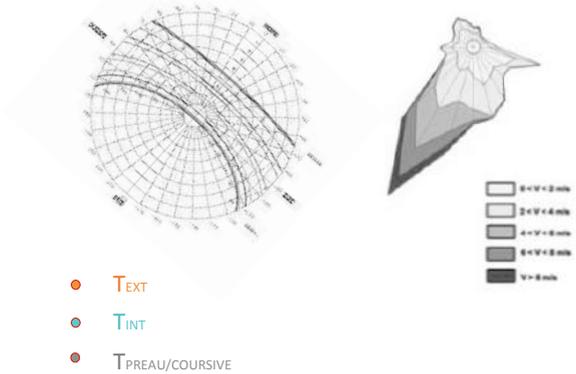


THERMIQUE : Le ressenti est noté comme « inconfortable », avec une vitesse d'air naturelle suffisante et un taux d'humidité légèrement élevé.

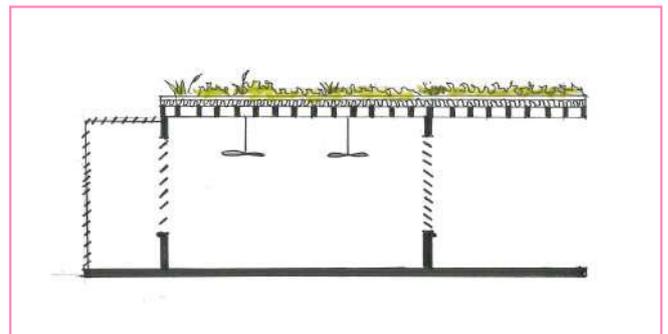
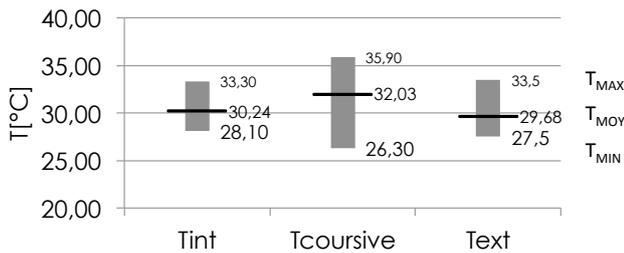
VISUEL : Salle légèrement sombre.

ACOUSTIQUE : Aucune nuisance acoustique de signalée.

CLASSE 2



PLAGE DE TEMPERATURE (HEURES DE COURS)



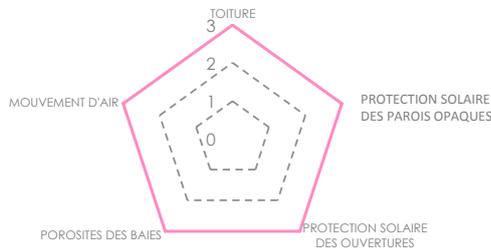
REMARQUE : Classe localisée en RDC. Elle dispose d'une enveloppe favorable au confort thermique de ses usagers.

HR classe moyenne	64,34	%
HR ext moyenne	56,82	%
Période de confort thermique : T _{int} < 29°C Pourcentage du temps de confort thermique par rapport du temps de présence (avec une vitesse d'air nulle)	16	%

0 ——— 3

ANALYSE DU BATIMENT

A AMELIORER EFFICACE

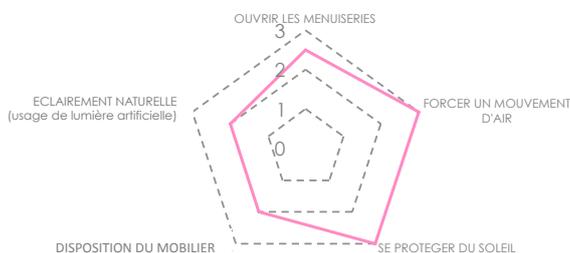


TOITURE & PROTECTION SOLAIRE : Les façades sont protégées par des débords de toit importants à l'Est et des protections solaires verticales à l'Ouest. Le bâtiment dispose d'une toiture terrasse végétalisée.

POROSITE DES BAIES : Porosité importante et équilibrée sur les façades. Hauteur d'allège basse - flux d'air à hauteur des enfants.

MOUVEMENT D'AIR : Le bâtiment bénéficie de la ventilation naturelle, orientation correcte par rapport aux vents dominants. Présence de brasseurs d'air performants en nombre suffisant.

ANALYSE DES USAGES



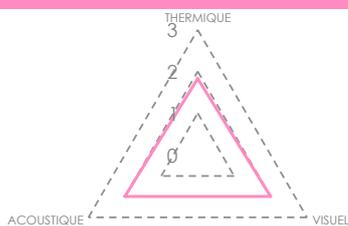
OUVRIR LES MENUISERIES, FORCER UN MOUVEMENT D'AIR : Les menuiseries sont ouvertes, sauf certains après-midi où des nuisances sonores nécessitent la fermeture des ouvrants. Les brasseurs d'air fonctionnent en permanence.

SE PROTEGER DU SOLEIL : Absence de rideaux dans la classe, les protections solaires présentes en façades ne nécessitent pas de protections supplémentaires de la part des usagers.

DISPOSITION DU MOBILIER : Des lits sont stockés devant une jalousie dans un angle de la salle.

ECLAIRAGE ARTIFICIEL : L'éclairage artificiel est utilisé régulièrement.

ANALYSE DES RESENTIS

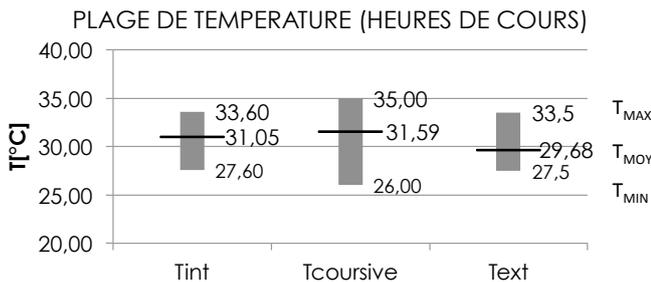
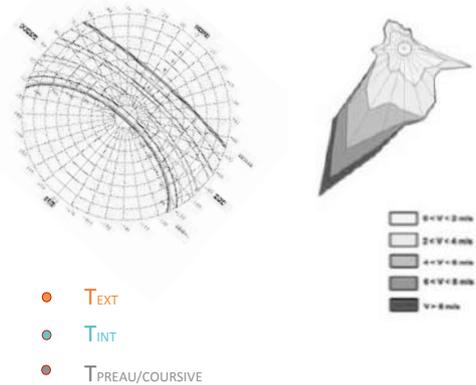
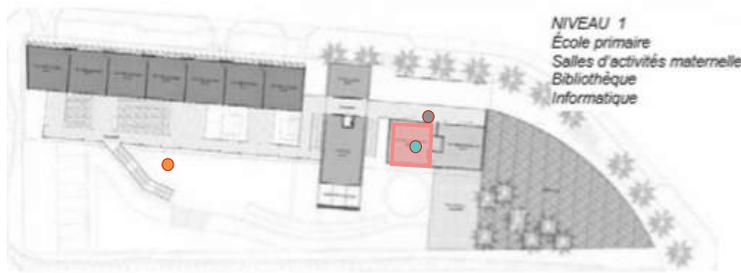


THERMIQUE : Le ressenti est noté comme « légèrement inconfortable », avec une vitesse d'air naturelle insuffisante et un taux d'humidité élevé.

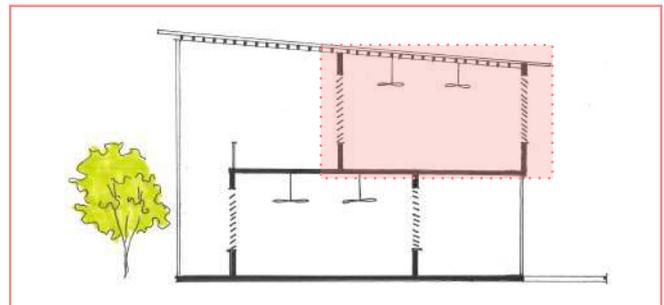
VISUEL : Salle légèrement sombre.

ACOUSTIQUE : Présence d'une nuisance sonore les après-midi, sans préciser la source.

CLASSE 3



HR classe moyenne	57,96	%
HR ext moyenne	57,54	%
Période de confort thermique : $T_{int} < 29^{\circ}\text{C}$ Pourcentage du temps de confort thermique par rapport au temps de présence (avec une vitesse d'air nulle)	1	%

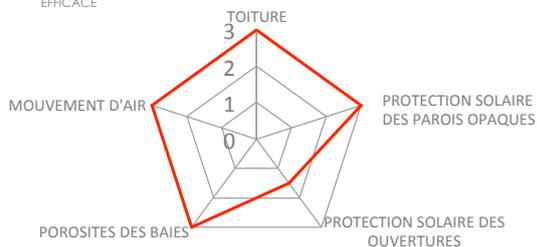


REMARQUE : La classe la plus chaude de l'école se situe au R+1. Elle bénéficie d'une bonne protection solaire sur la façade Nord Ouest. A l'Est, l'absence de protection solaire de la baie génère une exposition directe aux rayonnements.

0 ——— 3

A AMELIORER EFFICACE

ANALYSE DU BATIMENT



TOITURE & PROTECTION SOLAIRE : Les façades sont protégées par des débords de toit importants à l'Ouest. Absence de protection solaire sur les baies à l'Est. Le bâtiment dispose d'une double toiture réfléchissante ventilée.

POROSITE DES BAIES : Porosité importante et équilibrée sur les façades. Hauteur d'allège moyenne (environ 1m).

MOUVEMENT D'AIR : Le bâtiment bénéficie de la ventilation naturelle, orientation correcte par rapport aux vents dominants. Présence de brasseurs d'air performants en nombre suffisant.

ANALYSE DES USAGES



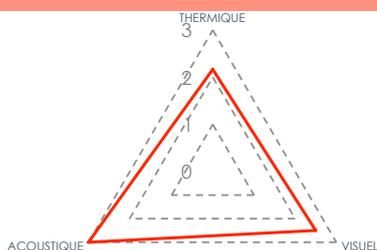
OUVRIR LES MENUISERIES, FORCER UN MOUVEMENT D'AIR : Les menuiseries sont ouvertes et les brasseurs d'air fonctionnent en permanence.

SE PROTEGER DU SOLEIL : Absence de rideaux dans la classe. Les usagers n'ont pas de moyen pour se protéger du rayonnement sur la baie non protégée le matin.

DISPOSITION DU MOBILIER : L'ameublement de la classe n'obstrue pas la ventilation naturelle.

ECLAIRAGE ARTIFICIEL : L'éclairage artificiel de la classe est parfois utilisé le matin.

ANALYSE DES RESENTIS

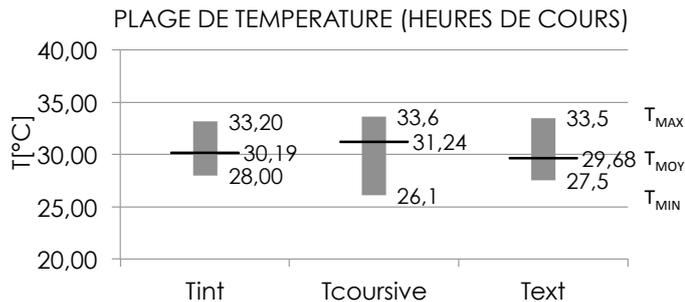
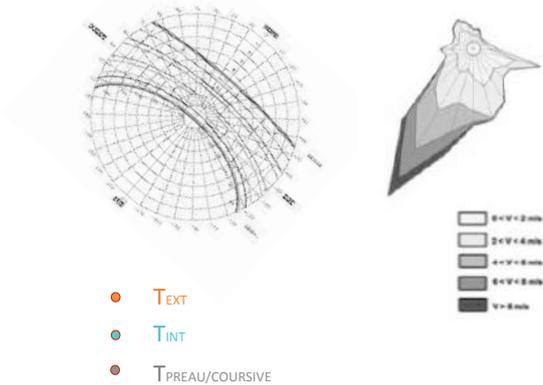


THERMIQUE : Le ressenti est noté comme « inconfortable », avec une vitesse d'air insuffisante et un taux d'humidité noté comme « ni sec, ni humide ».

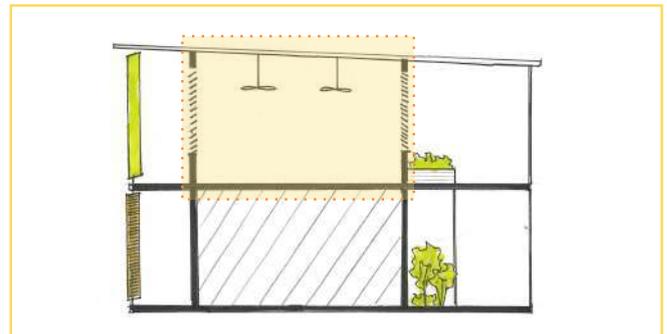
VISUEL : Salle bien éclairé le matin et légèrement sombre l'après midi.

ACOUSTIQUE : Aucune nuisance acoustique de signalée.

CLASSE 4



HR classe moyenne	59,96	%
HR ext moyenne	58,48	%
Période de confort thermique : T _{int} < 29°C Pourcentage du temps de confort thermique par rapport au temps de présence (avec une vitesse d'air nulle)	15	%



REMARQUE : Classe localisée en R+1. Elle dispose d'une enveloppe favorable au confort thermique de ses usagers.

ANALYSE DU BATIMENT

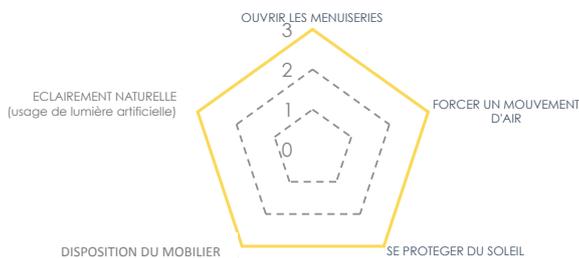


TOITURE & PROTECTION SOLAIRE : Les façades sont protégées par des débords de toit importants à l'Est et des protections solaires verticales à l'Ouest. Le bâtiment dispose d'une double toiture réfléchissante ventilée.

POROSITE DES BAIES : Porosité importante et équilibrée sur les façades. Menuiseries toute hauteur: flux d'air à hauteur des enfants.

MOUVEMENT D'AIR : Le bâtiment bénéficie de la ventilation naturelle, orientation correcte par rapport aux vents dominants. Présence de brasseurs d'air performants en nombre suffisant.

ANALYSE DES USAGES



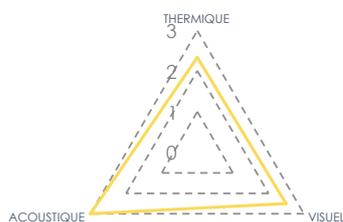
OUVRIR LES MENUISERIES, FORCER UN MOUVEMENT D'AIR : Les menuiseries sont ouvertes et les brasseurs d'air fonctionnent en permanence.

SE PROTEGER DU SOLEIL : Absence de rideaux dans la classe, les protections présentes en façades ne nécessitent pas de protections supplémentaires de la part des usagers.

DISPOSITION DU MOBILIER : L'ameublement de la classe n'obstrue pas la ventilation naturelle.

ECLAIRAGE ARTIFICIEL : L'éclairage artificiel de la classe est parfois utilisé le matin.

ANALYSE DES RESENTIS



THERMIQUE : Le ressenti est noté comme « légèrement inconfortable », avec une vitesse d'air insuffisante et un taux d'humidité légèrement élevé.

VISUEL : Salle légèrement sombre le matin et bien éclairé l'après midi.

ACOUSTIQUE: Aucune nuisance acoustique de signalée.

Fiche d'étude – Ecole 02

ZONE OUEST – ALTITUDE 30 M

02 - ZONE OUEST // ALTITUDE 30 m

ETUDE DE CONFORT THERMIQUE DANS LES ECOLES – CAUE DE LA REUNION / ENVIROBAT – REUNION
CAMPAGNE DE MESURES REALISEE PENDANT LA PERIODE LA PLUS CHAUDE



L'école est située dans un tissu urbain continu, à proximité d'un axe fréquenté. Un espace vert et des alignements d'arbres sont présents en limites Nord et Ouest de l'établissement.

La cour est revêtue d'un enrobé bitumineux et compte 2 arbres et un préau.

Les points forts :

- Protection solaire du bâti par rapport son orientation,
- Hauteur importante sous plafond,
- Porosité satisfaisante.

Les points faibles :

- Grande cour de récréation enrobée,
- Ventilation insuffisante du préau,
- Toiture non isolée,
- Dysfonctionnement des protections solaires orientables obstruant la ventilation naturelle,
- Absence de brasseurs d'air,
- Dysfonctionnement des ventilateurs muraux.

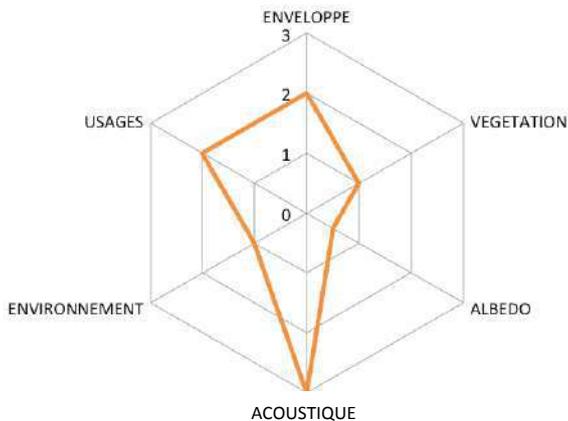
➤ **Le bâtiment est de forme rectangulaire et est traversant. Des débords de toit protègent la façade Sud. La façade Nord est équipée de protections solaires verticales métalliques. Le bâtiment n'est pas isolé.**

➤ **Les usagers sont en situation d'inconfort.**

0 3

A AMELIORER EFFICACE

ANALYSE GENERALE DE L'ECOLE



ENVELOPPE

- + La façade Sud est protégée par un débord de dalle en béton,
- + La façade Nord est protégée par des brises soleil verticales métalliques,
- + Porosité satisfaisante,
- Toiture non isolée,
- Le dysfonctionnement des lames métalliques empêche le bon fonctionnement de la ventilation naturelle.

VEGETATION

- + En limite Nord, des eucalyptus protègent une partie de la façade,
- Cour de récréation essentiellement revêtue d'enrobé. Deux arbres de taille importante sont présent dans la cour mais ne suffisent pas à créer une surface ombragée suffisante.

ALBEDO

- Albédo élevé en raison de l'aspect très minéral de la cour.

ACOUSTIQUE

- + Absence de nuisance sonore spécifique.

ENVIRONNEMENT :

- L'école est localisée dans un tissu urbain continu et dense (Ilot de chaleur).

USAGES

- + Les menuiseries sont toujours ouvertes à l'exception de la salle climatisée.
- Quelques meubles et des rideaux occultent parfois la ventilation naturelle.

Notes

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

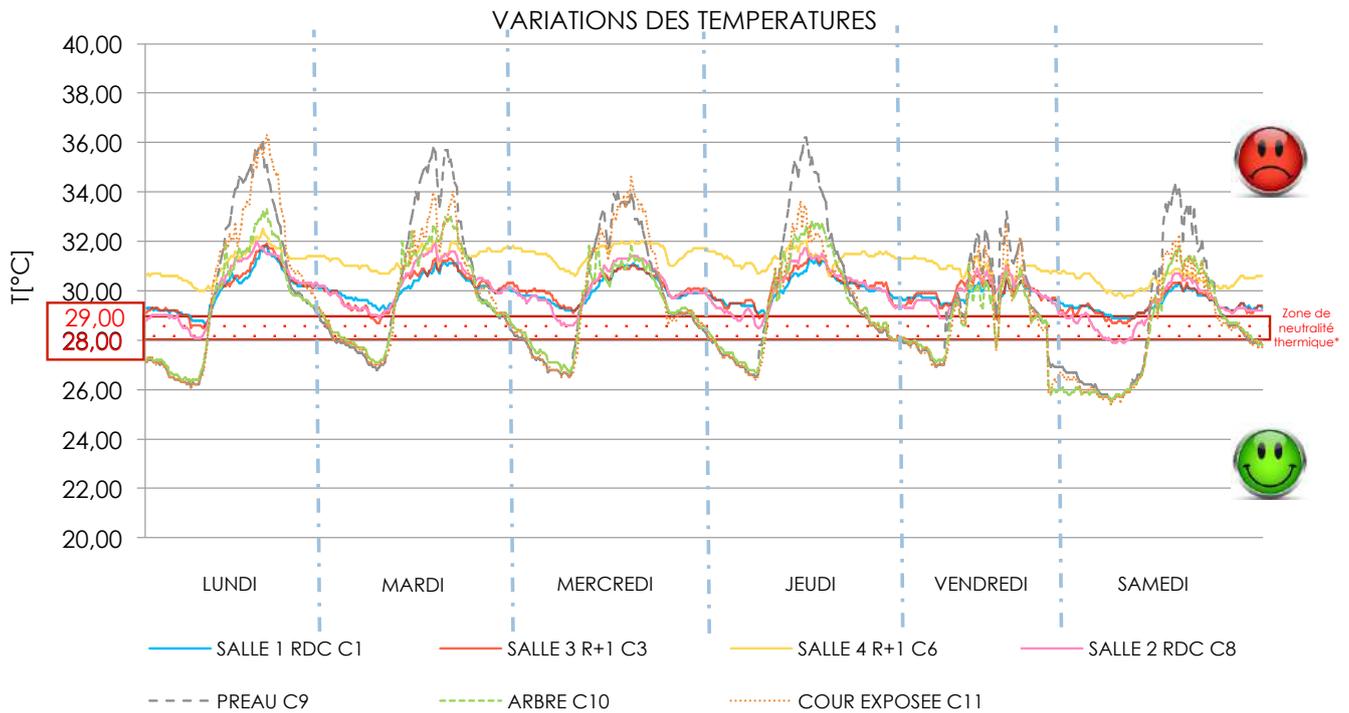
.....

.....

.....

02- ZONE OUEST // ALTITUDE 30 m

ETUDE DE CONFORT THERMIQUE DANS LES ECOLES – CAUE DE LA REUNION / ENVIROBAT – REUNION
CAMPAGNE DE MESURES REALISEE PENDANT LA PERIODE LA PLUS CHAUDE



TEMPERATURE – Comparaison de l'évolution des valeurs mesurées à l'intérieur et à l'extérieur en plusieurs points

La situation d'inconfort est généralisée dans l'école pendant la période d'occupation par les enfants.

Le taux d'inconfort des enfants sur leur temps de présence dans les salles de classes est supérieur à 93%, lorsque la vitesse d'air est nulle.

Les zones les plus agréables de l'école sont la cage d'escalier centrale, ventilée naturellement (avec un taux d'inconfort moyen de 83%) et la zone ombragée sous l'arbre (avec un taux d'inconfort moyen de 92%).

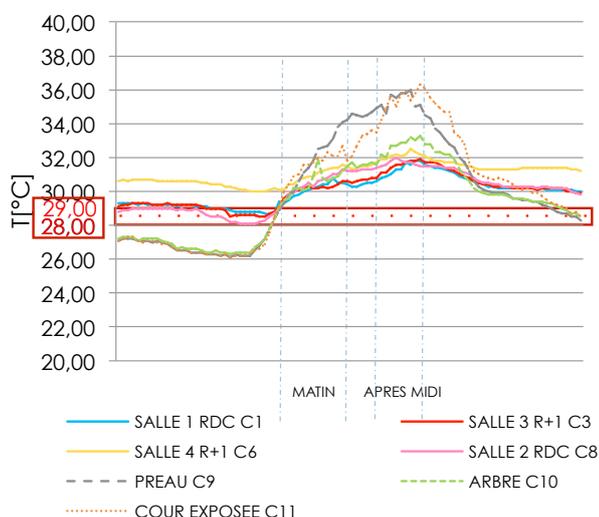
Les valeurs de températures maximales ont été mesurées sous le préau (36°C) où la ventilation naturelle est limitée par les panneaux en bois.

HUMIDITE

L'humidité relative varie entre 50 à 70%.

Zone de neutralité thermique située entre 28 et 29°C pour les enfants dans les écoles, d'après les études réalisées en climat tropical.

EVOLUTION DES TEMPERATURES SUR LA JOURNEE LA PLUS CHAUDE



TEMPERATURE

A 8h30 les températures extérieures et intérieures sont similaires. De manière générale mais plus significativement, à l'extérieur et sous le préau les températures augmentent pendant toute la journée. Il fait moins chaud à l'intérieur qu'à l'extérieur.

La salle 1 au RDC et la salle 3 à l'étage ont des températures moins élevées, de 0,8°C en moyenne. Elles bénéficient de l'ombre des arbres qui protègent la façade Nord.

Les salles 4 et 2 sont les classes les plus chaudes.

L'orientation favorable du bâtiment, ainsi que les protections solaires présentes suffisent à protéger correctement les façades. Les salles de classes ne bénéficient pas d'apport de chaleur par rayonnement direct du soleil.

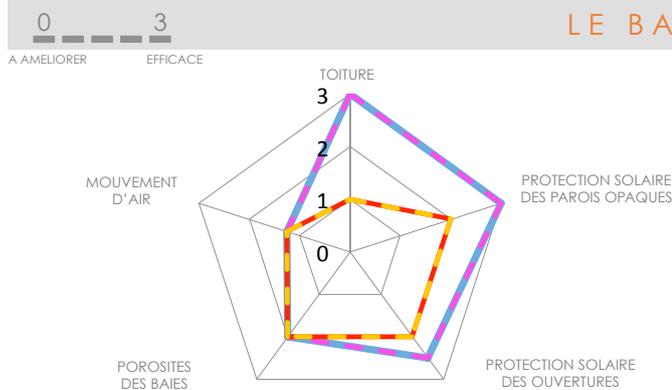
Il fait 3°C moins chaud sous l'arbre que dans la cour de récréation.

02- ZONE OUEST // ALTITUDE 30 m

ÉTUDE DE CONFORT THERMIQUE DANS LES ECOLES – CAUE DE LA REUNION / ENVIROBAT – REUNION
 CAMPAGNE DE MESURES REALISEE PENDANT LA PERIODE LA PLUS CHAUDE



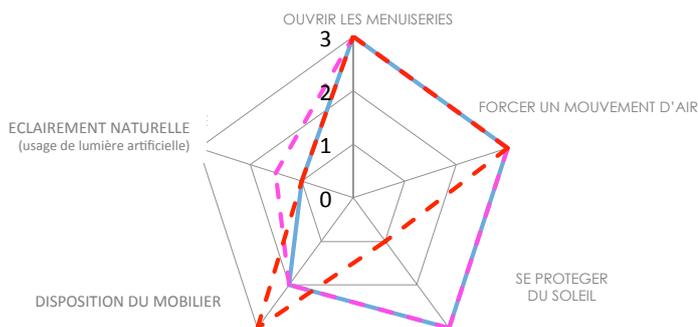
LE BATIMENT



+ L'orientation du bâti et les dispositifs de protections solaires mis en œuvre (débords de toit béton + lames métalliques) limitent les apports thermiques par le rayonnement direct.

- La toiture non isolée, les allèges de menuiseries hautes et le dysfonctionnement des lames métalliques et l'absence de brasseurs d'air représentent de réels points noirs pour le confort thermique.

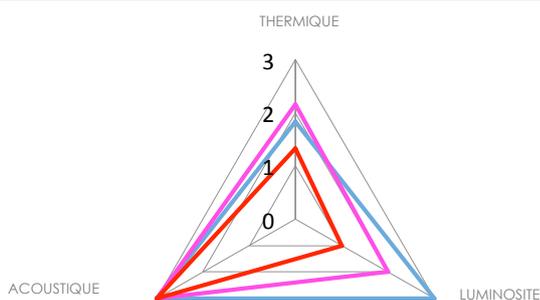
LES USAGES



+ De manière générale, les usagers ont les bons réflexes pour favoriser leur confort thermique dans les classes. Les menuiseries sont ouvertes et les ventilateurs muraux allumés. Dans 3 classes sur 4 les rideaux ne sont pas utilisés pour faciliter l'entrée d'air et la lumière naturelle.

- Bien que les rideaux ne soient pas utilisés, l'éclairage artificiel est allumé en permanence. Il y a très peu de lumière naturelle qui entre par la façade Nord à cause des protections solaires bloquées.

LE RESSENTI

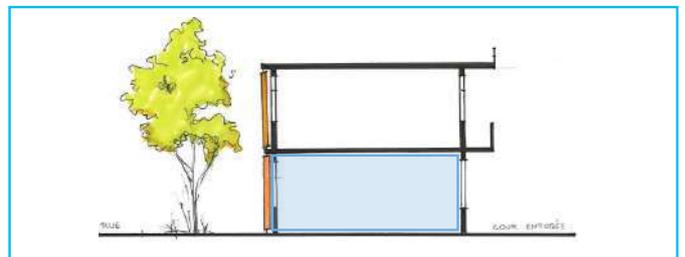
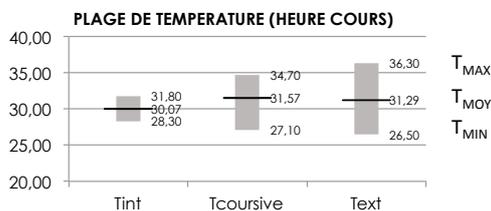
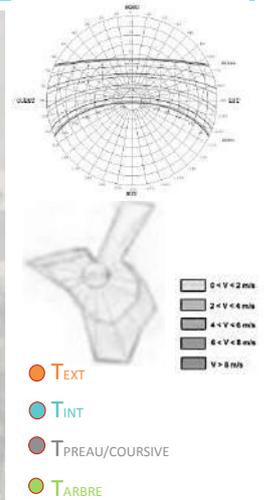


Du point de vu thermique, la situation dans les classes instrumentées est jugée comme « inconfortable » à « extrêmement inconfortable ».

Certaines classes sont plus sombres que d'autres.

Pas de spécificités à signaler pour le confort acoustique.

CLASSE 1



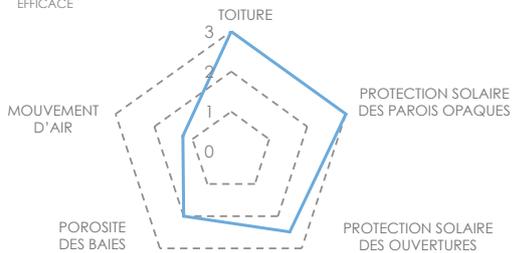
HR classe moyenne	66,41	%
HR ext moyenne	59,59	%
Période de confort thermique : $T_{int} < 29^{\circ}C$ Pourcentage du temps de confort thermique par rapport au temps de présence (avec une vitesse d'air nulle)	6,84	%

REMARQUE : Classe la moins chaude de l'école. Elle bénéficie de l'ombre portée par les eucalyptus en limite Nord et du R+1 qui fait office d'espace tampon. Au Sud elle est directement exposée aux rayonnements de la cour de récréation.

0 ——— 3

ANALYSE DU BATIMENT

A AMELIORER EFFICACE

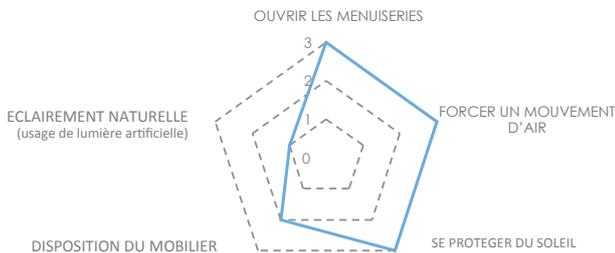


TOITURE & PROTECTION SOLAIRE : Les façades sont protégées par une allée d'arbres et la coursive. Le R+1 constitue un espace thermique tampon favorable au confort thermique.

POROSITE DES BAIES : Porosité satisfaisante mais hauteur d'allège importante.

MOUVEMENT D'AIR : Le bâtiment est orienté face aux vents dominants mais l'impossibilité d'ouvrir les lames de protections solaires nuit au bon fonctionnement de la ventilation naturelle. Absence de brasseurs d'air.

ANALYSE DES USAGES



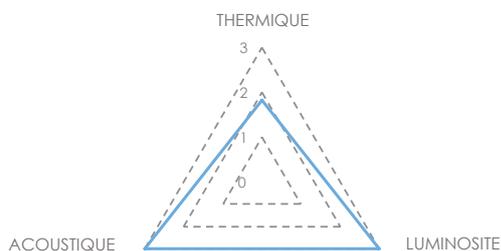
OUVRIR LES MENUISERIES, FORCER UN MOUVEMENT D'AIR : Les menuiseries sont ouvertes et les ventilateurs fonctionnent en permanence.

SE PROTEGER DU SOLEIL : Les usagers ne ressentent pas la nécessité de tirer les rideaux.

DISPOSITION DU MOBILIER : Mobilier partiellement installé devant les menuiseries.

ECLAIRAGE ARTIFICIEL : L'éclairage artificiel de la salle est allumé en permanence.

ANALYSE DES RESENTIS



THERMIQUE : Très inconfortable

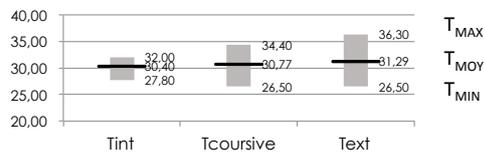
VISUEL : Pas de gêne particulière concernant le confort visuel.

ACOUSTIQUE : Pas de gêne particulière concernant les nuisances acoustiques.

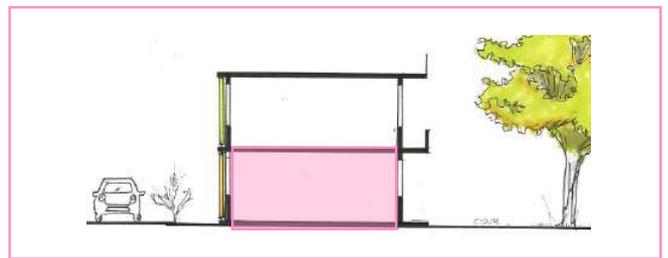
CLASSE 2



PLAGE DE TEMPERATURE (HEURE COURS)



HR classe moyenne	65,47	%
HR ext moyenne	59,59	%
Période de confort thermique : $T_{int} < 29^{\circ}\text{C}$ Pourcentage du temps de confort thermique par rapport du temps de présence (avec une vitesse d'air nulle)	3,42	%

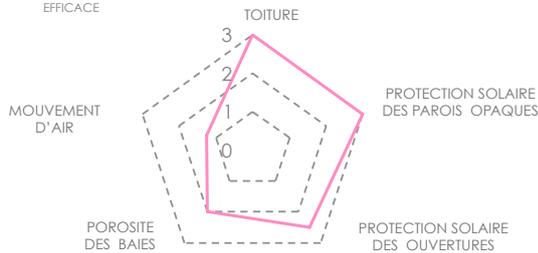


REMARQUE : La classe 2 fait partie des classes instrumentées les plus chaudes. La végétation présente en limite Nord n'est pas suffisamment étoffée, l'arbre trop éloignée dans la cour de récréation n'impacte pas le confort de la classe. Le R+1 fait office d'espace tampon.

0 ——— 3

ANALYSE DU BATIMENT

A AMELIORER EFFICACE

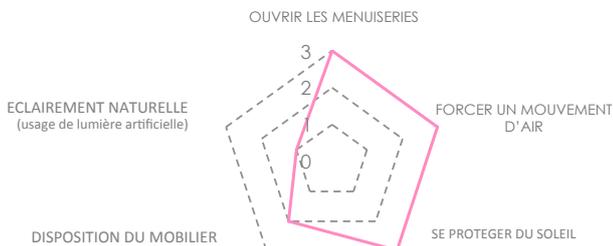


TOITURE & PROTECTION SOLAIRE : Les façades sont protégées par des lames métalliques et la coursive. Le R+1 constitue un espace thermique tampon favorable au confort thermique.

POROSITE DES BAIES : Porosité satisfaisante mais hauteur d'allège importante.

MOUVEMENT D'AIR : Le bâtiment est orienté face aux vents dominants mais l'impossibilité d'ouvrir les lames de protections solaires nuit au bon fonctionnement de la ventilation naturelle. Absence de brasseurs d'air.

ANALYSE DES USAGES



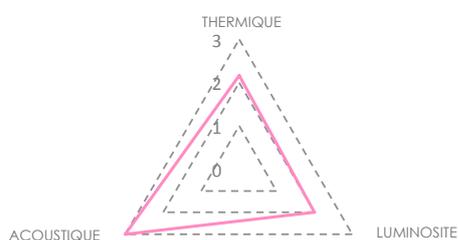
OUVRIR LES MENUISERIES, FORCER UN MOUVEMENT D'AIR : Les menuiseries sont ouvertes et les ventilateurs fonctionnent en permanence.

SE PROTEGER DU SOLEIL : Les usagers ne ressentent pas la nécessité de tirer les rideaux.

DISPOSITION DU MOBILIER : Mobilier partiellement installé devant les menuiseries.

ECLAIRAGE ARTIFICIEL : L'éclairage artificiel de la salle est allumé en permanence.

ANALYSE DES RESENTIS



THERMIQUE : Inconfortable

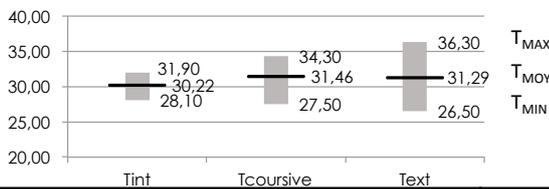
VISUEL : Salle légèrement sombre.

ACOUSTIQUE : Pas de gêne particulière concernant les nuisances acoustiques.

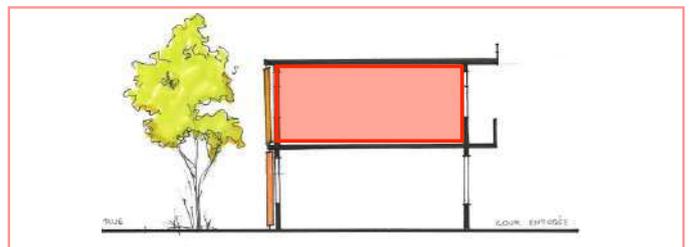
CLASSE 3



PLAGE DE TEMPERATURE (HEURE COURS)



HR classe moyenne	66,20	%
HR ext moyenne	59,59	%
Période de confort thermique : $T_{int} < 29^{\circ}\text{C}$ Pourcentage du temps de confort thermique par rapport au temps de présence (avec une vitesse d'air nulle)	4,70	%

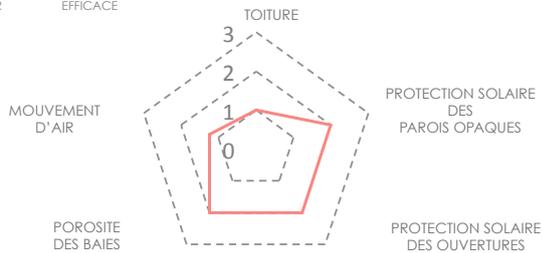


REMARQUE : La classe 3 se situe au R+1. Elle bénéficie de l'ombre portée par les eucalyptus en limite Nord et du débord de toit au Sud.

0 3

ANALYSE DU BATIMENT

A AMELIORER EFFICACE

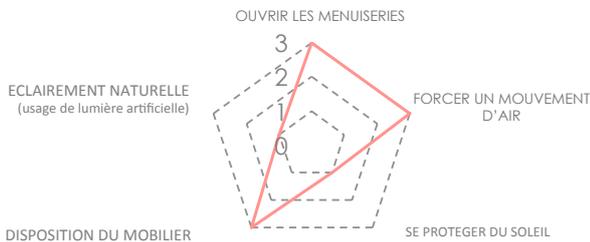


TOITURE & PROTECTION SOLAIRE : Les façades sont protégées par des lames métalliques et la coursive. Toiture terrasse béton non isolée.

POROSITE DES BAIES : Porosité satisfaisante mais hauteur d'allège importante.

MOUVEMENT D'AIR : Le bâtiment est orienté face aux vents dominants mais l'impossibilité d'ouvrir les lames de protections solaires nuit au bon fonctionnement de la ventilation naturelle. Absence de brasseurs d'air.

ANALYSE DES USAGES



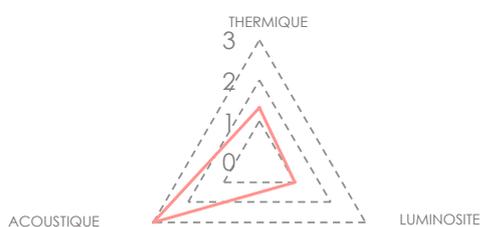
OUVRIR LES MENUISERIES, FORCER UN MOUVEMENT D'AIR : Les menuiseries sont ouvertes et les ventilateurs fonctionnent en permanence.

SE PROTEGER DU SOLEIL : Les usagers tirent régulièrement les rideaux.

DISPOSITION DU MOBILIER : L'ameublement de la classe ne génère pas de gêne pour la ventilation naturelle.

ECLAIRAGE ARTIFICIEL : L'éclairage artificiel de la salle est allumé en permanence. La salle est décrite comme sombre.

ANALYSE DES RESENTIS

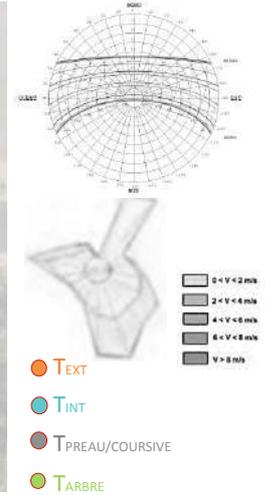


THERMIQUE : Extrêmement inconfortable

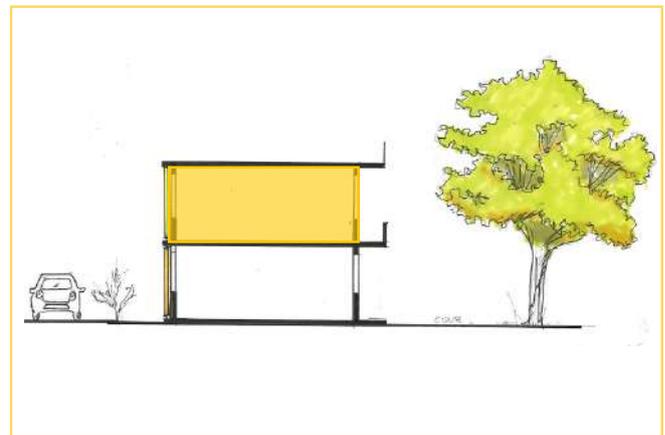
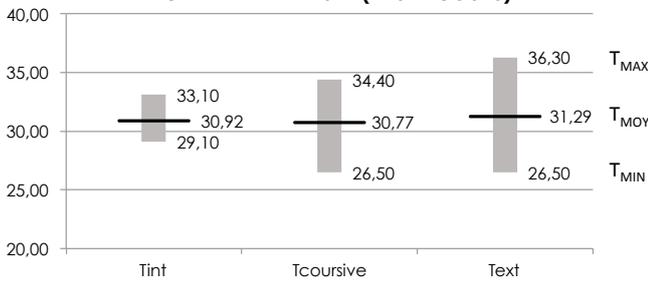
VISUEL : Salle très sombre.

ACOUSTIQUE : Pas de gêne particulière concernant les nuisances acoustiques.

CLASSE 4



PLAGE DE TEMPERATURE (HEURE COURS)



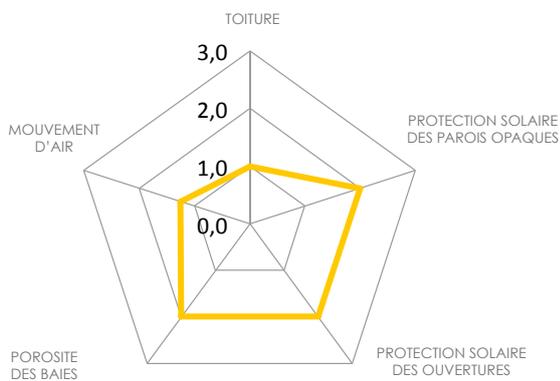
HR classe moyenne	62,98	%
HR ext moyenne	59,59	%
Période de confort thermique : $T_{int} < 29^{\circ}\text{C}$ Pourcentage du temps de confort thermique par rapport au temps de présence (avec une vitesse d'air nulle)	0,00	%

REMARQUE : La classe 4, en R+1, est la classe instrumentée la plus chaude. Dans la cour, l'arbre trop éloignée n'impacte pas la variation de température à l'intérieur de la classe. La toiture terrasse n'est pas isolée.

0 ——— 3

ANALYSE DES CARACTERISTIQUES DU BATIMENT

A AMELIORER EFFICACE



TOITURE & PROTECTION SOLAIRE : Les façades sont protégées par des lames métalliques et la coursive. Toiture terrasse béton non isolée.

POROSITE DES BAIES : Porosité satisfaisante mais hauteur d'allège importante.

MOUVEMENT D'AIR : Le bâtiment est orienté face aux vents dominants mais l'impossibilité d'ouvrir les lames de protections solaires nuit au bon fonctionnement de la ventilation naturelle. Absence de brasseurs d'air.

Fiche d'étude – Ecole 03

ZONE OUEST – ALTITUDE 30 M

03 - ZONE OUEST // ALTITUDE 30 m

ETUDE DE CONFORT THERMIQUE DANS LES ECOLES – CAUE DE LA REUNION / ENVIROBAT – REUNION
 CAMPAGNE DE MESURES REALISEE PENDANT LA PERIODE LA PLUS CHAUDE



Les points forts :

- Proximité du littoral et d'une zone boisée,
- Végétalisation importante de la cour d'école,
- Hauteur importante sous plafond,
- Porosité satisfaisante.

Les points faibles :

- Protection solaire du bâti par rapport à son orientation
- Cour de récréation fortement enrobée,
- Toiture non isolée,
- Présence de brasseurs d'air peu performants en quantité insuffisante,
- Proximité du plateau sportif et des salles de classes.

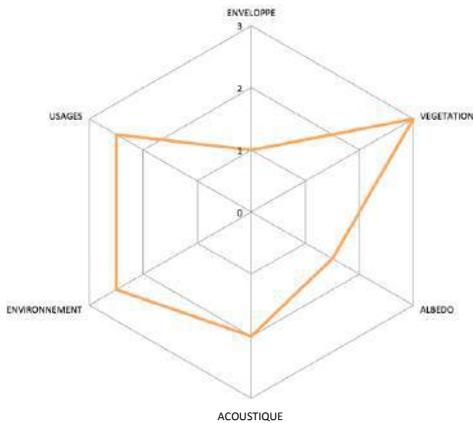
L'école est située sur le littoral. Elle est bordée par une zone fortement végétalisée à l'Ouest suivie de la mer et d'un quartier résidentiel à l'Est.

➤ **Le bâtiment de forme rectangulaire et est traversant. Les façades principales sont orientées Est / Ouest. Le bâtiment n'est pas isolé. La cour de récréation est fortement végétalisée mais dispose également d'une surface d'enrobé importante.**

➤ **Les usagers sont en situation d'inconfort.**

0 3 ANALYSE GENERALE DE L'ECOLE

A AMELIORER EFFICACE



ENVELOPPE

- + Façades partiellement protégées du soleil par la végétation,
- + Porosité satisfaisante,
- Toiture non isolée,
- Protections solaires non adaptées à l'orientation,
- Façade de couleur sombre.

VEGETATION

- + Présence de différentes strates végétales. Des arbres créent de l'ombre.

ALBEDO élevé à faible en fonction des zones

- + Présence importante de végétation,
- Cour revêtue d'enrobé bitumineux et de gazon synthétique.

ACOUSTIQUE

- Nuisances sonores liées au plateau sportif.

ENVIRONNEMENT

- + L'école est localisée dans un tissu urbain continu et dense, cependant, elle bénéficie de sa proximité à la mer et à une dense bande végétale.

USAGES

- + Les menuiseries sont toujours ouvertes,
- L'usage des rideaux occultent parfois la ventilation naturelle.

Notes

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

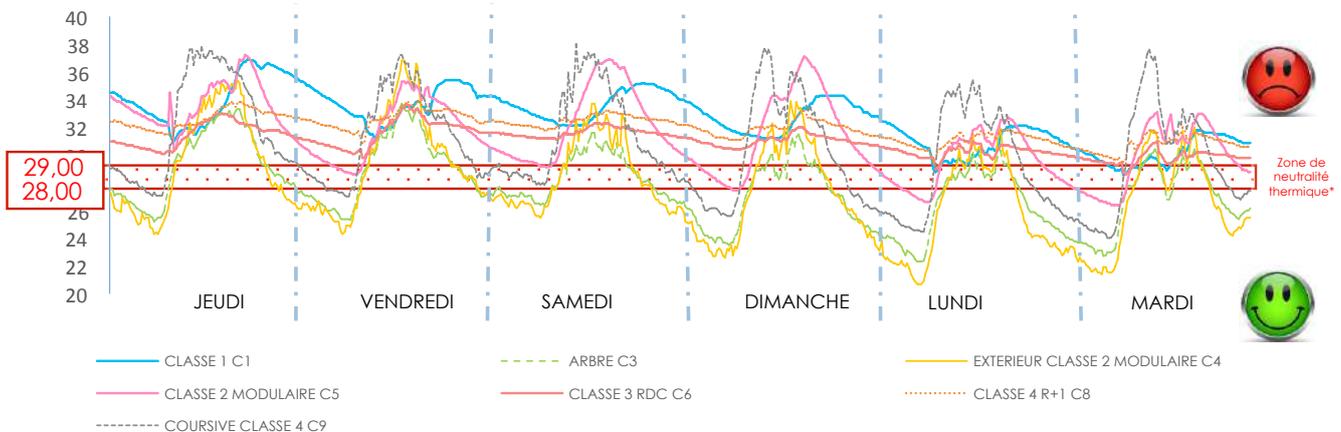
.....

.....

03- ZONE OUEST // ALTITUDE 30 m

ETUDE DE CONFORT THERMIQUE DANS LES ECOLES – CAUE DE LA REUNION / ENVIROBAT – REUNION
 CAMPAGNE DE MESURES REALISEE PENDANT LA PERIODE LA PLUS CHAUDE

VARIATION DES TEMPERATURES



TEMPERATURE – Comparaison de l'évolution des valeurs mesurées à l'intérieur et à l'extérieur en plusieurs points

La situation d'inconfort est généralisée dans l'école pendant la période d'occupation par les enfants.

Le taux d'inconfort des enfants sur leur temps de présence dans les salles de classes varie entre 91,3% et 100%, en fonction des classes, avec une vitesse d'air nulle.

La zone la plus agréable de l'école est la zone ombragée sous l'arbre (avec un taux d'inconfort moyen de 63%).

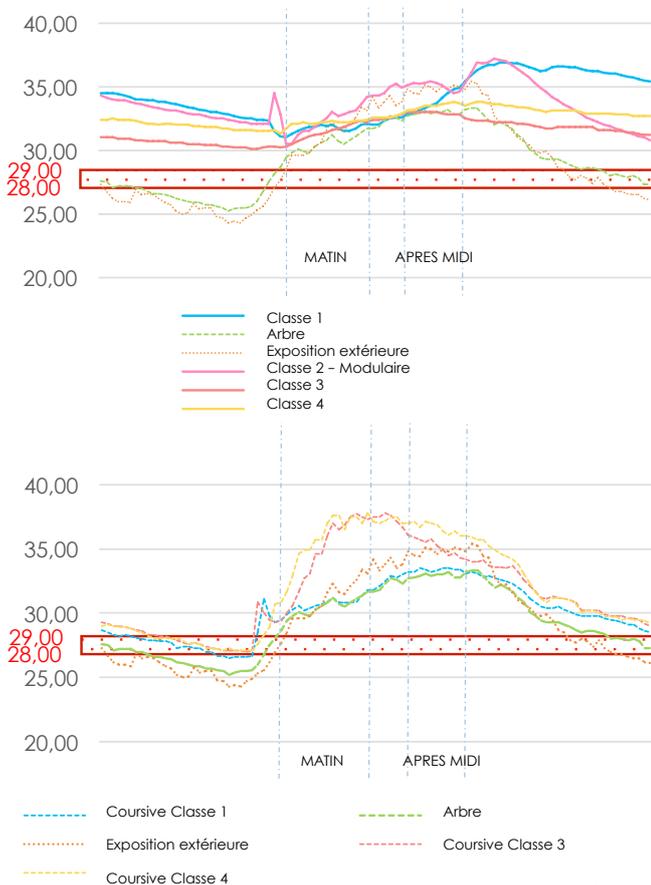
Les valeurs de températures maximales ont été mesurées sur la coursive permettant l'accès aux classes du R+1.

HUMIDITE

L'humidité relative varie de 57 à 61 %.

Zone de neutralité thermique située entre 28 et 29°C pour les enfants dans les écoles, d'après les études réalisées en climat tropical.

EVOLUTION DES TEMPERATURES SUR LA JOURNEE LA PLUS CHAUDE



TEMPERATURE

A 8h30 les températures intérieures sont supérieures à celles extérieures.

De manière générale, il fait moins chaud dans la salle de classe 3, en RDC protégée par la végétation et bénéficiant de l'espace tampon du R+1.

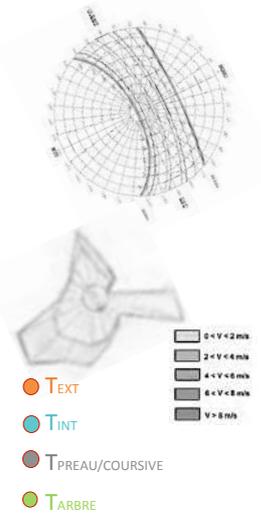
Globalement, les salles de classe en béton connaissent la même évolution de températures. Le modulaire ayant moins d'inertie et une porosité plus faible, va monter en température plus rapidement. La nuit dans cette classe la décharge thermique se fera plus rapidement également.

Le test en ventilation nocturne de la classe 1 a démontré qu'il est possible d'abaisser la température intérieure de 1°C lorsque les « nacos » ouverts la nuit: cela permet la décharge thermique. Cette même expérience a démontré que lorsque la classe n'est pas ventilée la nuit, la décharge thermique se fait à l'ouverture de la classe avant l'arrivée des enfants le matin. Il n'y a alors pas de réel intérêt du point de vu thermique à ventiler la nuit.

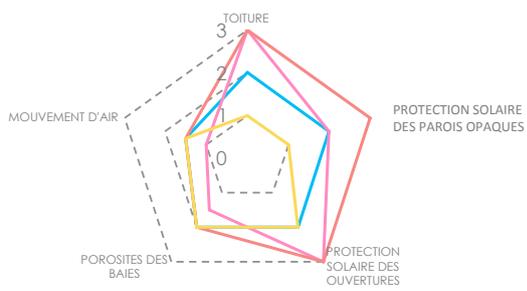
Le **deuxième graphe** met en avant le fait qu'il fait moins chaud sous et à proximité des arbres (courbe verte et bleu) et que la température extérieure dans la cour végétalisée (courbe orange) est plus faible que celle mesurée sur les coursives (courbes jaune et rouge) donnant sur la cour enrobée.

03- ZONE OUEST // ALTITUDE 30 m

ETUDE DE CONFORT THERMIQUE DANS LES ECOLES – CAUE DE LA REUNION / ENVIROBAT – REUNION
CAMPAGNE DE MESURES REALISEE PENDANT LA PERIODE LA PLUS CHAUDE

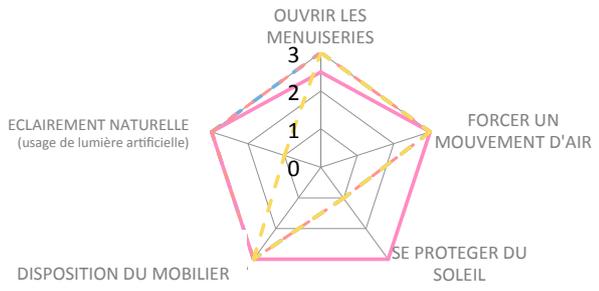


LE BATIMENT



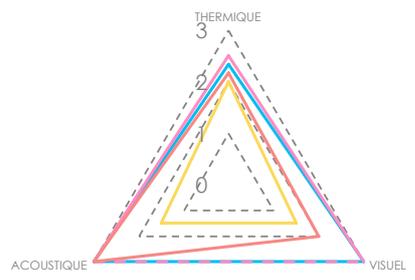
- + La présence de végétaux assurent la protection solaire des façades du bâtiment sur une partie de la journée. La hauteur sous plafond est importante.
- La toiture non isolée, les protections solaires non adaptées à l'orientation du bâti et les allèges de menuiseries hautes représentent de réels points noirs pour le confort thermique. Deux brasseurs d'air sont installés par salle de classe. Ces derniers sont en nombre insuffisant et peu performant. Le modulaire dispose d'une porosité insatisfaisante.

LES USAGES



- + De manière générale, les usagers ont les bons réflexes pour favoriser leur confort thermique dans les classes. Les menuiseries sont ouvertes et brasseurs d'air allumés. Dans la salle 4, la plus impactée par les rayonnements directs du matin, les rideaux sont régulièrement utilisés pour limiter la surchauffe de la classe
- En tirant les rideaux, l'éclairage naturel de la salle de classe et l'efficacité de la ventilation naturelle sont fortement atténués.

LE RESSENTI

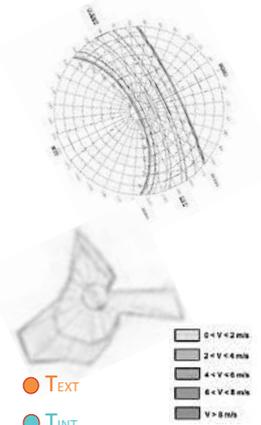


Du point de vu thermique, la situation dans les classes 1, 2 et 3 est jugée comme « légèrement inconfortable » à « inconfortable ». La situation dans les classes 4 est jugée comme « extrêmement inconfortable » à « inconfortable ».

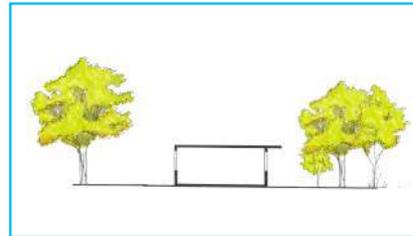
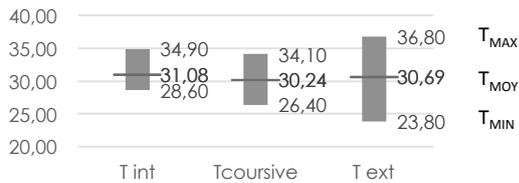
L'usage fréquent des rideaux pour la classe 4 et les protections solaires assurées par la végétation pour la classe 3 attribuent une sensation de classe légèrement sombre.

Une problématique de nuisance acoustique a été signalée au niveau des classes les plus proches du plateau sportif.

CLASSE 1



PLAGE DE TEMPERATURE (HEURE COURS)



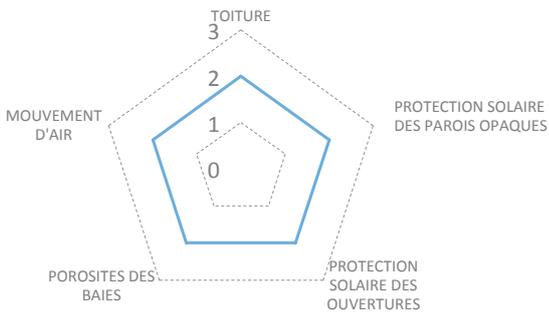
HR classe moyenne	60,14	%
HR ext moyenne	62,73	%
Période de confort thermique : $T_{int} < 29^{\circ}\text{C}$ Pourcentage du temps de confort thermique par rapport au temps de présence (avec une vitesse d'air nulle)	6,52	%

REMARQUE : La classe en béton en RDC. Elle se situe dans un environnement très arboré.

0 ——— 3

ANALYSE DU BATIMENT

A AMELIORER EFFICACE

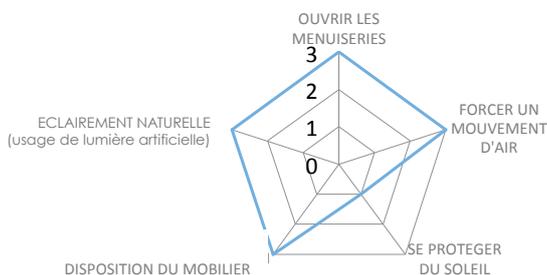


TOITURE & PROTECTION SOLAIRE : Les façades sont partiellement protégées de la végétation. La toiture n'est pas isolée.

POROSITE DES BAIES : Porosité satisfaisante mais hauteur d'allège importante.

MOUVEMENT D'AIR : Le bâtiment bénéficie des brises de terre. Présence de brasseurs d'air en nombre insuffisant et peu performants.

ANALYSE DES USAGES



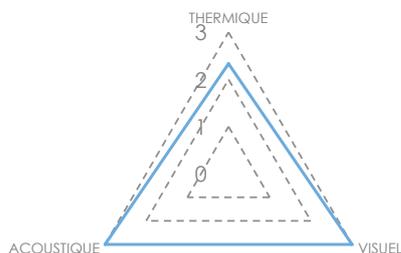
OUVRIR LES MENUISERIES, FORCER UN MOUVEMENT D'AIR : Les menuiseries sont ouvertes et les brasseurs d'air fonctionnent en permanence.

SE PROTEGER DU SOLEIL : Les usagers ressentent régulièrement la nécessité de tirer les rideaux.

DISPOSITION DU MOBILIER : L'ameublement de la classe n'obstrue pas la ventilation naturelle.

ECLAIRAGE ARTIFICIEL : L'éclairage artificiel de la classe n'est quasiment pas utilisé.

ANALYSE DES RESENTIS



THERMIQUE : Le ressenti est noté comme inconfortable, avec une vitesse d'air insuffisante.

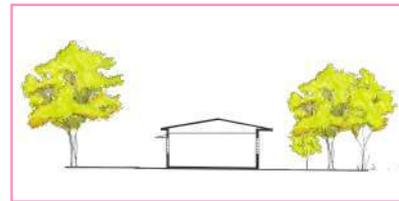
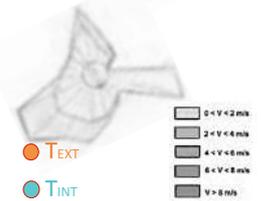
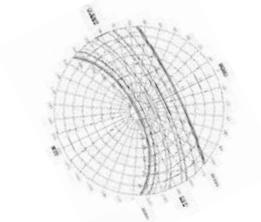
VISUEL : Pas de gêne particulière concernant le confort visuel.

ACOUSTIQUE : Pas de gêne particulière concernant les nuisances acoustiques.

CLASSE 2



PLAGE DE TEMPERATURE (HEURE COURS)



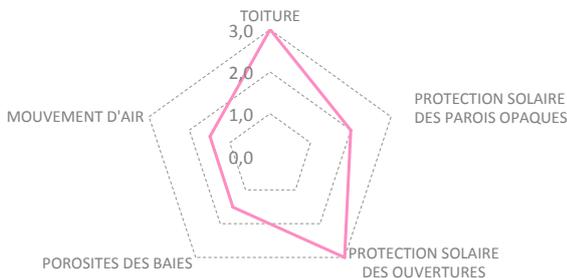
REMARQUE : La classe 2 se trouve dans un modulaire. Il s'agit de la salle de classe où les températures maximales ont été mesurées.

HR classe moyenne	56,59	%
HR ext moyenne	62,73	%
Période de confort thermique : $T_{int} < 29^{\circ}C$ <small>Pourcentage du temps de confort thermique par rapport du temps de présence (avec une vitesse d'air nulle)</small>	8,70	%

0 ----- 3

A AMELIORER EFFICACE

ANALYSE DU BATIMENT

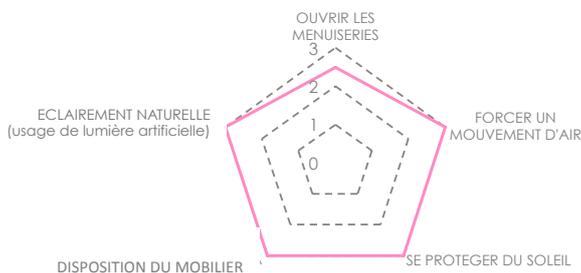


TOITURE & PROTECTION SOLAIRE : Les façades principales sont protégées par des débords de toit importants et constituées de panneaux sandwich isolants. La toiture est isolée.

POROSITE DES BAIES : Porosité insatisfaisante et non équilibrée sur les façades.

MOUVEMENT D'AIR : Le bâtiment bénéficie des brises de terre. Présence de brasseurs d'air en nombre insuffisant et peu performants.

ANALYSE DES USAGES



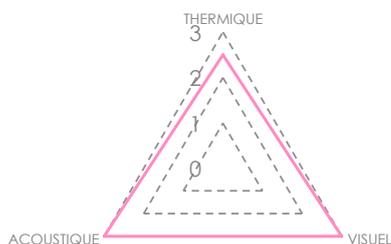
OUVRIR LES MENUISERIES, FORCER UN MOUVEMENT D'AIR : Les menuiseries sont ouvertes, « sauf en cas de pluie » et les brasseurs d'air fonctionnent en permanence.

SE PROTEGER DU SOLEIL : Absence de rideaux dans la classe.

DISPOSITION DU MOBILIER : L'ameublement de la classe n'obstrue pas la ventilation naturelle.

ECLAIRAGE ARTIFICIEL : L'éclairage artificiel de la classe n'est quasiment pas utilisé.

ANALYSE DES RESENTIS

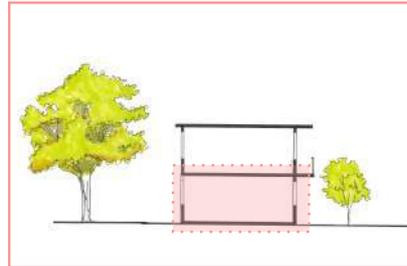
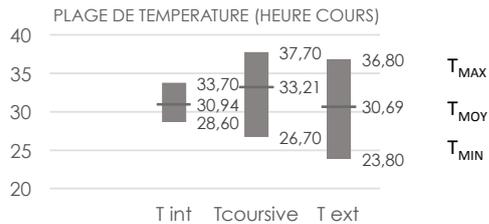
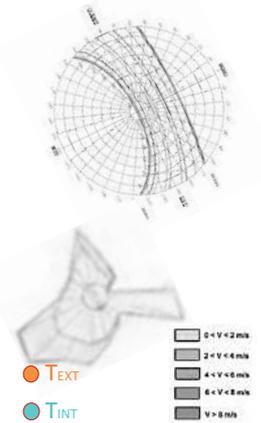


THERMIQUE : Le ressenti est noté comme « légèrement inconfortable », avec une vitesse d'air « insuffisante » et un taux d'humidité « ni trop sec, ni trop humide ».

VISUEL : Pas de gêne particulière concernant le visuel.

ACOUSTIQUE: Pas de gêne particulière concernant les nuisances acoustiques.

CLASSE 3



- T_{EXT}
- T_{INT}
- T_{PREAU/COURSIVE}
- T_{ARBRE}

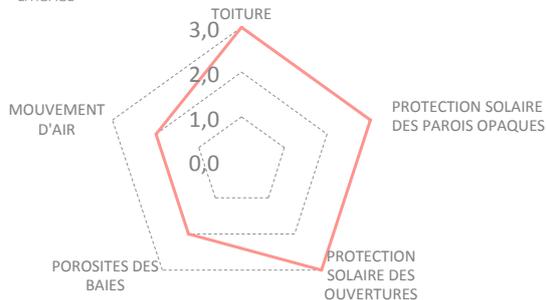
HR classe moyenne	61,30	%
HR ext moyenne	62,73	%
Période de confort thermique : T _{int} < 29°C <small>Pourcentage du temps de confort thermique par rapport au temps de présence (avec une vitesse d'air nulle)</small>	4,35	%

REMARQUE : La classe 3 se situe au RDC. Elle bénéficie de l'ombre portée par la végétation à proximité des façades.

0 ——— 3

ANALYSE DU BATIMENT

A AMELIORER EFFICACE

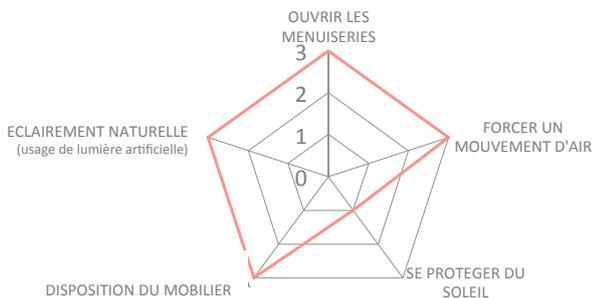


TOITURE & PROTECTION SOLAIRE : Le R+1 fait office d'espace tampon du point de vue thermique.

POROSITE DES BAIES : Porosité satisfaisante mais hauteur d'allège importante.

MOUVEMENT D'AIR : Le bâtiment bénéficie des brises de terre. Présence de brasseurs d'air en nombre insuffisant et peu performants.

ANALYSE DES USAGES



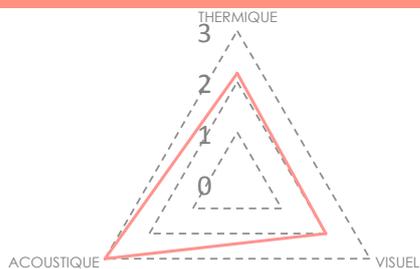
OUVRIR LES MENUISERIES, FORCER UN MOUVEMENT D'AIR : Les menuiseries sont ouvertes et les brasseurs d'air fonctionnent en permanence.

SE PROTEGER DU SOLEIL : Les usagers ressentent régulièrement la nécessité de tirer les rideaux.

DISPOSITION DU MOBILIER : L'ameublement de la classe n'obstrue pas la ventilation naturelle.

ECLAIRAGE ARTIFICIEL : L'éclairage artificiel de la classe n'est quasiment pas utilisé.

ANALYSE DES RESENTIS

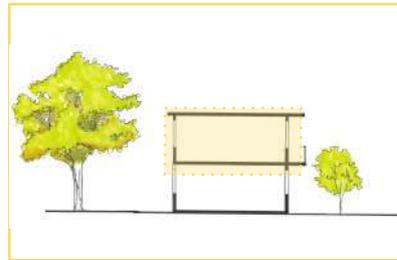
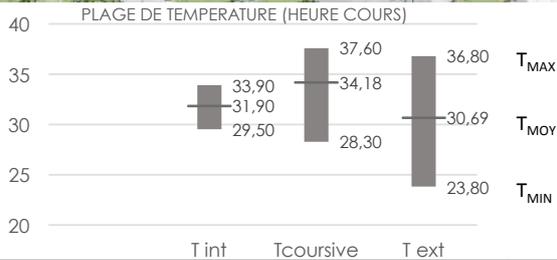
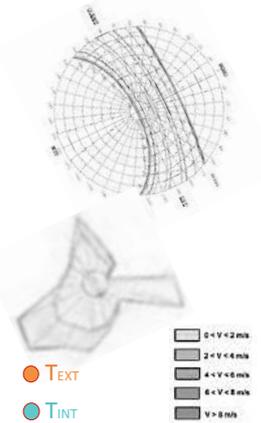


THERMIQUE : Le ressenti est noté comme « légèrement inconfortable », avec une vitesse d'air « insuffisante ». L'air est ressenti comme « humide ».

VISUEL : Les usagers trouvent la classe légèrement sombre.

ACOUSTIQUE : Pas de gêne particulière concernant les nuisances acoustiques.

CLASSE 4



- T_{EXT}
- T_{INT}
- T_{PREAU/COURSIVE}
- T_{ARBRE}



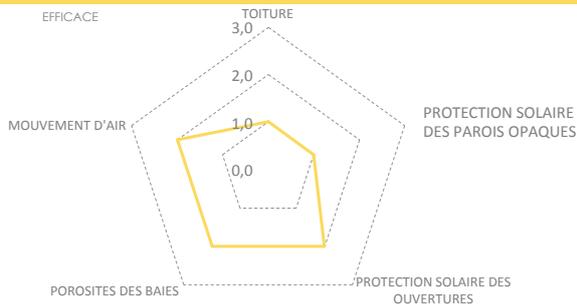
HR classe moyenne	59,44	%
HR ext moyenne	62,73	%
Période de confort thermique : T _{int} < 29°C Pourcentage du temps de confort thermique par rapport au temps de présence (avec une vitesse d'air nulle)	0	%

REMARQUE : Classe 3 se situe au R+1. Il s'agit de la salle de classe où les températures moyennes maximales ont été mesurées.

0 3

ANALYSE DU BATIMENT

A AMELIORER EFFICACE

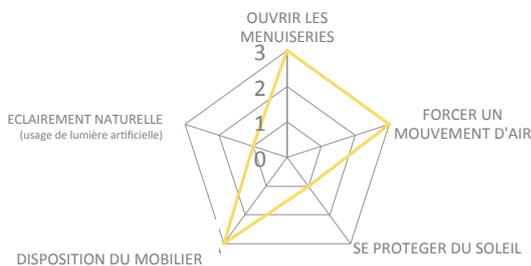


TOITURE & PROTECTION SOLAIRE : La toiture n'est pas isolée et les protections solaires des façades ne sont pas adaptées à l'orientation du bâtiment.

POROSITE DES BAIES : Porosité satisfaisante mais hauteur d'allège importante.

MOUVEMENT D'AIR : Le bâtiment bénéficie des brises de terre. Présence de brasseurs d'air en nombre insuffisant et peu performants.

ANALYSE DES USAGES

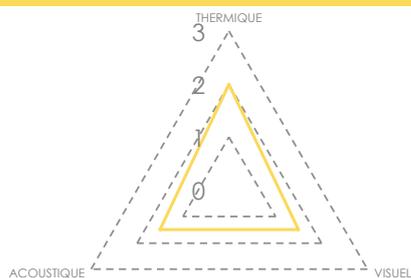


OUVRIR LES MENUISERIES, FORCER UN MOUVEMENT D'AIR : Les menuiseries sont ouvertes et les ventilateurs fonctionnent en permanence.

SE PROTEGER DU SOLEIL : Les usagers tirent régulièrement les rideaux.
DISPOSITION DU MOBILIER : L'ameublement de la classe ne génère pas de gêne pour la ventilation naturelle.

ECLAIRAGE ARTIFICIEL : L'éclairage de la salle est allumé en permanence.

ANALYSE DES RESENTIS



THERMIQUE : Le ressenti est noté comme « extrêmement inconfortable », avec une vitesse d'air « insuffisante » et un taux d'humidité « ni trop sec, ni trop humide ».

VISUEL : La salle est décrite comme « légèrement sombre ».

ACOUSTIQUE : Il a été précisé que l'environnement est bruyant, sans précision sur l'origine du bruit.

Fiche d'étude – Ecole 04

ZONE OUEST – ALTITUDE 19 M

04- ZONE OUEST // ALTITUDE 19 m

ÉTUDE DE CONFORT THERMIQUE DANS LES ÉCOLES – CAUE DE LA RÉUNION / ENVIROBAT – RÉUNION
CAMPAGNE DE MESURE RÉALISÉE PENDANT LA PÉRIODE LA PLUS CHAUDE



L'école est située à proximité du littoral dans un tissu urbain continu essentiellement résidentiel, à proximité d'un axe fréquenté.

Les points forts :

- Protection solaire des façades Nord/Sud,
- Isolation d'une partie des classes de l'école,
- Présence de plusieurs toiles d'ombrages.

Les points faibles :

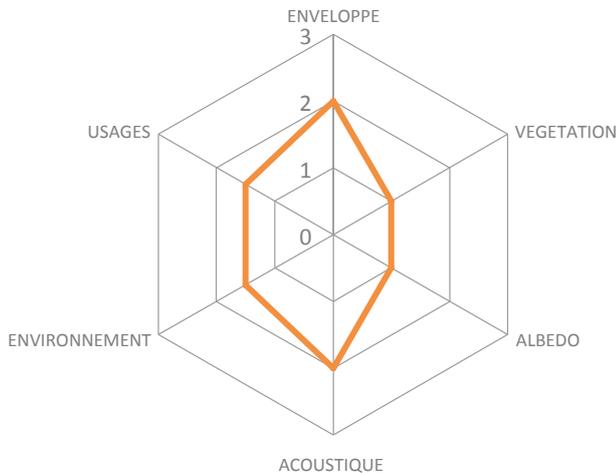
- Grande cour de récréation enrobée,
- Toitures non isolées,
- Absence de protection solaire sur les pignons,
- Absence de brasseur d'air,
- Dysfonctionnement des ventilateurs muraux.

➤ **L'école est composée de plusieurs modules de forme carré accolés les uns aux autres. La majorité de ces modules sont traversants. Des débords de toit protègent les façades Nord et Sud. Les pignons ne sont pas protégés et seulement 2 classes ont été isolées.**

➤ **Les usagers sont en situation d'inconfort.**



ANALYSE GÉNÉRALE DE L'ÉCOLE



ENVELOPPE

- + Les façades Nord et Sud sont pour la plupart protégées par des débords de toiture,
- + Les toitures de deux classes ont été isolées,
- La majorité des toitures ne sont pas isolées,
- Absence de protection solaire des pignons.

VEGETATION

- Absence de végétation, uniquement quelques cocotiers et du gazon en limite Est.

Certains arbres à proximité des salles ont été enlevés.

ALBEDO

- Cours essentiellement constituée d'enrobé.

ACOUSTIQUE

- Les salles à proximité de la rue sont contraintes par les nuisances sonores provoquées par les voitures.

ENVIRONNEMENT

L'école est localisée dans un tissu urbain continu et dense. Elle se situe à proximité du littoral.

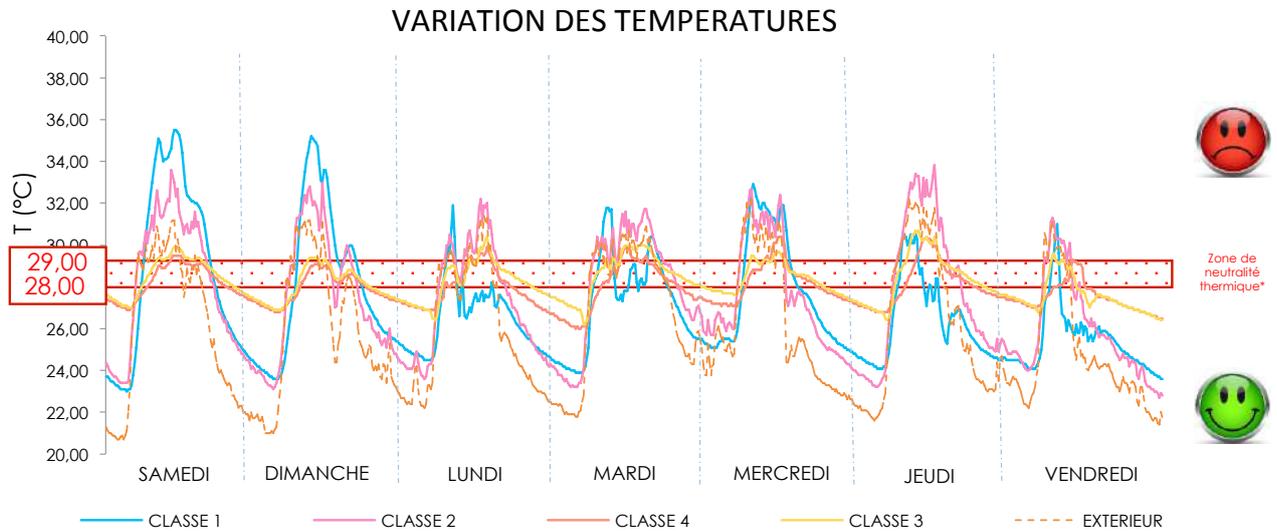
USAGES

- + Les menuiseries sont toujours ouvertes dans les classes ventilées naturellement,
- + Non utilisation des rideaux dans une des classes ventilées naturellement,
- L'usage des rideaux occultent parfois la ventilation naturelle.
- Présence d'armoire devant une menuiserie de la classe climatisée,
- Absence de renouvellement d'air dans la classe climatisée (cf. Etude sur la Qualité de l'Air Intérieur).

Notes

04- ZONE OUEST // ALTITUDE 19 m

ETUDE DE CONFORT THERMIQUE DANS LES ECOLES – CAUE DE LA REUNION / ENVIROBAT – REUNION
CAMPAGNE DE MESURE REALISEE PENDANT LA PERIODE LA PLUS CHAUE



TEMPERATURE – Comparaison de l'évolution des valeurs mesurées à l'intérieur et à l'extérieur en plusieurs points

La situation d'inconfort est généralisée dans l'école pendant la période d'occupation par les enfants.

Le taux d'inconfort des enfants sur leur temps de présence dans les salles de classes varie entre 46% et 82% pour les classes non climatisées, avec une vitesse d'air nulle. Il est de 31% pour la salle de classe climatisée.

La zone la plus agréable (thermiquement) de l'école est la classe climatisée suivi du dortoir. En se basant sur le ressenti des usagers, le dortoir, utilisé également comme salle de sport, est considéré comme la salle la plus inconfortable de l'école.

Les valeurs de températures maximales ont été mesurées dans la classe non isolée et ventilée naturellement – classe 2 ($T_{max} = 33,80$).

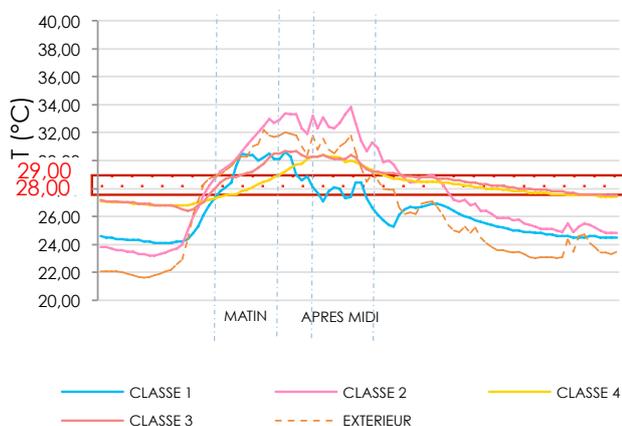
Cette campagne de mesure a été réalisée pendant la première quinzaine de décembre 2018. Une autre campagne de mesures réalisée sur la période de février / mars aurait très certainement dégradé la situation de confort thermique de l'école.

HUMIDITE

L'humidité relative varie de 55 à 72 %.

Zone de neutralité thermique située entre 28 et 29°C pour les enfants dans les écoles, d'après les études réalisées en climat tropical.

EVOLUTION DES TEMPERATURES SUR LA JOURNEE LA PLUS CHAUE



TEMPERATURE

Les températures à l'intérieur des salles de classe augmentent dès le lever du soleil.

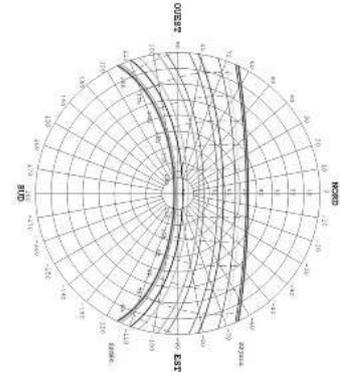
La température de l'air est plus basse dans les salles de classes isolées le matin et dans la salle de classe climatisée l'après midi.

La salle la plus chaude, pendant toute la journée, est la salle non isolée, ventilée naturellement.

Le matin, la climatisation ne suffit pas à compenser les apports de chaleurs provenant de l'extérieur du bâtiment et des usagers.

04- ZONE OUEST // ALTITUDE 3 m

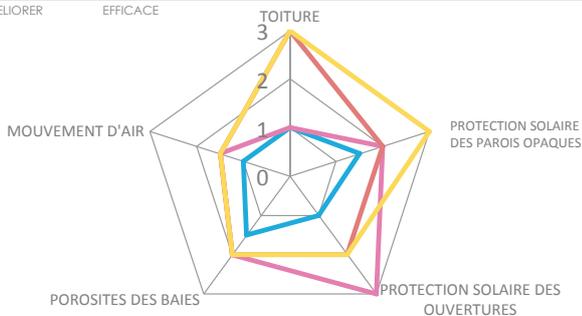
ETUDE DE CONFORT THERMIQUE DANS LES ECOLES – CAUE DE LA REUNION / ENVIROBAT – REUNION
CAMPAGNE DE MESURE REALISEE PENDANT LA PERIODE LA PLUS CHAUDE



- T_{EXT}
- T_{INT}
- T_{PREAU/COURSIVE}



LE BATIMENT



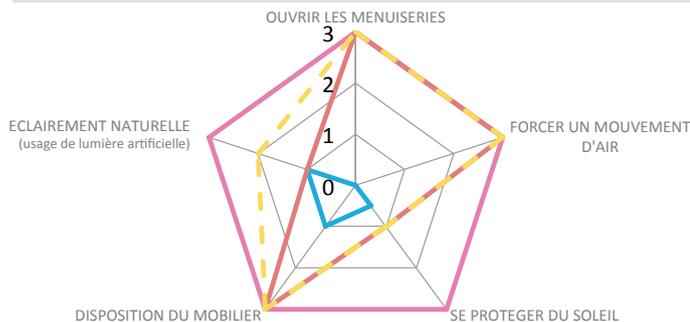
La composition des différentes parties de cette école est très hétérogène.

- + Certaines classes bénéficient d'une isolation en toiture,
- + Les menuiseries sont de type jalousies,

- Toitures non isolées,
- Protections solaire de certaines menuiseries insuffisantes,
- Pignons Nord non protégés du rayonnement,
- Ventilateurs muraux insuffisant et peu efficace.

Une salle de classe (classe 1) est dotée d'un système climatisation.

LES USAGES

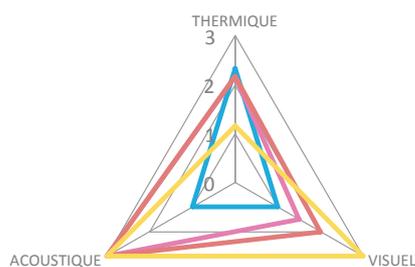


Les usages varient en fonction de la composition de l'enveloppe de la salle de classe, et de sa localisation dans l'école.

- + De manière générale, l'ameublement des salles ne pose pas de problème dans le bon fonctionnement de la ventilation naturelle.

- L'usage fréquent de rideaux engendre une surconsommation d'énergie liée à l'éclairage artificiel et favorise l'augmentation des températures à l'intérieur de la classe.

LE RESSENTI

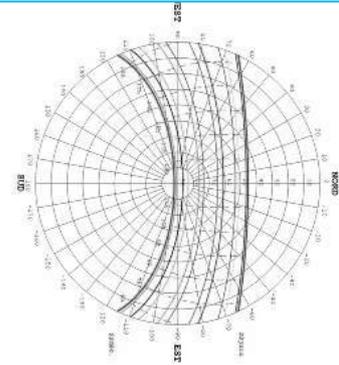


Du point de vu thermique, la situation dans les classes instrumentées non climatisées est jugée comme « très inconfortable » à « extrêmement inconfortable ». La salle climatisée est « confortable ».

Certaines classes sont plus sombres que d'autres.

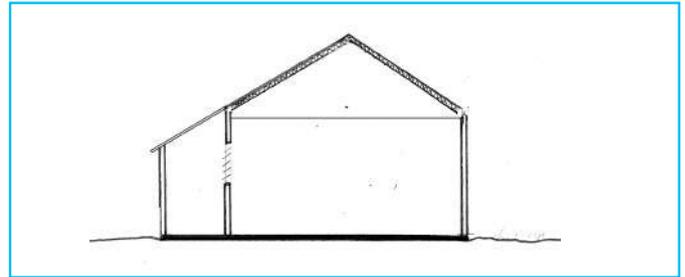
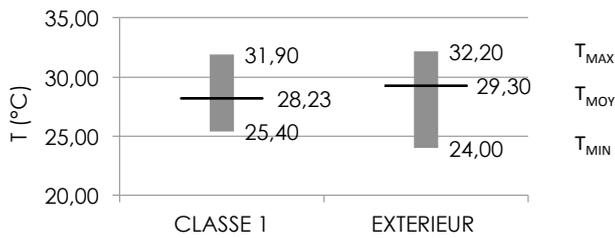
La salle de classe climatisée, la plus proche de la route signale une source de bruit lié au passage fréquent des voitures.

CLASSE 1



- T_{EXT}
- T_{INT}
- T_{PEAU/COURIVE}

Plage de températures (heures de cours)



HR classe moyenne	54,74	%
HR ext moyenne	70,92	%
Période de confort thermique : $T_{int} < 29^{\circ}C$ <small>Pourcentage du temps de confort thermique par rapport au temps de présence (avec une vitesse d'air nulle)</small>	69	%

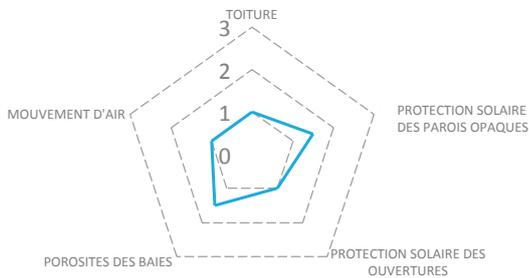
REMARQUE : La classe 1 est climatisée et ne bénéficie pas d'isolation en toiture. L'air intérieur n'est jamais renouvelé.

Cette salle de classe a fait l'objet d'une étude complémentaire visant à qualifier la Qualité de l'Air Intérieur (cf. Rapport d'étude)

0 ——— 3

ANALYSE DU BATIMENT

A AMELIORER EFFICACE



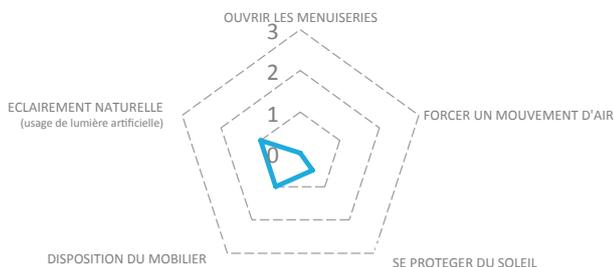
TOITURE & PROTECTION SOLAIRE : La toiture n'est pas isolée et les façades sont partiellement protégées des apports solaires. Une partie de la façade Est et le pignon Nord sont directement exposés.

POROSITE DES BAIES : Porosité faible et hauteur d'allège importante.

MOUVEMENT D'AIR : Les ventilateurs muraux en nombre insuffisant ne permettent pas de forcer le mouvement d'air de manière efficace.

CLIMATISATION : La salle de classe dispose de systèmes de climatisation.

ANALYSE DES USAGES



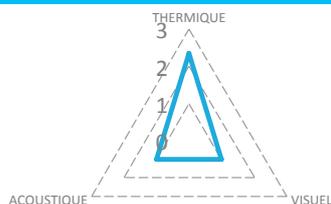
OUVRIR LES MENUISERIES, FORCER UN MOUVEMENT D'AIR : Les menuiseries ne sont jamais ouvertes, les ventilateurs ne sont pas utilisés.

SE PROTEGER DU SOLEIL : Les rideaux sont tirés la plupart du temps.

DISPOSITION DU MOBILIER : Une armoire est disposée contre une menuiserie.

ECLAIRAGE ARTIFICIEL : L'éclairage artificiel de la salle est parfois utilisé.

ANALYSE DES RESENTIS

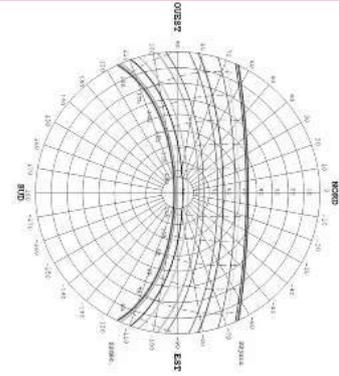


THERMIQUE : Confortable

VISUEL : La classe est sombre.

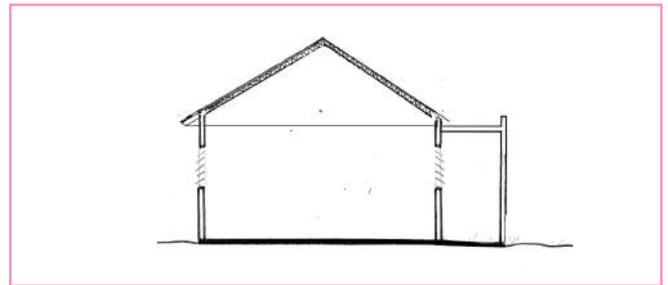
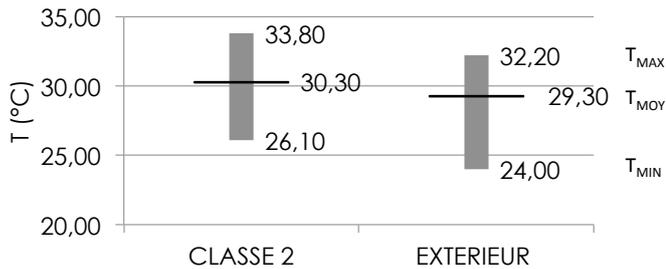
ACOUSTIQUE : Pas de gêne particulière concernant les nuisances acoustiques.

CLASSE 2



- T_{EXT}
- T_{INT}
- T_{PREAU/COURSIVE}

Plage de températures (heures de cours)



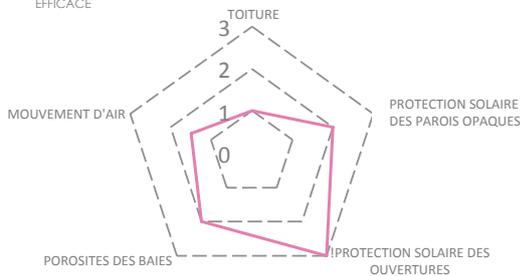
HR classe moyenne	65,70	%
HR ext moyenne	70,92	%
Période de confort thermique : T _{int} < 29°C Pourcentage du temps de confort thermique par rapport du temps de présence (avec une vitesse d'air nulle)	18	%

REMARQUE : La classe 2 est ventilée naturellement et ne bénéficie pas d'isolation en toiture.
Cette salle de classe a fait l'objet d'une étude complémentaire visant à qualifier la Qualité de l'Air Intérieur (cf. Rapport d'étude).

0 ——— 3

ANALYSE DU BATIMENT

A AMELIORER EFFICACE

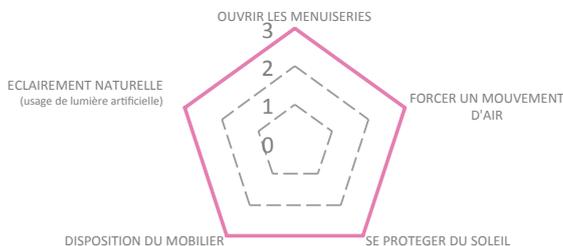


TOITURE & PROTECTION SOLAIRE : La toiture n'est pas isolée et les façades sont protégées des apports solaires mis à part le pignon Nord.

POROSITE DES BAIES : Porosité satisfaisante mais hauteur d'allège importante.

MOUVEMENT D'AIR : Les ventilateurs muraux en nombre insuffisant ne permettent pas de forcer le mouvement d'air de manière efficace.

ANALYSE DES USAGES



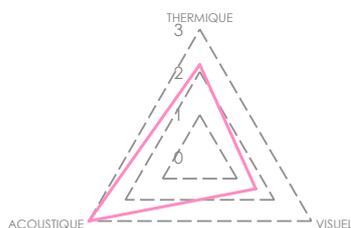
OUVRIR LES MENUISERIES, FORCER UN MOUVEMENT D'AIR : Les menuiseries restent ouvertes et les ventilateurs muraux fonctionnent en permanence.

SE PROTEGER DU SOLEIL : Les rideaux ne sont jamais utilisés dans cette classe.

DISPOSITION DU MOBILIER : L'ameublement de la classe n'engendre aucun problème pour la circulation du flux d'air.

ECLAIRAGE ARTIFICIEL : L'éclairage artificiel de la salle est régulièrement utilisé.

ANALYSE DES RESENTIS

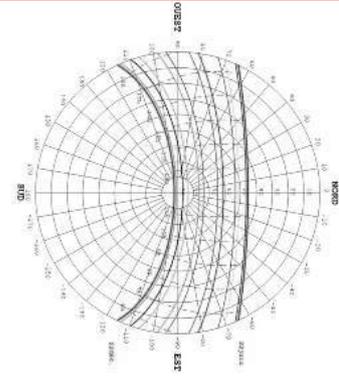


THERMIQUE : Très inconfortable

VISUEL : La classe est sombre.

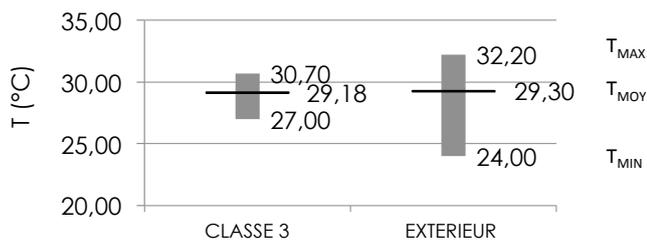
ACOUSTIQUE : Pas de gêne particulière concernant les nuisances acoustiques.

CLASSE 3

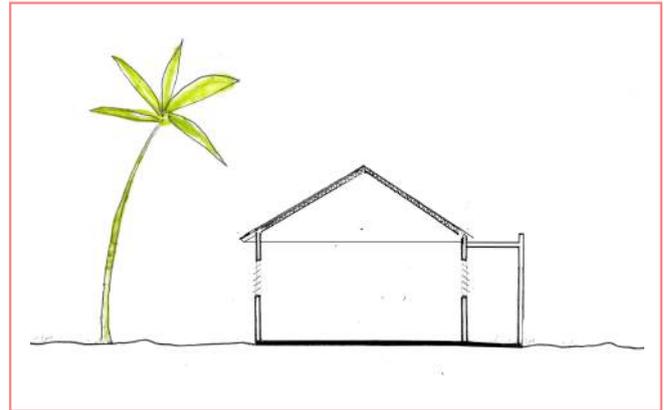


- T_{EXT}
- T_{INT}
- T_{PREAU/COURSIVE}

Plage de températures (heures de cours)



HR classe moyenne	69,78	%
HR ext moyenne	70,92	%
Période de confort thermique : $T_{int} < 29^{\circ}\text{C}$ Pourcentage du temps de confort thermique par rapport au temps de présence (avec une vitesse d'air nulle)	36	%

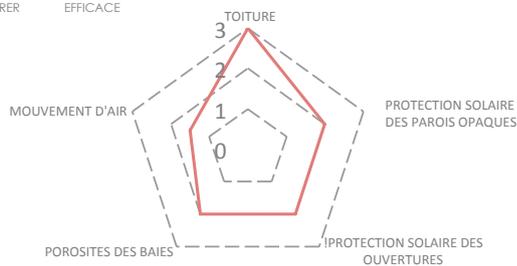


REMARQUE : La classe 3 est ventilée naturellement et bénéficie d'une toiture isolée.

0 ——— 3

ANALYSE DES CARACTERISTIQUES DU BATIMENT

A AMELIORER EFFICACE

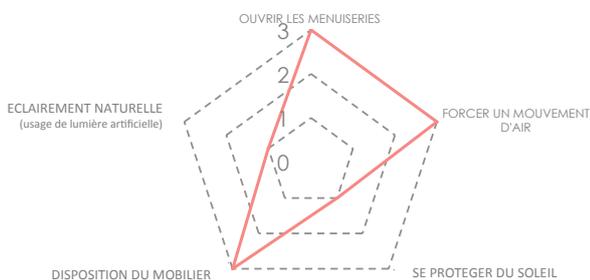


TOITURE & PROTECTION SOLAIRE : La toiture a été récemment isolée et les façades sont protégées des apports solaires mis à part le pignon Nord. Les protections solaires des ouvrants ne sont pas suffisant d'après le questionnaire.

POROSITE DES BAIES : Porosité satisfaisante mais hauteur d'allège importante.

MOUVEMENT D'AIR : Les ventilateurs muraux en nombre insuffisant ne permettent pas de forcer le mouvement d'air de manière efficace.

ANALYSE DES USAGES



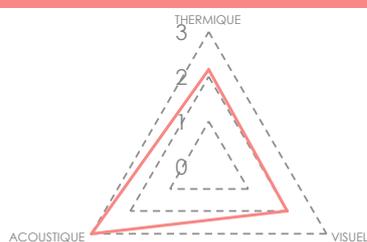
OUVRIR LES MENUISERIES, FORCER UN MOUVEMENT D'AIR : Les menuiseries restent ouvertes et les ventilateurs muraux fonctionnent en permanence.

SE PROTEGER DU SOLEIL : La majorité du temps les rideaux sont tirés pour se protéger du rayonnement solaire. Diminution de l'efficacité de la ventilation naturelle.

DISPOSITION DU MOBILIER : L'ameublement de la classe n'engendre aucun problème pour la circulation du flux d'air.

ECLAIRAGE ARTIFICIEL : L'éclairage artificiel de la salle est régulièrement utilisé.

ANALYSE DES RESENTIS

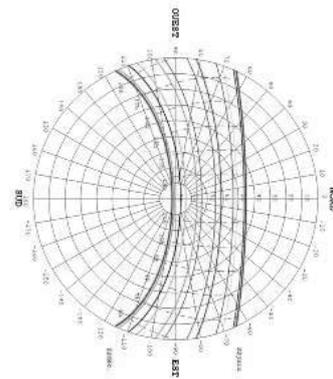


THERMIQUE : Très inconfortable

VISUEL : La classe est légèrement sombre.

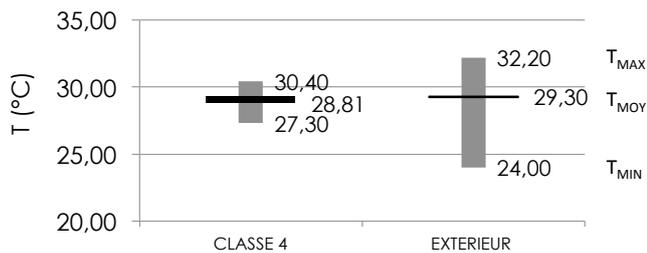
ACOUSTIQUE : Pas de gêne particulière concernant les nuisances acoustiques.

CLASSE 4

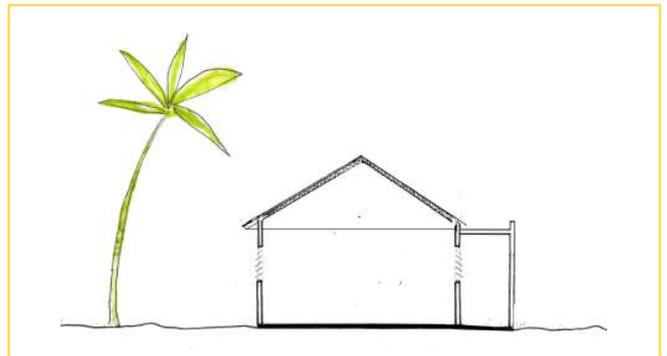


- T_{EXT}
- T_{INT}
- T_{PEAU/COURSIVE}

Plage de températures (heures de cours)



HR classe moyenne	71,95	%
HR ext moyenne	69,68	%
Période de confort thermique : T _{int} < 29°C Pourcentage du temps de confort thermique par rapport au temps de présence (avec une vitesse d'air nulle)	54	%

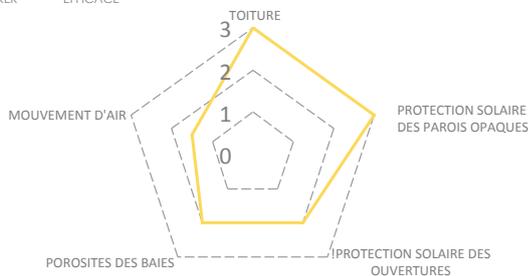


REMARQUE : La classe 4 est ventilée naturellement et bénéficie d'une toiture isolée.

0 ——— 3

A AMELIORER EFFICACE

ANALYSE DU BATIMENT

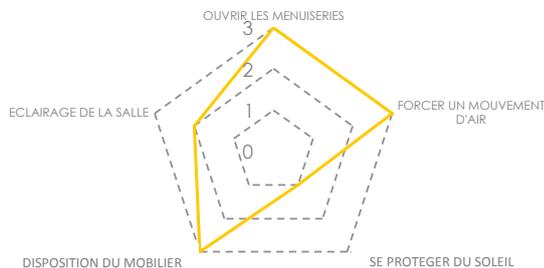


TOITURE & PROTECTION SOLAIRE : La toiture a été récemment isolée et les façades sont protégées des apports solaires mis à part le pignon Nord. Les protections solaires des ouvrants ne sont pas suffisantes d'après le questionnaire.

POROSITE DES BAIES : Porosité satisfaisante mais hauteur d'allège importante.

MOUVEMENT D'AIR : Les ventilateurs muraux en nombre insuffisant ne permettent pas de forcer le mouvement d'air de manière efficace.

ANALYSE DES USAGES



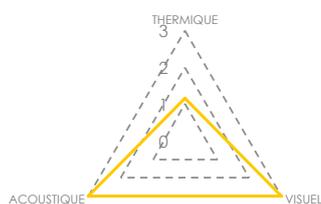
OUVRIR LES MENUISERIES, FORCER UN MOUVEMENT D'AIR : Les menuiseries restent ouvertes et les ventilateurs muraux fonctionnent en permanence.

SE PROTEGER DU SOLEIL : La majorité du temps les rideaux sont tirés pour se protéger du rayonnement solaire. Diminution de l'efficacité de la ventilation naturelle.

DISPOSITION DU MOBILIER : L'ameublement de la classe n'engendre aucun problème pour la circulation du flux d'air.

ECLAIRAGE ARTIFICIEL : L'éclairage artificiel de la salle est peu utilisé.

ANALYSE DES RESENTIS



THERMIQUE : Extrêmement inconfortable (salle utilisée pour les activités physiques et comme dortoir)

VISUEL : La classe est bien éclairée.

ACOUSTIQUE : Pas de gêne particulière concernant les nuisances acoustiques.

Fiche d'étude – Ecole 05

ZONE OUEST – ALTITUDE 6,8 M

05- ZONE OUEST // ALTITUDE 6,8 m

ETUDE DE CONFORT THERMIQUE DANS LES ECOLES – CAUE DE LA REUNION / ENVIROBAT – REUNION
 CAMPAGNE DE MESURE REALISEE PENDANT LA PERIODE LA PLUS CHAUDE



L'école est située à proximité du littoral. Elle est située dans un quartier résidentiel et se trouve face à un parc boisé.

Les points forts :

- Présence d'arbres dans la cour d'école,
- Protections solaires,
- Isolation de la toiture,
- Hauteur importante sous plafond,
- Porosité satisfaisante.

Les points faibles :

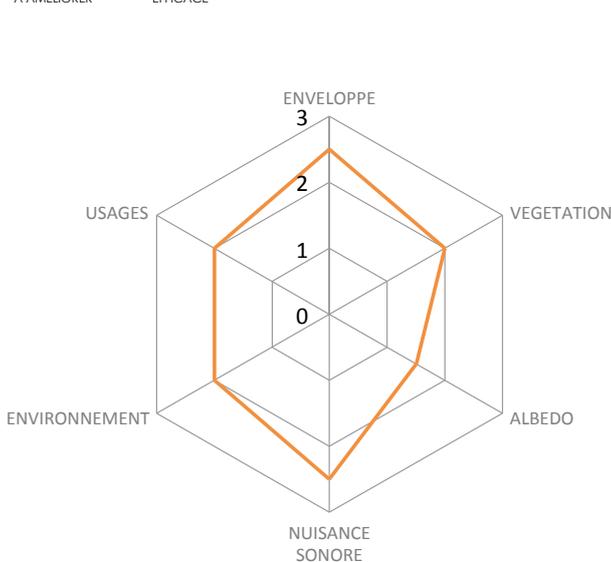
- Absence de protection solaire sur certaines baies (Nord et Ouest)
- Cour de récréation bétonnée,
- Présence de brasseurs d'air peu performants en quantité insuffisante.

➤ **Le bâtiment est en forme de « U » et les classes sont traversantes. Les façades principales sont orientées Est / Ouest et Nord/Sud. La toiture est isolée et les façades sont généralement protégées. La cour de récréation est végétalisée mais dispose également d'une surface en béton importante.**

➤ **Les usagers sont en situation d'inconfort.**



ANALYSE GENERALE DE L'ECOLE



ENVELOPPE

- + Façades globalement protégées du soleil,
- + Toiture isolée,
- + Porosité satisfaisante,
- Absence de protection solaire sur certaines parties des façades Nord et Ouest.

VEGETATION

- + Présence de plusieurs arbres.

ALBEDO

- Cour revêtue essentiellement de béton.

ACOUSTIQUE

- Nuisances sonores liées au brasseurs d'air.

ENVIRONNEMENT

- + L'école est localisée dans un tissu urbain continu et dense, cependant, elle bénéficie de sa proximité à la mer et à un parc boisé.

USAGES

- Présence de meubles devant certaines menuiseries.

Notes

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

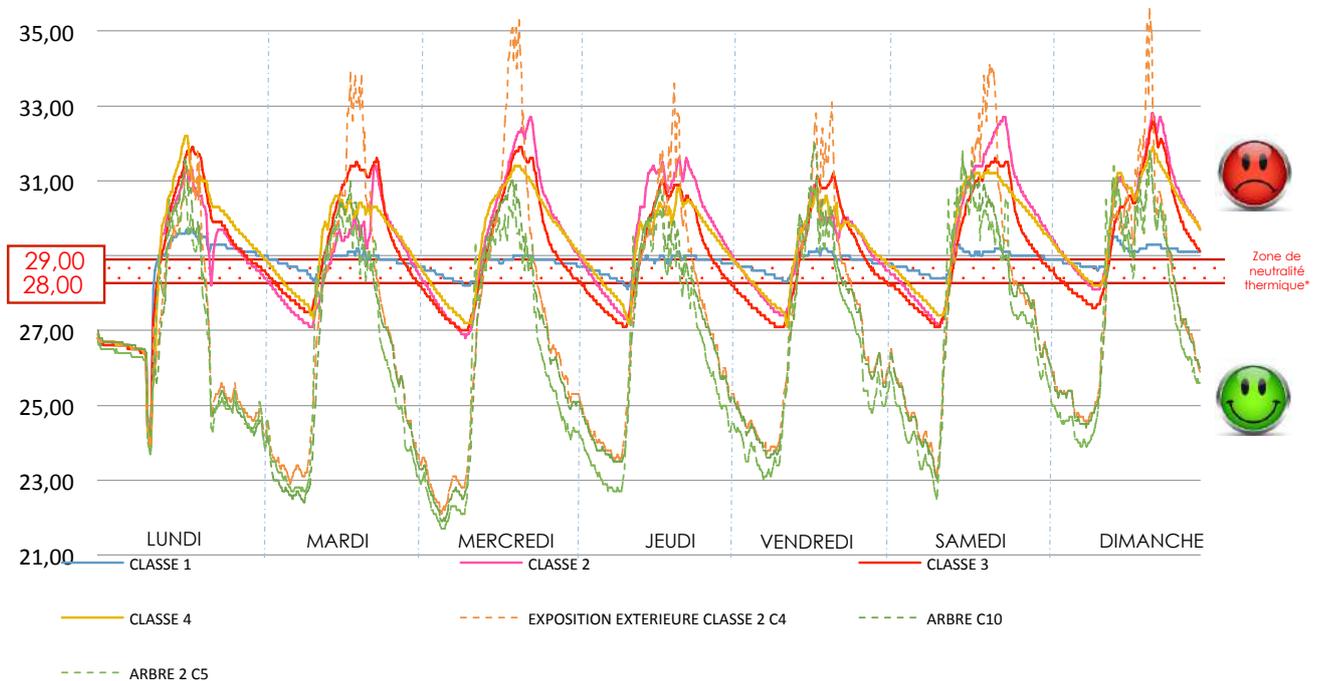
.....

.....

05- ZONE OUEST // ALTITUDE 6,8 m

ETUDE DE CONFORT THERMIQUE DANS LES ECOLES – CAUE DE LA REUNION / ENVIROBAT – REUNION
CAMPAGNE DE MESURE REALISEE PENDANT LA PERIODE LA PLUS CHAUDE

VARIATION DES TEMPERATURES



TEMPERATURE – Comparaison de l'évolution des valeurs mesurées à l'intérieur et à l'extérieur en plusieurs points

La situation d'inconfort est généralisée dans l'école pendant la période d'occupation par les enfants.

Le taux d'inconfort des enfants sur leur temps de présence dans les salles de classes varie entre 66% et 73% pour les classes du R+1, avec une vitesse d'air nulle. La classe du RDC permet un meilleur confort thermique avec un taux d'inconfort de 55%, avec une vitesse d'air nulle.

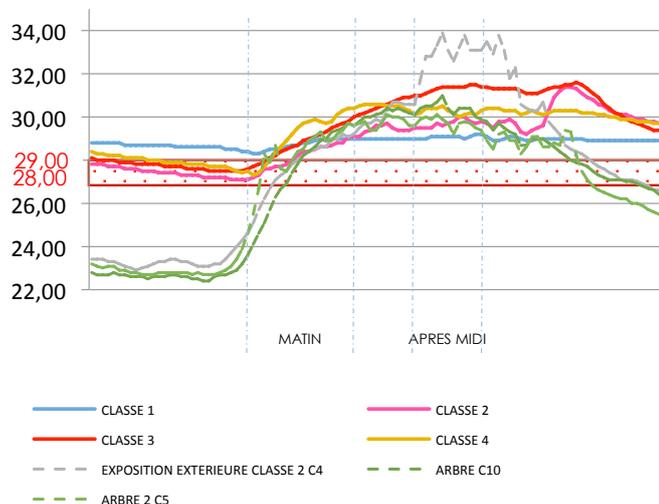
Les valeurs de températures maximales ont été mesurées à l'extérieur.

HUMIDITE

L'humidité relative varie de 66 à 73 %.

Zone de neutralité thermique située entre 28 et 29°C pour les enfants dans les écoles, d'après les études réalisées en climat tropical.

EVOLUTION DES TEMPERATURES SUR LA JOURNEE LA PLUS CHAUDE



TEMPERATURE

Jusqu'au milieu de matinée, il fait moins chaud à l'extérieur qu'à l'intérieur. La tendance est inversée l'après-midi.

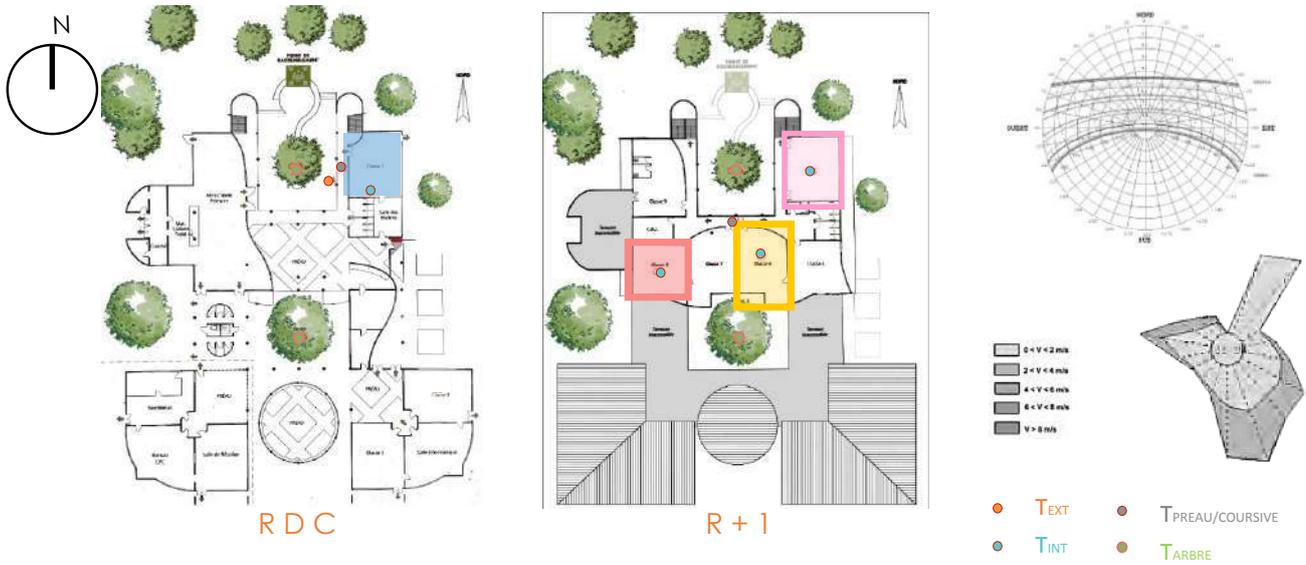
De manière générale, il fait moins chaud dans la salle de classe 1, en RDC, protégée des apports directs du soleil par les protections solaires présentes et par la végétation et bénéficiant de l'espace tampon du R+1.

Les températures intérieures maximales sont enregistrées dans la classe 3 en fin de journée. Cette salle est exposée à l'Ouest et les jalousies donnent directement sur la toiture terrasse (hypothèse : rayonnement direct et rayonnement de la surface de la dalle réchauffant l'air qui entre dans la classe).

La nuit la décharge thermique des classes est très faible. La ventilation nocturne pourrait avoir un effet positif sur la première partie de la matinée.

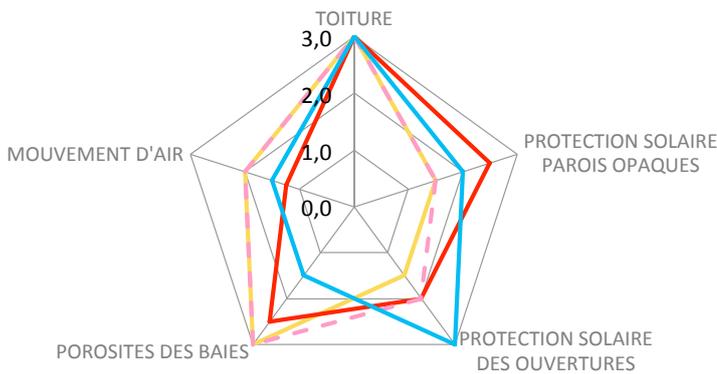
05- ZONE OUEST // ALTITUDE 6,8 m

ETUDE DE CONFORT THERMIQUE DANS LES ECOLES – CAUE DE LA REUNION / ENVIROBAT – REUNION
 CAMPAGNE DE MESURE REALISEE PENDANT LA PERIODE LA PLUS CHAUDE



LE BATIMENT

0 A AMELIORER 3 EFFICACE



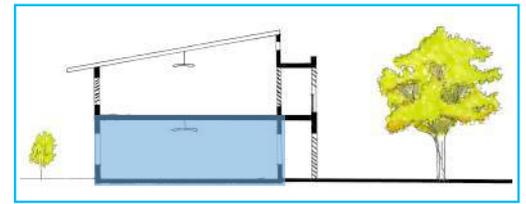
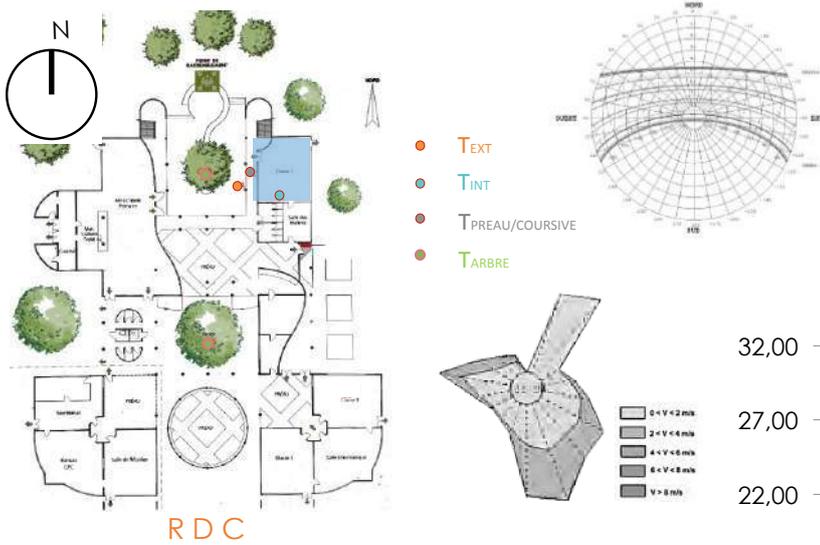
+ L'enveloppe du bâtiment est globalement convenable. Porosité convenable des façades.

- Façade Nord ne dispose ponctuellement pas de protections solaire. Les menuiseries coulissantes limitent les flux d'air. Brasseurs d'air peu performants et en nombre insuffisant.

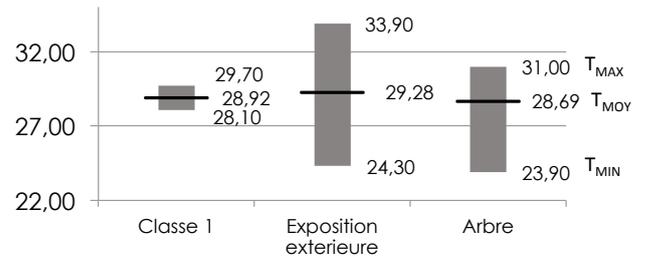
ANALYSE DES USAGES ET ANALYSE DES RESENTIS

Les usages et les ressentis n'ont pu être analysés car cette première campagne de mesures n'a pas été accompagnée de questionnaires à destination des enseignants des classes instrumentées.

CLASSE 1



PLAGE DE TEMPERATURE (Heures de cours)



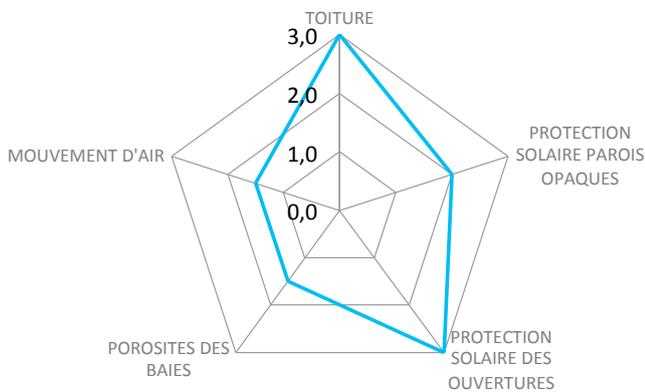
HR classe moyenne	70,92	%
HR ext moyenne	71,96	%
Période de confort thermique : $T_{int} < 29^{\circ}\text{C}$ Pourcentage du temps de confort thermique par rapport au temps de présence (avec une vitesse d'air nulle)	45	%

REMARQUE : La classe 1 se situe au RDC. Elle dispose de protection solaire à l'Ouest et est protégée par de la végétation à l'Est. Il s'agit de la salle de classe instrumenté la moins chaude.

0 ——— 3

ANALYSE DU BATIMENT

A AMELIORER EFFICACE



TOITURE & PROTECTION SOLAIRE : La toiture est isolée et les protections solaires sont efficaces. Seul le pignon Nord n'est pas protégé du soleil.

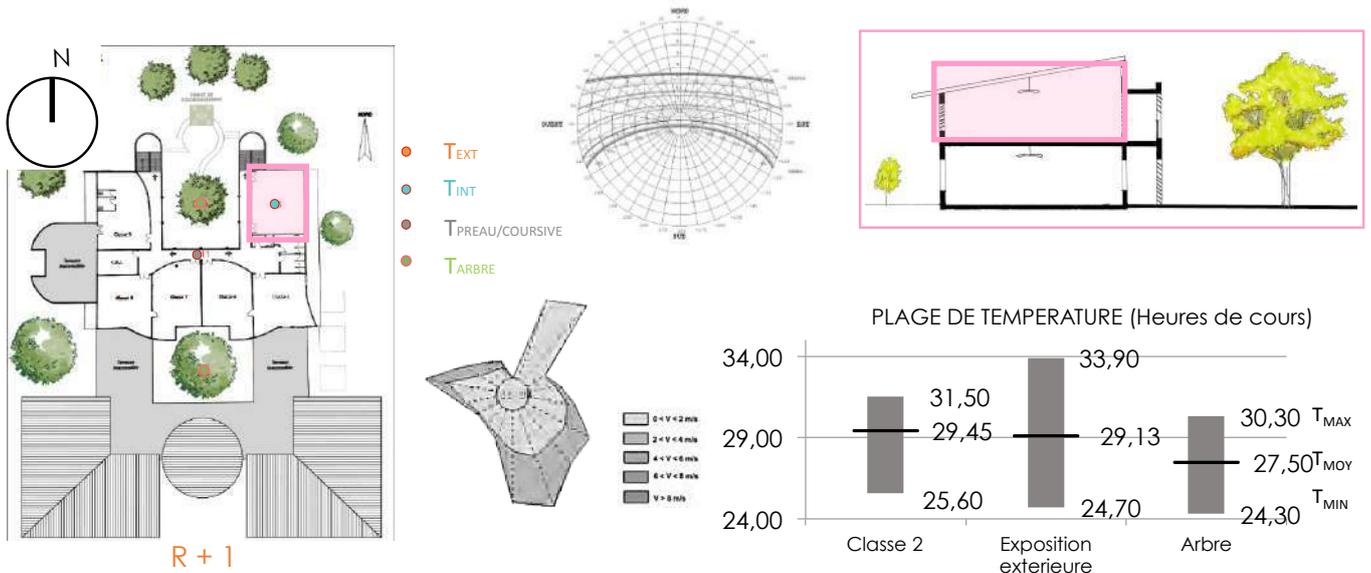
POROSITE DES BAIES : Porosité limitée par des ensembles menuisés composés d'allèges et d'impostes vitrées fixes et de deux coulissants.

MOUVEMENT D'AIR : Le balayage de la pièce est limité et les brasseurs d'air installés sont peu performants et en nombre insuffisant.

ANALYSE DES USAGES ET ANALYSE DES RESSENTIS

Les usages et les ressentis n'ont pu être analysés car cette première campagne de mesures n'a pas été accompagnée de questionnaires à destination des enseignants des classes instrumentées.

CLASSE 2

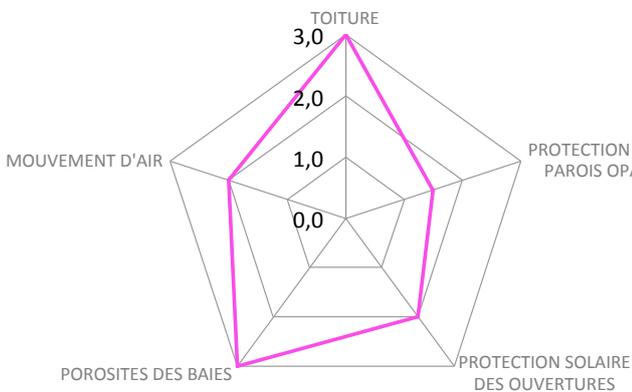


HR classe moyenne	67,95	%
HR ext moyenne	71,96	%
Période de confort thermique : $T_{int} < 29^{\circ}\text{C}$ Pourcentage du temps de confort thermique par rapport au temps de présence (avec une vitesse d'air nulle)	34	%

REMARQUE : La classe 2 se situe au R+1. Elle dispose de protections solaires à l'Ouest et est protégée par un large débord de toit à l'Est. Deux fenêtres en impostes ne disposent pas de protection solaire à l'Ouest et une fenêtre ne dispose pas de protection solaire au Nord.

0 ——— 3
A AMELIORER EFFICACE

ANALYSE DU BATIMENT



TOITURE & PROTECTION SOLAIRE : La toiture est isolée et les protections solaires sont efficaces. Seul le pignon Nord comptant une fenêtre n'est pas protégé du soleil.

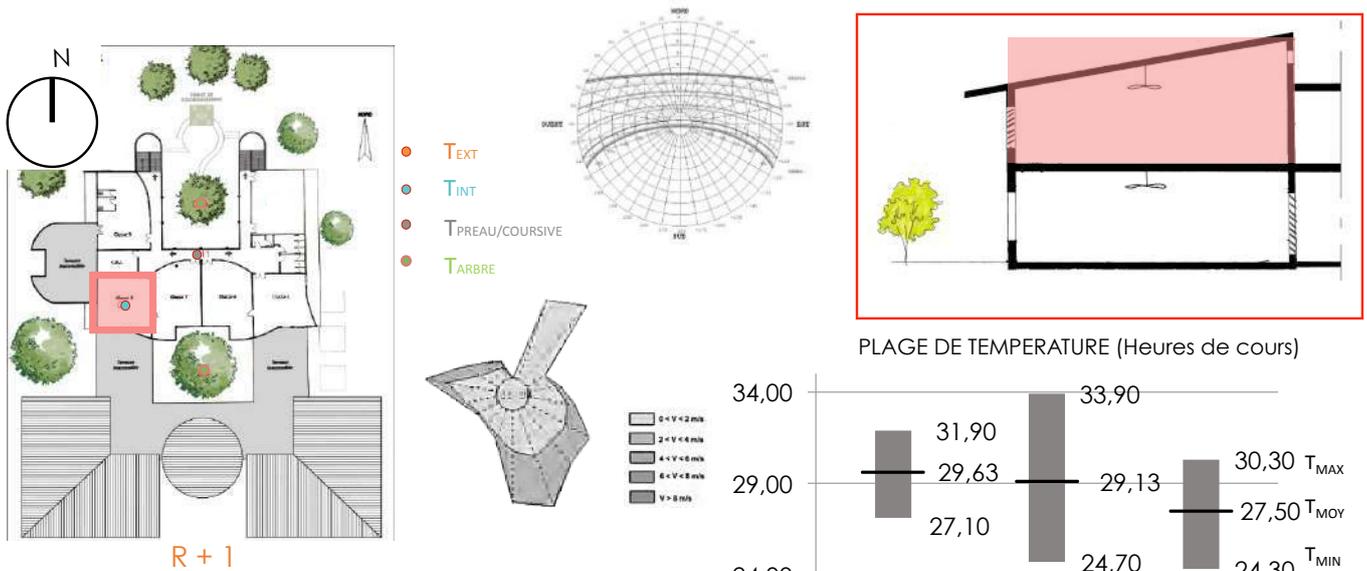
POROSITE DES BAIES : Présence de jalousies de hauteur importante avec une faible hauteur d'allège.

MOUVEMENT D'AIR : Les brasseurs d'air installés sont peu performants et en nombre insuffisant.

ANALYSE DES USAGES ET ANALYSE DES RESSENTIS

Les usages et les ressentis n'ont pu être analysés car cette première campagne de mesures n'a pas été accompagnée de questionnaires à destination des enseignants des classes instrumentées.

CLASSE 3



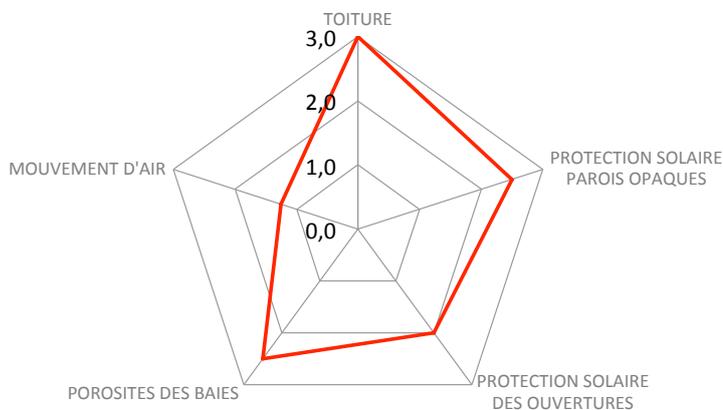
HR classe moyenne	65,52	%
HR ext moyenne	71,96	%
Période de confort thermique : T _{int} < 29°C Pourcentage du temps de confort thermique par rapport au temps de présence (avec une vitesse d'air nulle)	38	%

REMARQUE : La classe 3 se situe dans un angle au R+1. Elle dispose d'un large débord de toit à l'Ouest au Sud, les jalousies donnent sur la toiture terrasse.

0 ——— 3

A AMELIORER EFFICACE

ANALYSE DU BATIMENT



TOITURE & PROTECTION SOLAIRE : La toiture est isolée et les protections solaires sont efficaces. Seul la façade Sud, n'est pas protégée du soleil.

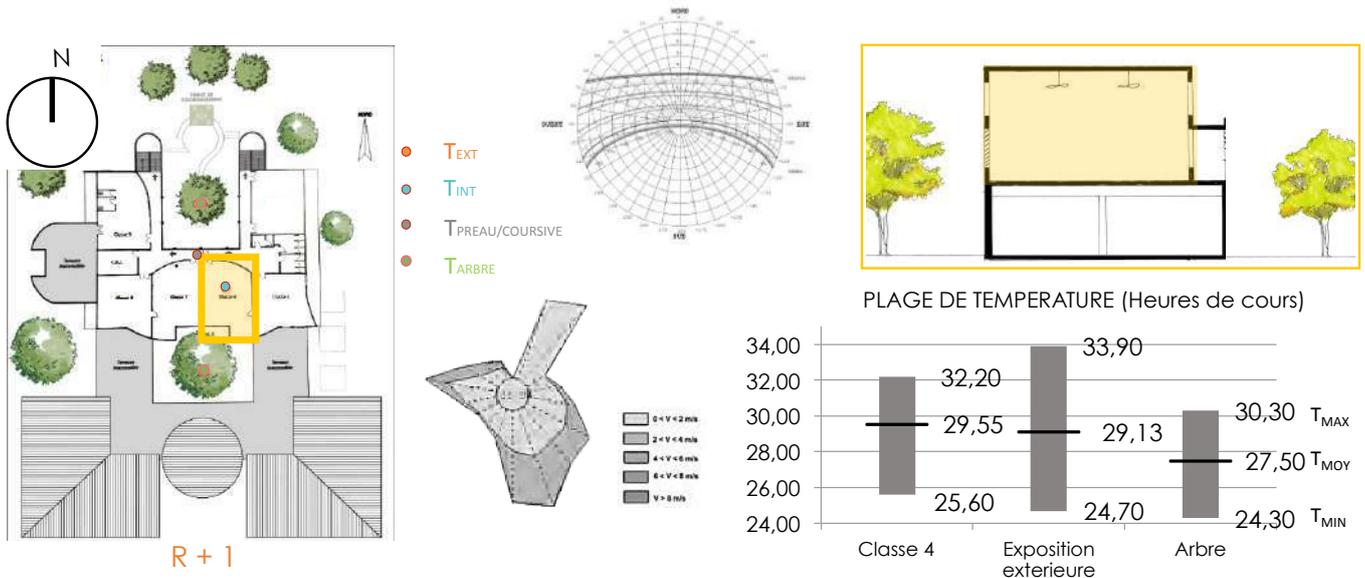
POROSITE DES BAIES : Présence de jalousies de hauteur importante avec une faible hauteur d'allège. Présence d'ensembles menuisés composée d'allèges vitrées fixe et de deux coulissants.

MOUVEMENT D'AIR : La disposition des ouvertures dans cette salle en angle ne permet pas un flux d'air optimal. Les brasseurs d'air installés sont peu performants et en nombre insuffisant.

ANALYSE DES USAGES ET ANALYSE DES RESSENTIS

Les usages et les ressentis n'ont pu être analysés car cette première campagne de mesures n'a pas été accompagnée de questionnaires à destination des enseignants des classes instrumentées.

CLASSE 4

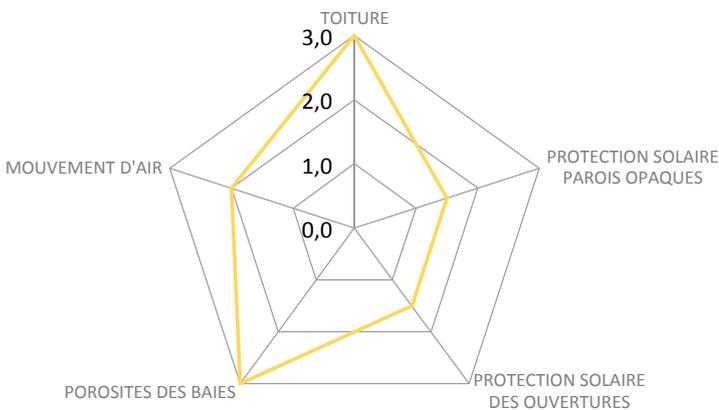


HR classe moyenne	65,52	%
HR ext moyenne	71,96	%
Période de confort thermique : $T_{int} < 29^{\circ}\text{C}$ Pourcentage du temps de confort thermique par rapport au temps de présence (avec une vitesse d'air nulle)	27	%

REMARQUE : La classe 4 se situe au R+1. Elle dispose d'une exposition Nord/Sud. Au Nord, une casquette béton protège les jalousies. L'imposte sur la même façade n'est pas protégée du soleil. Au sud les jalousies sont partiellement protégées par un arbre. Les impostes ne sont pas protégées du soleil. Il s'agit de la classe la plus chaude.

0 3 ANALYSE DU BATIMENT

A AMELIORER EFFICACE



TOITURE & PROTECTION SOLAIRE : La toiture est isolée. La façade Nord est partiellement protégée du soleil par une casquette en béton. Les impostes ne sont pas protégées du soleil, ni au Nord, ni au Sud. La façade Sud est partiellement protégée par l'ombre portée d'un arbre.

POROSITE DES BAIES : Présence de jalousies de hauteur importante avec une faible hauteur d'allège.

MOUVEMENT D'AIR : Les brasseurs d'air installés sont peu performants et en nombre insuffisant.

ANALYSE DES USAGES ET ANALYSE DES RESSENTIS

Les usages et les ressentis n'ont pu être analysés car cette première campagne de mesures n'a pas été accompagnée de questionnaires à destination des enseignants des classes instrumentées.