



*Expérimentation en vue d'une offre d'ingénierie territoriale flash  
pour le bâti scolaire*

## **Proposer des solutions aux épisodes caniculaires**

*Département de Meurthe et Moselle – Ecoles de Nancy*

**NOTE DE SYNTHÈSE DES INVESTIGATIONS**

## I. Présentation générale

### a) Contexte de l'étude

Depuis plusieurs années, les épisodes caniculaires se produisent sur une période temporelle de plus en plus importante pouvant débuter dès le mois de Mai jusqu'au mois de Septembre. Une grande majorité des bâtiments existants ne sont néanmoins pas conçus pour rester « confortables » à sur de longues périodes de forte chaleur, les exigences de l'époque étant la recherche de la luminosité et des apports solaires hivernaux gratuits.

Les écoles de la ville de Nancy ne sont pas épargnées par ce phénomène et sont impactées par la canicule, notamment 10 d'entre elles.

La ville de Nancy souhaite donc mettre en œuvre un plan canicule afin de trouver des solutions peu consommatrices en énergie, rapides et ne nécessitant pas l'ajout de climatisation, permettant de réduire de 3 à 4°C la température de ces écoles.

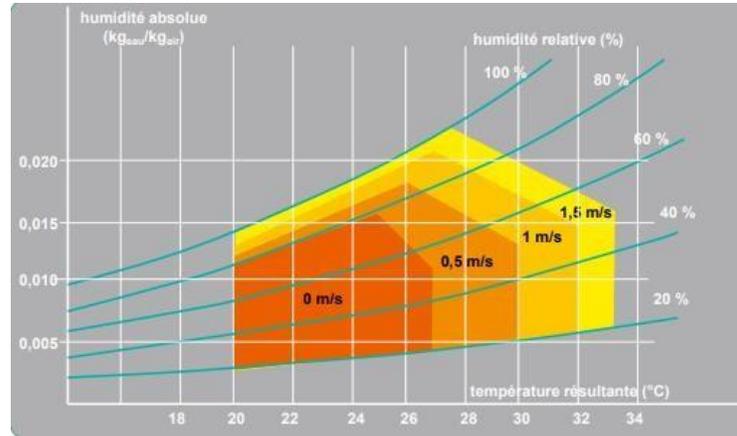
Le présent diagnostic s'est concentré sur 5 écoles :

- Ecole élémentaire La Fontaine
- Ecole maternelle des Trois Maisons
- Ecole maternelle Charles III
- Ecole élémentaire Alfred Mézières
- Ecole maternelle Tiercelins

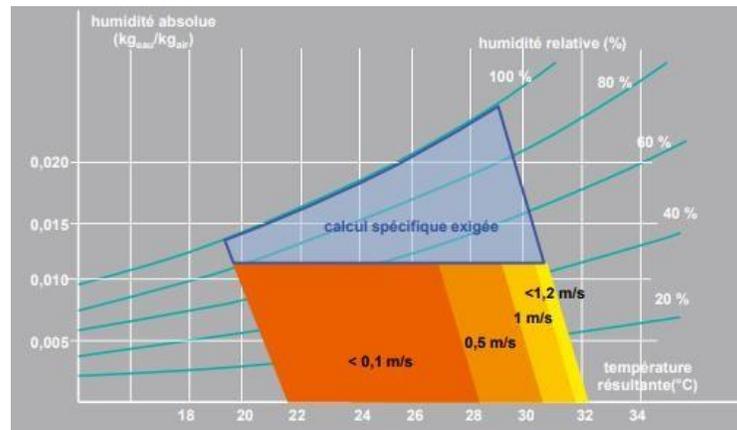
Le présent diagnostic s'est composé d'un questionnaire envoyé aux chefs d'établissement ainsi que d'une visite sur site des écoles du périmètre.

## b) Confort estival

Le confort est une combinaison entre température, vitesse et humidité relative de l'air. Le diagramme de Givoni, établi pour une activité sédentaire avec un habillement adapté à l'été, définit les zones de confort suivantes pour chaque vitesse d'air (confirmées depuis par des enquêtes menées par l'IUP de Saint-Pierre, le laboratoire PIMENT et l'Université de la Réunion) :



Les règles ASHRAE ont évolué en 2009 afin de prendre en compte la vitesse de l'air dans la détermination du confort thermique pour les bâtiments non climatisés. Elles reprennent sensiblement les plages de confort de Givoni pour les humidités relatives faibles et modérées :



## A Note de synthèse des investigations

A noter que la plage de 0,5 m/s peut être atteinte avec des systèmes de ventilation naturelle. Au-delà, des dispositifs mécaniques seront nécessaires pour atteindre les vitesses d'air associées.

D'après les études de Fanger, l'augmentation de l'humidité relative de 40% à 100% permettrait de réduire la température ressentie de 2°C, et l'augmentation de la vitesse de l'air de 0m/s à 1 m/s une réduction de 1°C.

Les pistes d'améliorations proposées pour chacun de écoles chercheront à améliorer ces trois axes :

- Diminuer la température intérieure des locaux ;
- Augmenter la vitesse de l'air ;
- Augmenter l'humidifier l'air.

Des propositions d'adaptation des usages ou des pratiques n'ont pas été faites, le personnel des établissements scolaires ayant déjà mis en place un grand nombre de bonnes pratiques : aération des locaux aux heures les plus fraîches, fermeture des occultants extérieurs lorsque possible, limitation des activités physiques plus génératrices de chaleur, vaporisation d'eau pour rafraichir les enfants, etc.

## II. Synthèse des préconisations

Pour les cinq établissements visités, des préconisations redondantes peuvent être notées :

- L'installation de protections solaires extérieures ;
- L'isolation éventuelle de toiture ;
- Le détalonnage des portes afin de faciliter le renouvellement de l'air dans les locaux chauffés ;
- La mise en place de brasseurs d'air afin d'abaisser la température ressentie par les usagers ;
- Des adaptations permettant de mettre en place une surventilation nocturne (ouvertures hautes sur les menuiseries, entrées d'air dans tous les locaux, réfection ou installation d'une ventilation mécanique permettant de faire de la surventilation).

Il est à noter que seul l'établissement Tiercelins ne présentait pas d'extérieurs végétalisés. La solution de mettre en place des bacs de plantation afin de réduire la surface « chauffée par le soleil » de macadam et ramener de l'humidité dans l'air pourrait être retenue pour d'autres établissements.

Il serait intéressant d'étudier la généralisation possible des préconisations décrites ci-après à l'ensemble des établissements de la ville. Pour cela, la ville de Nancy est entrain d'interroger l'ensemble de ses établissements sur le confort thermique de leurs locaux, via un questionnaire.

La comparaison des retours faits dans ces questionnaires avec les problématiques des établissements visités permettra probablement de dessiner des campagnes d'action comme l'isolation des combles, le détalonnage des portes, la mise en place de brasseurs d'air, etc.

### III. Préconisations détaillées

#### a) Ecole maternelle Charles III



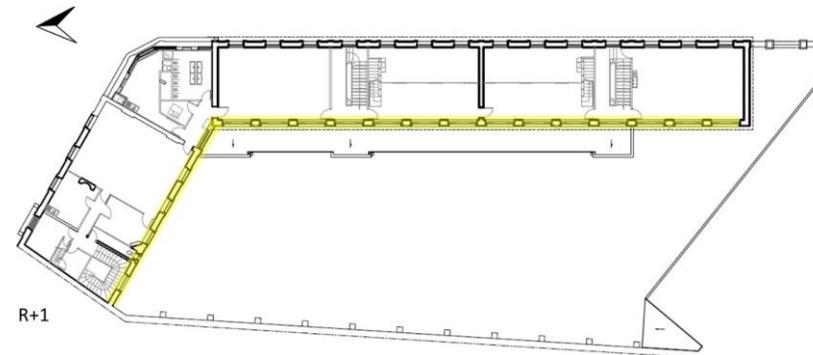
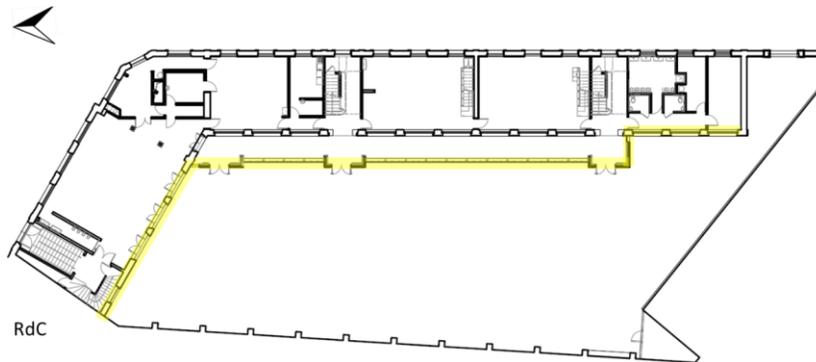
Façade extérieure



Vue aérienne

#### Espaces présentant des problématiques de confort :

Le soleil frappe dès midi les immenses baies vitrées exposées Ouest donnant sur la cour intérieure de l'école, entraînant des surchauffes dans l'ensemble des locaux de la salle de sport, aux salles d'enseignement, en passant par les dortoirs.



La cour de récréation est très bitumée mais est dotée de quelques arbres. Elle reste peu protégée du soleil en dehors des quelques arbres, ce qui oblige l'établissement à limiter les activités en extérieur ou de confiner les élèves sous les arbres.

## Pistes d'amélioration :

Afin de limiter les périodes de surchauffe dans l'établissement, plusieurs pistes s'offrent à la ville de Nancy :

### **DIMINUTION DE LA TEMPERATURE INTERIEURE**

- Mettre en place des films solaires sur les menuiseries :

*Le bâtiment étant un bâtiment remarquable, le remplacement des menuiseries existantes par des menuiseries à faible facteur solaire s'avérera trop coûteux. La mise en place de brises soleil risque d'être plus complexe que pour un bâtiment « standard » (taille des menuiseries, composition des façades) voire être refusée par l'ABF. Les films solaires sont donc une solution « moins coûteuse » et « plus acceptable ».*

- Exploiter les ouvertures en partie haute des menuiseries ou en créer de nouvelles :

*Le personnel de l'établissement ne peut se permettre d'ouvrir les fenêtres la nuit afin de rafraîchir les locaux pour des raisons de sécurité. Faciliter l'usage ou sensibiliser le personnel à l'utilisation des ouvertures en partie haute des menuiseries, ou en créer des supplémentaires. Ceci permettra de mettre en place une ventilation nocturne sans compromettre la sécurité de l'établissement*



Façade cour intérieure

## AUGMENTATION DE LA VITESSE DE L'AIR

- Détalonner les portes des locaux :

*Lors de la visite, les portes de nombreux locaux ne présentaient pas un détalonnage suffisant, ce qui limite le renouvellement d'air et donc augmente la surchauffe des locaux.*

- Mettre en place des brasseurs d'air dans les locaux à occupation prolongée (salles de classe) ou en forte surchauffe (dortoirs) :

*L'installation de brasseurs d'air en plafonnier ne nécessite qu'un point d'électricité et permet d'augmenter sensiblement la vitesse de l'air des locaux.*

- Mettre en place une ventilation mécanique dans les locaux les plus prompts à la surchauffe comme la salle de jeu au R+1 :

*L'activité physique fait générer plus de chaleur par les enfants, ce qui facilite la montée en température de l'espace de jeu, et donc empire le phénomène de surchauffe. Un renouvellement d'air naturel est souvent insuffisant pour extraire le surplus de chaleur.*

## AUGMENTATION DE L'HUMIDITE RELATIVE DE L'AIR

- Végétaliser la bordure des façades :

*La création d'une bordure végétalisée le long des façades permettrait d'humidifier l'air entrant dans les pièces et donc d'améliorer la sensation de confort des occupants.*



## AUGMENTATION DE L'HUMIDITE RELATIVE DE L'AIR

- Végétaliser la bordure des façades :

*La création d'une bordure végétalisée le long des façades permettrait d'humidifier l'air entrant dans les pièces et donc d'améliorer la sensation de confort des occupants.*

### b) Ecole élémentaire La Fontaine



Façade extérieure

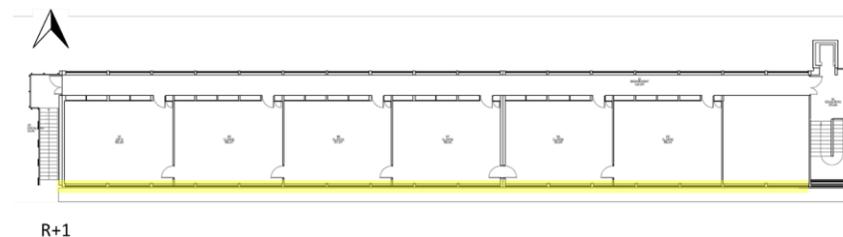
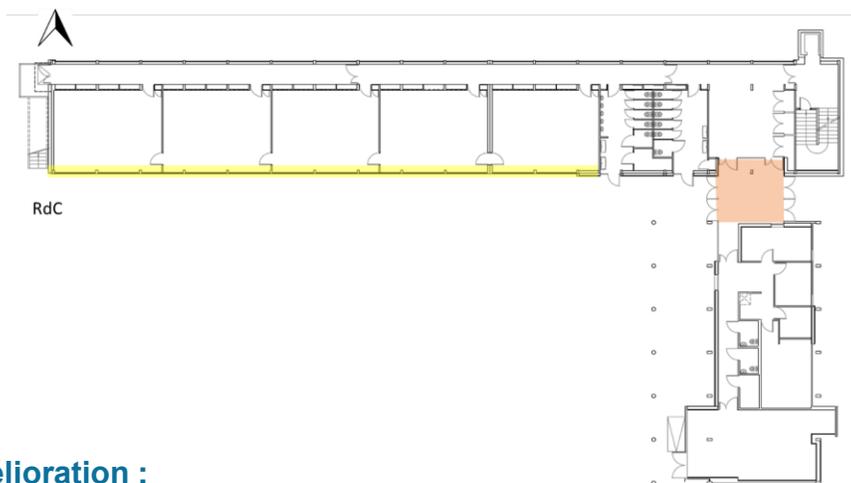


Vue aérienne

### Espaces présentant des problématiques de confort :

L'ensemble des salles de classe du bâtiment d'origine sont exposées au Sud, ce qui entraîne des surchauffes importantes dans l'ensemble des locaux et notamment son 1<sup>er</sup> étage en surchauffe. En effet la petite avancée de toit du R+1 ne permet pas d'apporter une bonne protection solaire (contrairement) la casquette du RdC.

Le hall d'entrée de l'établissement, entièrement vitré été peu protégé des rayonnements solaires, ne remplit par ailleurs pas correctement son rôle de zone tampon tant en été comme en hiver.



## Pistes d'amélioration :

Afin de limiter les périodes de surchauffe dans l'établissement, plusieurs pistes s'offrent à la ville de Nancy :

### **DIMINUTION DE LA TEMPERATURE INTERIEURE**

- Mettre en place des brise-soleils sur la façade Sud du bâtiment existant :

*La mise en place de protections solaires extérieures est le moyen le plus efficace pour réduire les risques de surchauffe des locaux. La création d'une casquette permettant de protéger le 1<sup>er</sup> étage pourrait s'avérer bien plus coûteuse que l'installation de brises soleils, cette solution n'a donc pas été retenue.*

- (Option dégradée) Mettre en place des films solaires sur les menuiseries de la façade Sud :

*Si la mise en place de brises soleil s'avérait trop coûteuse, une solution dégradée serait d'installer des films solaires, ces protections ayant une durée de vie limitée et étant moins efficace qu'une*



Hall d'entrée vitré



Façade Sud du bâtiment existant

*protection solaire extérieure ou le remplacement des menuiseries existantes par des menuiseries à faible facteur solaire.*

- Améliorer l'isolation de la toiture :

*L'isolation de la toiture permettra de limiter les surchauffes estivales au R+1, et améliorera dans le même temps le confort hivernal.*

- Mettre en place des protections solaires ou la végétalisation initialement prévue au niveau du hall d'entrée :

*Un hall d'entrée est un des espaces les plus passant d'un établissement scolaire. Ce fort passage implique la transmission de la chaleur du hall vers les espaces attenants par « courant d'air » à chaque ouverture de porte. La limitation de la surchauffe du hall permettrait donc de limiter l'aggravation du phénomène de surchauffe.*

## AUGMENTATION DE LA VITESSE DE L'AIR

- Détalonner les portes des locaux :

*Lors de la visite, les portes de nombreux locaux ne présentaient pas un détalonnage suffisant, ce qui limite le renouvellement d'air et donc augmente la surchauffe des locaux. Les circulations orientées au Nord et dotées de menuiseries ouvrantes pourraient servir d'espaces tampons et aider à « décharger » les salles de cours d'une partie de leur chaleur.*



Portes non détalonnées



Circulations orientées au Nord

## Note de synthèse des investigations

- Mettre en place des brasseurs d'air dans les locaux à occupation prolongée (salles de classe) ou en forte surchauffe (dortoirs) :

*L'installation de brasseurs d'air en plafonnier ne nécessite qu'un point d'électricité et permet d'augmenter sensiblement la vitesse de l'air des locaux.*

- Mettre en place une ventilation mécanique permettant d'assurer un renouvellement d'air minimal dans les locaux :

*Lors de la visite, il a pu être constaté que l'ensemble des sanitaires étaient situés au RdC. La ventilation mécanique qui leur est rattachée ne pourra donc pas servir actuellement au rafraîchissement nocturne des locaux : l'air chaud montant au R+1 et la ventilation ne permettant pas de générer une forte dépression au sein du bâtiment, il ne sera quasiment pas évacué.*

### **AUGMENTATION DE L'HUMIDITE RELATIVE DE L'AIR**

Les extérieurs de l'école sont déjà bien végétalisés et permettent d'assurer une certaine humidité de l'air entrant.



Espace arboré

## c) Ecole maternelle Tiercelins

### Espaces présentant des problématiques de confort :

L'ensemble des salles de classe du bâtiment sont soumises à de fortes surchauffes en période caniculaire de par l'exposition des façades (Ouest / Est) dont les menuiseries ne sont pas munies de protections solaires du fait de leur caractère « remarquable ».

Le remplacement de certaines menuiseries anciennes par des menuiseries avec faible facteur solaire permettra d'améliorer sensiblement le confort des occupants des locaux en question lors de la visite.

La cour extérieure ne permet plus de mener des activités extérieures, depuis l'arrachement des arbres pour mettre en place du macadam sur l'ensemble de sa surface, suite à la découverte de sols pollués. Le macadam restitue par ailleurs la chaleur emmagasinée durant la journée, réchauffant l'air « frais » qui aurait pu servir pour rafraîchir les locaux pendant la nuit.



Façade extérieure



Vue aérienne



Cour de récréation

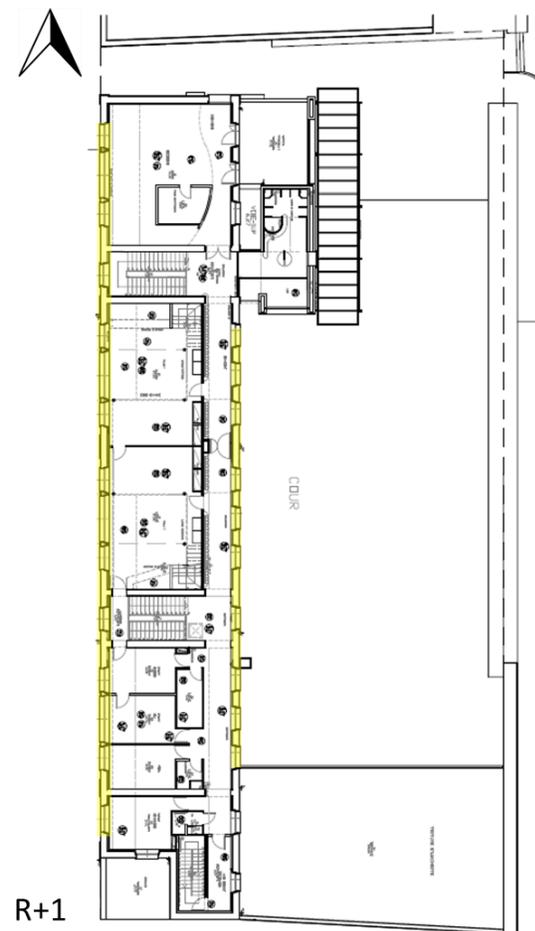
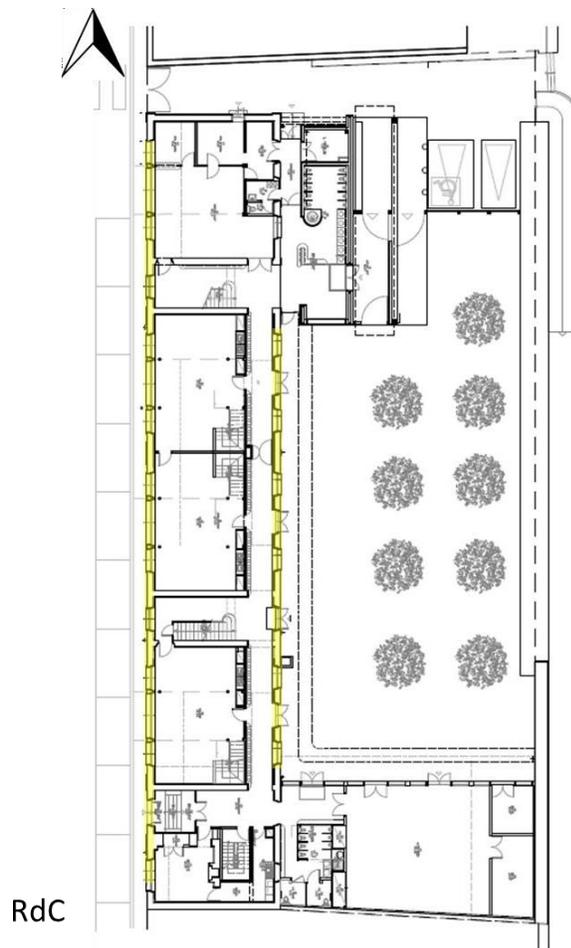
## Pistes d'amélioration :

Afin de limiter les périodes de surchauffe dans l'établissement, plusieurs pistes s'offrent à la ville de Nancy :

### **DIMINUTION DE LA TEMPERATURE INTERIEURE**

- Mettre en place des brise-soleils sur la façade intérieure :

*Le bâtiment a une architecture remarquable, cependant une extension présentant des brises soleil a été autorisée par les ABF. Ces brise-soleils permettraient de limiter la surchauffe des circulations le matin, et ainsi aider à la préservation de la fraîcheur des locaux un peu plus longtemps. Si la faisabilité de leur installation était avérée, cette solution serait peut-être acceptée par les ABF.*



- (Option dégradée) Mettre en place des films solaires sur les menuiseries de la façade intérieure :

*Si la mise en place de brises soleil s'avérait trop coûteuse ou était refusée par les ABF, une solution dégradée serait d'installer des films solaires, ces protections ayant une durée de vie limitée et étant moins efficace qu'une protection solaire extérieure ou le remplacement des menuiseries existantes par des menuiseries à faible facteur solaire.*

- Exploiter les ouvertures en partie haute des menuiseries :

*Le personnel de l'établissement ne peut se permettre d'ouvrir les fenêtres la nuit afin de rafraîchir les locaux pour des raisons de sécurité. Faciliter l'usage des ouvertures en partie haute des menuiseries permettra de mettre en place une ventilation nocturne sans compromettre la sécurité de l'établissement et rafraîchir les locaux. La manipulation n'est actuellement pas faisable avec le système d'ouverture actuel.*

- Améliorer l'isolation de la toiture (si celle-ci était dégradée) :

*L'isolation de la toiture permettra de limiter les surchauffes estivales au R+1, et améliorera dans le même temps le confort hivernal.*



Extension de l'école avec brise-soleils

## AUGMENTATION DE LA VITESSE DE L'AIR

- Détalonner les portes des locaux :

*Lors de la visite, les portes de nombreux locaux ne présentaient pas un détalonnage suffisant, ce qui limite le renouvellement d'air et donc augmente la surchauffe des locaux.*

- Mettre en place des brasseurs d'air dans les locaux à occupation prolongée (salles de classe) ou en forte surchauffe (dortoirs) :

*L'installation de brasseurs d'air en plafonnier ne nécessite qu'un point d'électricité et permet d'augmenter sensiblement la vitesse de l'air des locaux et donc abaisser la température ressentie pour une moindre gêne acoustique.*

- Mettre en place des entrées d'air dans l'ensemble des salles de classe et dortoirs :

*La plupart des salles de classes ne sont même pas munies d'entrée d'air. Il serait nécessaire d'en créer au niveau des salles afin d'assurer un renouvellement d'air minimal.*

- (Option coûteuse) Mettre en place une ventilation mécanique dans l'ensemble des salles de cours afin d'assurer un débit minimal et mettre en place une surventilation nocturne mécanique.

## AUGMENTATION DE L'HUMIDITE RELATIVE DE L'AIR

- Mise en place de bacs de plantation afin de réduire les surfaces de macadam exposées au soleil et apporter plus de « fraîcheur nocturne » :

*Cette solution permettrait de ne pas défaire le travail de protection des enfants vis-à-vis des sols pollués tout en limitant l'augmentation de la température de l'air en période nocturne due à la décharge du macadam.*



Portes non détalonnées

# A Note de synthèse des investigations

## d) Ecole élémentaire Alfred Mézières

### Espaces présentant des problématiques de confort :

L'ensemble des salles de classe du bâtiment sont soumises à de fortes surchauffes en période caniculaire de par l'exposition Sud de la façade de la cour intérieure sur laquelle elles donnent.

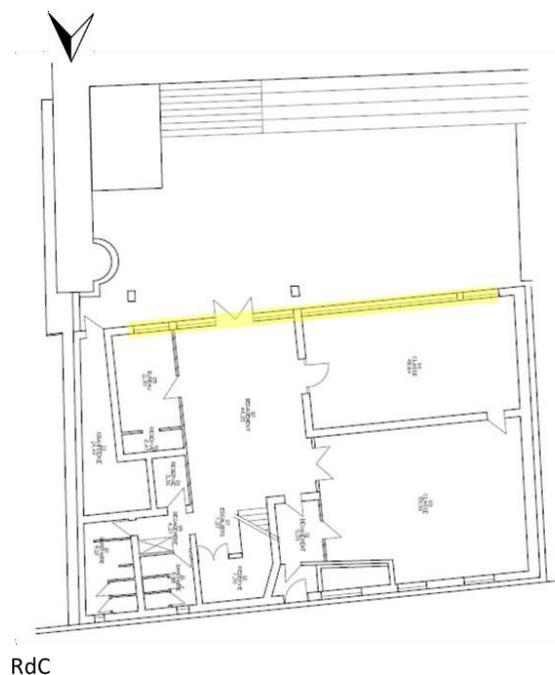
Les salles de classes au R+1 et R+2 sont toutefois déjà dotées de protections solaires adaptées, bien que certaines nécessitent d'être remises en état de fonctionnement.



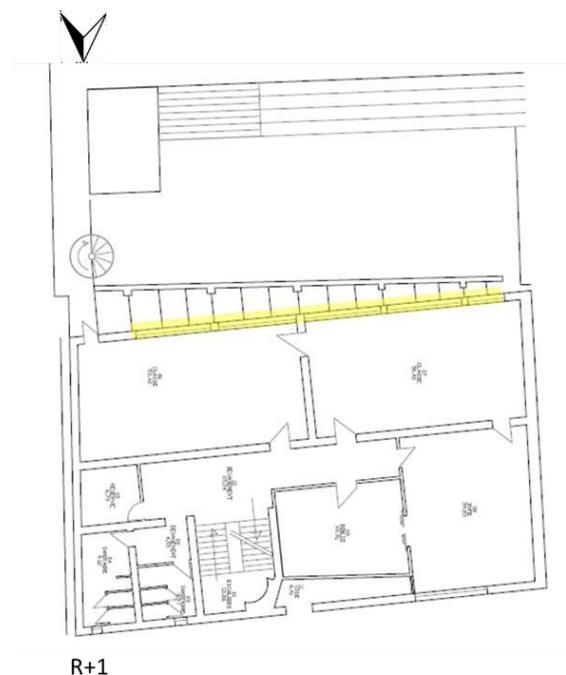
Façade extérieure



Vue aérienne



RdC



R+1

## Pistes d'amélioration :

Afin de limiter les périodes de surchauffe dans l'établissement, plusieurs pistes s'offrent à la ville de Nancy :

### ***DIMINUTION DE LA TEMPERATURE INTERIEURE***

- Mettre en place des brise-soleils ou une casquette au RdC :

*La salle de classe au RdC est actuellement la seule sans protection solaire de la façade Sud.*

- Revoir l'étanchéité à l'eau et à l'air du hall d'entrée côté cour :

*Les huisseries du hall d'entrée étaient peu étanches à l'air (et à l'eau) lors de notre visite, ce qui n'améliore pas la conservation de la fraîcheur en été.*

- Améliorer l'isolation de la toiture (si celle-ci était bien dégradée) :

*L'isolation de la toiture permettra de limiter les surchauffes estivales au R+1, et améliorera dans le même temps le confort hivernal.*

### ***AUGMENTATION DE LA VITESSE DE L'AIR***

- Détalonner les portes des locaux :

*Lors de la visite, les portes de nombreux locaux ne présentaient pas un détalonnage suffisant, ce qui limite le renouvellement d'air et donc augmente la surchauffe des locaux.*



Protection solaire des étages

- Mettre en place des brasseurs d'air dans les locaux à occupation prolongée (salles de classe) :

*L'installation de brasseurs d'air en plafonnier ne nécessite qu'un point d'électricité et permet d'augmenter sensiblement la vitesse de l'air des locaux et donc abaisser la température ressentie pour une moindre gêne acoustique.*

- Mettre en place des entrées d'air dans l'ensemble des salles de classe :

*Lors de la visite, aucune salle de classe ne présentait d'entrée d'air ce qui expliquerait en partie la surchauffe ressentie dans les salles en étage, étant dotées de protection solaire.*

## **AUGMENTATION DE L'HUMIDITE RELATIVE DE L'AIR**

Les extérieurs de l'école sont déjà bien végétalisés et permettent d'assurer une certaine humidité de l'air entrant.



Portes non détalonnées



Espace végétalisé

## e) Ecole maternelle des Trois Maisons



Façade extérieure



Vue aérienne

La directrice de l'établissement n'a pu être rencontrée au cours de notre visite et aucun questionnaire n'a été retourné, ce qui restreint l'adaptation des propositions faites pour l'établissement.

### Espaces présentant des problématiques de confort :

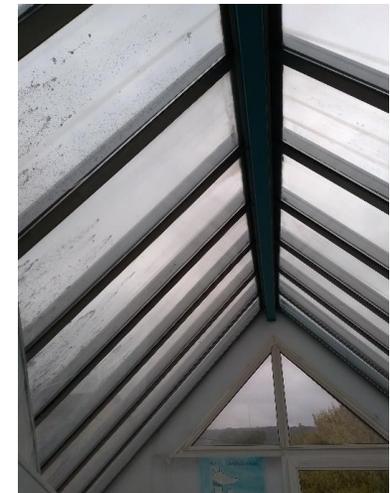
Les étages sont les locaux subissant de fortes surchauffes en période caniculaire (notamment les locaux sous rampant).

### Pistes d'amélioration :

Afin de limiter les périodes de surchauffe dans l'établissement, plusieurs pistes s'offrent à la ville de Nancy :

#### ***DIMINUTION DE LA TEMPERATURE INTERIEURE***

- Remplacer les verrières des mezzanines, en état dégradé, et les doter de vitrages à contrôle solaire ;



## Note de synthèse des investigations

- Mettre en place des brises soleil sur les menuiseries sur la façade côté cour :

*La façade côté cour n'est pas dotée de brise soleil alors qu'elle est orientée au Sud-Ouest. Elle ne revêt pas sur la majorité de sa surface une architecture une complexité particulière pouvant justifier l'abandon d'une protection solaire extérieure.*

- Mettre en place des films solaires sur les menuiseries sur la façade côté rue :

*Le bâtiment étant doté d'un grand nombre de surfaces vitrées côté rue, le remplacement des menuiseries existantes par des menuiseries à faible facteur solaire s'avérera trop coûteux. La mise en place de brises soleil risque d'être plus complexe que pour un bâtiment « standard » (taille des menuiseries, composition des façades) voire être refusée par l'ABF au vu de l'architecture atypique de l'école. Les films solaires sont donc une solution « moins coûteuse » et « plus acceptable ».*

- Améliorer l'isolation de la toiture sous rampant (si celle-ci était bien dégradée) :

*L'isolation de la toiture permettra de limiter les surchauffes estivales au niveau des étages, et améliorera dans le même temps le confort hivernal.*

### **AUGMENTATION DE LA VITESSE DE L'AIR**

- Détalonner les portes des locaux :

*Lors de la visite, les portes de nombreux locaux ne présentaient pas un détalonnage suffisant, ce qui limite le renouvellement d'air et donc augmente la surchauffe des locaux.*

- Mettre en place des brasseurs d'air dans les locaux à occupation prolongée (salles de classe) :

*L'installation de brasseurs d'air en plafonnier ne nécessite qu'un point d'électricité et permet d'augmenter sensiblement la vitesse de l'air des locaux et donc abaisser la température ressentie pour une moindre gêne acoustique.*



- Mettre en place des entrées d'air dans l'ensemble des salles de classe :

*Lors de la visite, aucune salle de classe ne présentait d'entrée d'air ce qui expliquerait en partie la surchauffe ressentie dans les salles en étage, étant dotées de protection solaire.*

## **AUGMENTATION DE L'HUMIDITE RELATIVE DE L'AIR**

Les extérieurs de l'école sont déjà bien végétalisés et permettent d'assurer une certaine humidité de l'air entrant.



*Espace végétalisé*