

*°Coolroofers : peindre les toits des écoles en blanc pour limiter la chaleur l'été*

## Rapport préliminaire de l'expérimentation Cool Roof

Ecole Louis Blanc (Paris 10<sup>e</sup>)



*Application de la peinture réfléchissante Cool Roof sur le toit de l'école Louis Blanc © Clément Dorval, Mairie de Paris*

### **CONSTAT INITIAL : les vagues de chaleur pénalisent les écoliers**

Par exemple en juin 2017 à Paris, à l'école Louis Blanc du 10<sup>e</sup> arrondissement, la température a été relevée à plus de 38°C dans les classes du dernier étage.

### **SOLUTION TESTEE : peindre les toits en blanc (Cool Roof)**

L'idée de peindre les toits en blanc pour renvoyer la chaleur solaire n'est pas nouvelle : les architectures grecques et tunisiennes en témoignent. A Paris, le nouveau plan climat prévoit de peindre les toits avec des peintures dites « réfléchitives ».

La Mairie de Paris a eu l'idée de tester le « cool roofing » sur 2 bâtiments pilotes dont l'école primaire Louis Blanc.

**RESULTATS : diminution des heures d'inconfort (au dessus de 28°C)** dans la salle de classe « cool roof » en 2018 à 20% contre 55% dans la classe non-peinte

## 1. Constat

En 2017 des températures supérieures à 30°C sont relevées dans les salles de classe du dernier étage de l'école primaire Louis Blanc.

Dans la salle concernée par l'expérimentation sur la période du 8 mai au 8 juillet 2017, **71% des températures des heures de classe (entre 8h et 17h) sont supérieures à 25°C** et 34% à 28°C.

## 2. Protocole d'instrumentation

Sondes de température : installées dans les salles de classe, à 50cm sous le plafond, par Engie-Cofely dans le cadre du CPE (contrat de Performance Energétique).

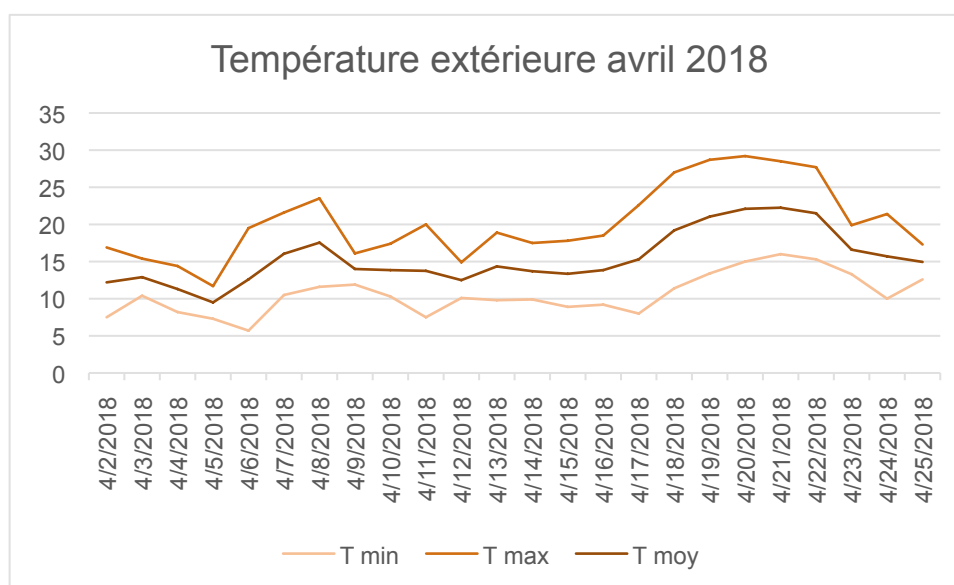
Relevés de température dans les deux salles de classe (cf plan en annexe) toutes les heures.

**Update : Installation de sonde de température d'ambiance intérieure et de surface au plafond dans les salles de classe en juillet 2018 et de température de surface et d'ambiance extérieure en septembre 2018.**

## 3. Résultats 2018

La période d'étude prise est celle du 2 au 25 avril 2018. Du 2 au 13 avril, période hors vacances scolaires, permettant d'étudier les salles de classe en usage et du 14 au 25 avril, pendant les vacances scolaires, afin de comparer les deux salles à usage égal.

### Données extérieures



Graph 1 - Températures extérieures du 2 au 25 avril 2018

|  | Minimum | Maximum | Moyenne |
|--|---------|---------|---------|
|--|---------|---------|---------|

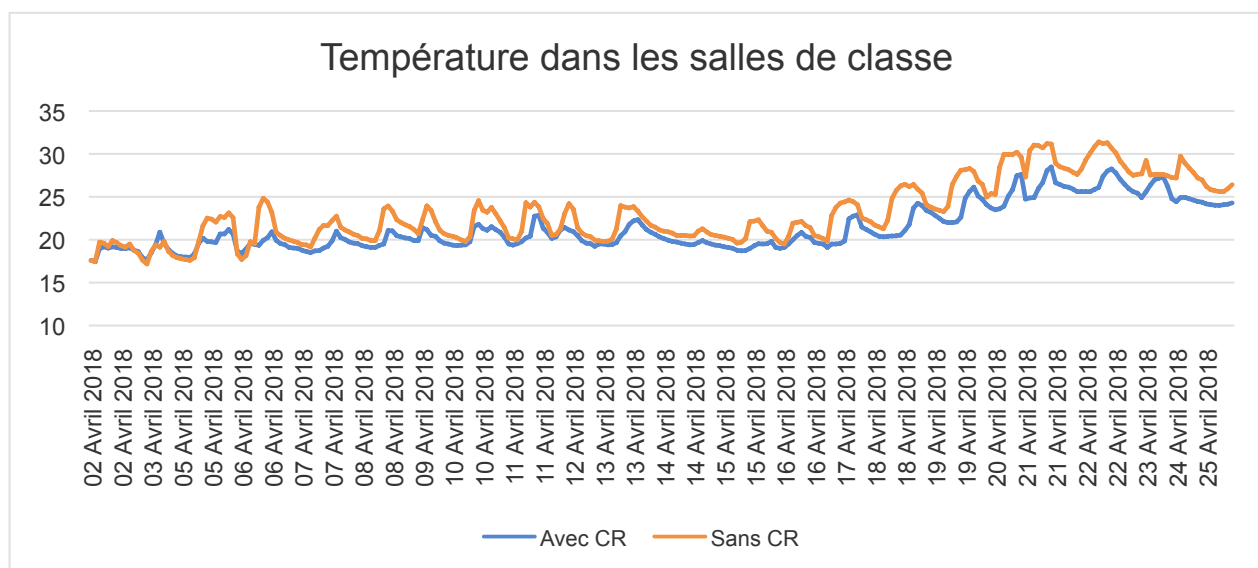
|                |     |      |       |
|----------------|-----|------|-------|
| 2 au 13 avril  | 5,7 | 23,5 | 13,38 |
| 14 au 25 avril | 8   | 29,2 | 17,46 |

Tableau 1 – Températures extérieures du 2 au 25 avril 2018

La période considérée présente un pic de chaleur en fin de période et des températures relativement élevées en début de période ce qui a permis de constater l'effet du cool roof. Cependant de nombreuses données sont manquantes dans les relevés ce qui ne permet pour le moment pas de réaliser une étude complète corrélant la température extérieure et les températures intérieures.

La présence de deux salles face à face permet tout de même d'effectuer une comparaison.

### Données intérieures



Graphe 2 – Températures dans les salles de classe du 2 au 25 avril 2018

La suite de l'étude se concentre sur les températures relevées entre 8h et 17h horaires d'occupation des salles de classe.

|         | Salle avec CR | Salle sans CR | Différence |
|---------|---------------|---------------|------------|
| Minimum | 18,7          | 19,1          | -1,8       |
| Maximum | 27,4          | 31,4          | 6,1        |
| Moyenne | 21,24         | 23,70         | 2,46       |

Tableau 2 – Températures dans les salles de classe entre 8h et 17h du 2 au 25 avril 2018

Sur les horaires de classe (8h à 17h) et sur l'ensemble de la période la différence de température est en **moyenne de 2,46°C** entre les deux salles avec **jusqu'à 6,1°C** de moins dans la salle peinte avec du cool roof.

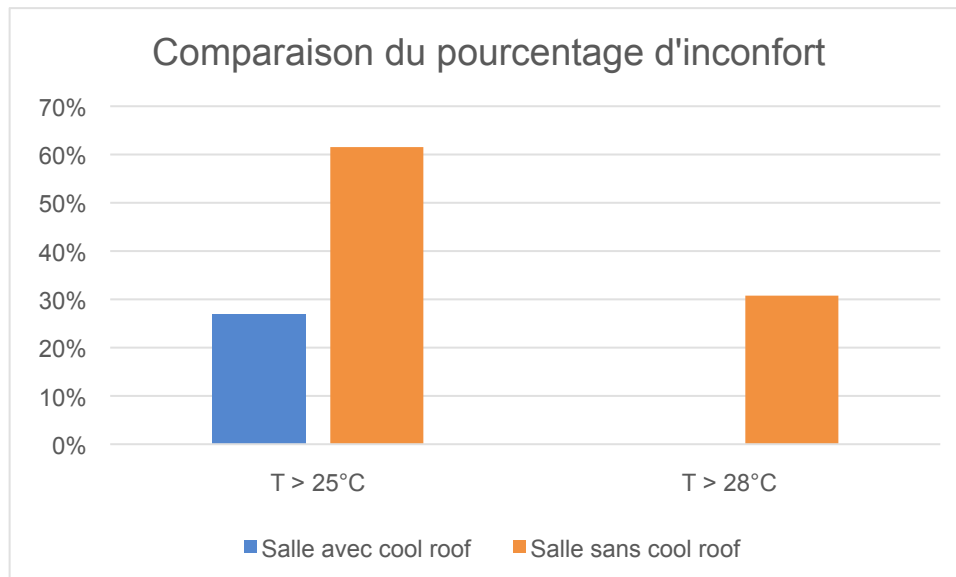
### Détail sur la période de vacances scolaires (usage identique des deux salles) :

|  | Salle avec CR | Salle sans CR | Différence |
|--|---------------|---------------|------------|
|--|---------------|---------------|------------|

|         |       |       |      |
|---------|-------|-------|------|
| Minimum | 18,7  | 19,5  | 0,4  |
| Maximum | 27,4  | 31,4  | 6,1  |
| Moyenne | 22,49 | 25,71 | 3,23 |

*Tableau 3 – Températures dans les salles de classe entre 8h et 17h du 14 au 25 avril 2018*

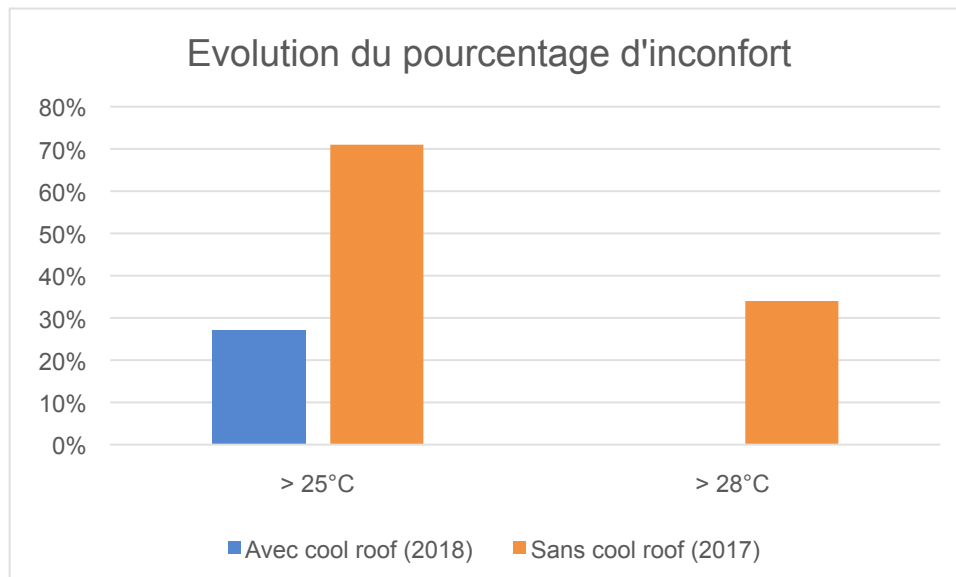
Sur les horaires de classe (8h à 17h) la différence de température est en **moyenne de 3,23°C** entre les deux salles avec **jusqu'à 6,1°C** de moins dans la salle peinte avec du cool roof.



*Graphe 3 – Pourcentage d'heure d'inconfort entre 8h et 17h du 14 au 25 avril 2018*

Le confort thermique est sensiblement meilleur dans la salle avec cool roof avec seulement 27% des heures où la température est supérieure à 25°C contre 62% dans l'autre salle et aucunes heures où la température dépasse les 28°C alors que plus de 30% des heures de l'autre classe sont dans ce cas.

**Comparaison 2017/2018 sur la même classe :**



*Graphe 4 – Pourcentage d'heure d'inconfort sur la même salle de classe entre 2017 et 2018*

La présence d'un cool roof réduit sensiblement les heures d'inconfort dans la salle qui a été peinte avec du cool roof. Sur les heures de classe, la température est supérieure à 25°C seulement 27% des heures en 2018 contre 71% en 2017 avant peinture. De plus la peinture cool roof a permis une disparition totale des heures d'inconfort supérieure à 28°C.

#### **4. Suite de l'étude**

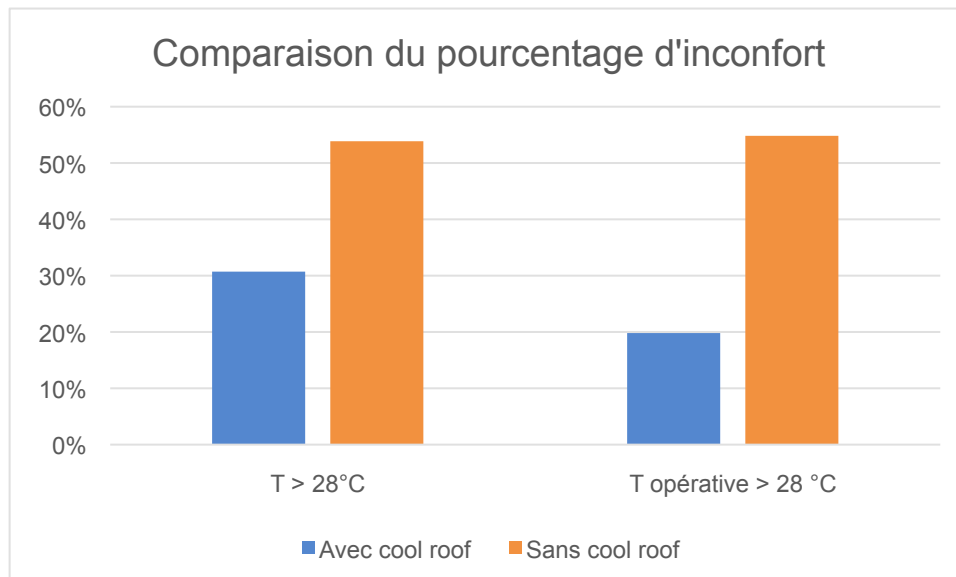
Les capteurs de température des salles de classe étant débranchés depuis le 25 avril 2018 il n'a pas été possible de réaliser une étude comparative avec l'année 2017 au vu du peu de données dont nous disposons pour cette année pendant les périodes de chaleur.

Cool Roof France propose d'installer ses propres capteurs de température intérieure, extérieure et d'ensoleillement afin de compléter les données actuellement disponibles. Des capteurs de température de surface au plafond permettront de déterminer la température ressentie (température opérative).

#### **5. Résultats été 2018 (mise à jour 19 septembre 2018)**

##### **a. Confort thermique pendant l'été**

Les capteurs en surface de plafond ont permis d'affiner la comparaison du confort dans les deux salles en considérant la température opérative (moyenne de la température ambiante et de la température du plafond)



*Graphe 5 - Pourcentage d'heures où la température et la température opérative dépasse 28°C entre 8h et 18h du 12 juillet au 6 septembre 2018*

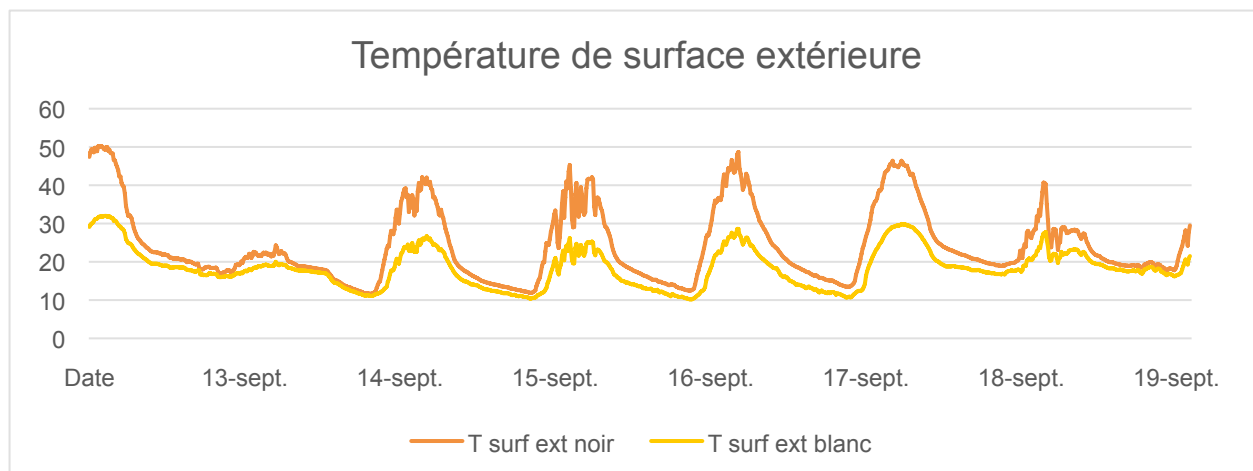
Du 12 juillet au 6 septembre 2018 on observe un taux d'inconfort pendant la journée (entre 8h et 18h) de 20% dans la salle équipée d'un cool roof contre 55% dans celle qui n'en a pas.

#### **b. Focus sur la semaine du 12 au 19 septembre**

Des capteurs ayant été posés sur les toitures des salles de classe au 12 septembre, nous pouvons affiner notre analyse sur cette période pendant laquelle les conditions extérieures ont été similaires à une partie de l'été avec une température moyenne de 19,86°C, un maximum à 31,8°C et un minimum à 12,2°C.

Concernant les salles de classe, la température de surface en toiture est réduite de 5,8°C en moyenne avec un maximum à 18,2°C au pic de chaleur de la journée. Cette différence de température en surface de toiture se répercute sur la température au plafond à l'intérieur des salles de classe avec une différence moyenne de 4,45°C en moins dans la salle équipée de Cool Roof.

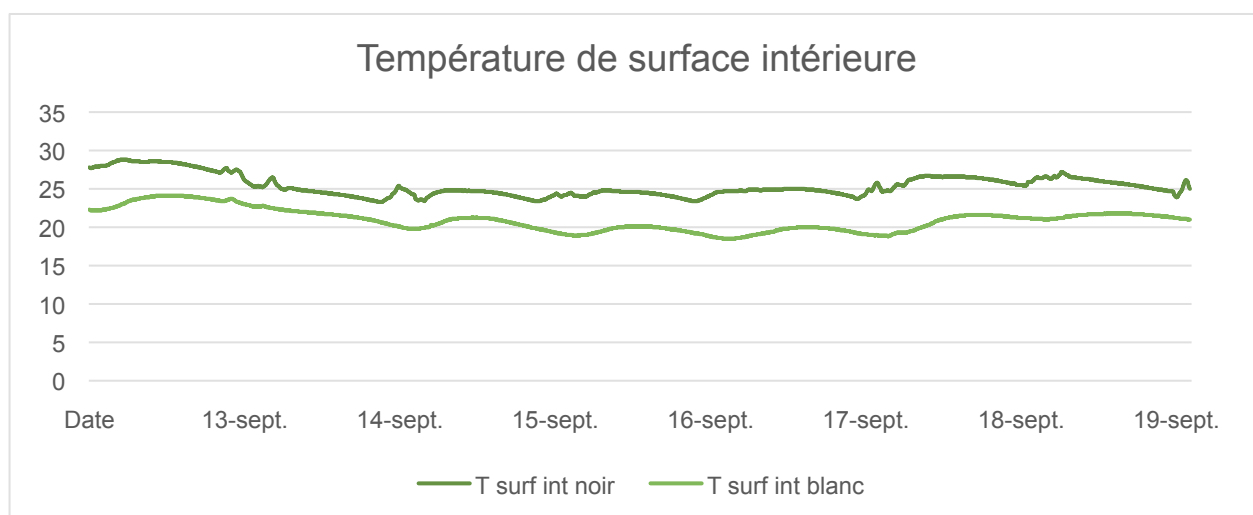
Diminuer la température du plafond permet de réduire la température ressentie (opérative) et améliore le confort à l'intérieur des salles. Avec une moyenne de 1,48°C en moins dans la salle équipée d'un cool roof, **la différence des températures ressenties entre les deux classes est de 2,96°C**. Le cool roof permet ainsi de réduire le maximum de la température ressentie de 29,3°C à 25,9°C



**Graphe 6 - Températures de surface en toiture sur le bâtiment peint et non peint entre le 12 et le 19 septembre 2018.**

|         | Toiture avec CR | Toiture sans CR | Différence |
|---------|-----------------|-----------------|------------|
| Minimum | 10,2            | 11,6            | 1,4        |
| Maximum | 32              | 50,2            | 18,2       |
| Moyenne | 18,46           | 24,26           | 5,8        |

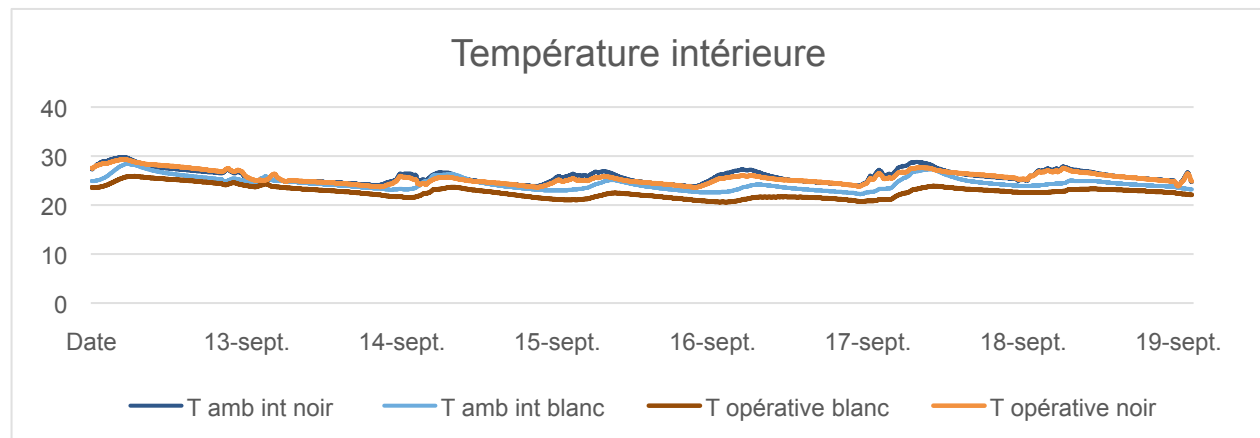
**Tableau 4 – Températures de surface entre le 12 et le 19 septembre 2018**



**Graphe 7 – Température en sous-face (plafond) dans les salles de classe peintes et non-peintes**

|         | Salle avec CR | Salle sans CR | Différence |
|---------|---------------|---------------|------------|
| Minimum | 18,5          | 23,3          | 4,8        |
| Maximum | 24,1          | 28,8          | 4,7        |
| Moyenne | 20,93         | 25,38         | 4,45       |

**Tableau 5 – Température en sous-face (plafond) dans les salles de classe peintes et non peintes du 12 au 19 septembre 2018**



Graph 8 – Température d’ambiance intérieure et opérative dans les salles de classe peintes et non-peintes

|         | Salle avec CR | Salle sans CR | Différence |
|---------|---------------|---------------|------------|
| Minimum | 22,2          | 23,8          | 1,6        |
| Maximum | 28,4          | 29,8          | 1,4        |
| Moyenne | 24,40         | 25,88         | 1,48       |

Tableau 6 – Température d’ambiance intérieure dans les salles de classe peintes et non peintes du 12 au 19 septembre 2018

|         | Salle avec CR | Salle sans CR | Différence |
|---------|---------------|---------------|------------|
| Minimum | 20,6          | 23,6          | 3,0        |
| Maximum | 25,9          | 29,3          | 3,4        |
| Moyenne | 22,67         | 25,63         | 2,96       |

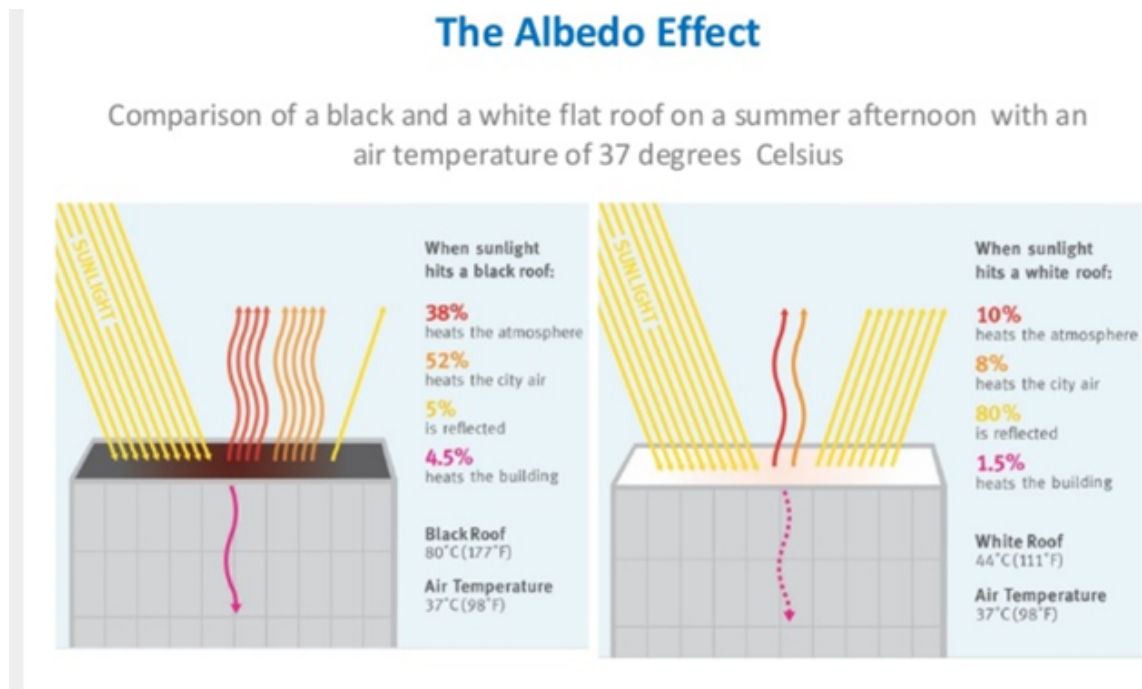
Tableau 7 – Température opérative dans les salles de classe peintes et non peintes du 12 au 19 septembre 2018

Annexe 1 :



Pour aller plus loin sur les cool roofs : <http://www.coolroof-France.com>

Schématisation de l'effet d'albedo :



Etudes scientifiques et publications de référence sur le cool roofing :

## **The Impact of Heat Islands on Mortality in Paris during the August 2003 Heat Wave**

**Karine Laaidi et al.** <https://www.coolrooftoolkit.org/wp-content/uploads/2012/06/Paris-Heat-Wave.pdf>

Contribution à l'analyse de la prise en compte du climat urbain dans les différents moyens d'intervention sur la ville. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00470536/document>

*Solution Rafraichissement Urbain*, 27 juin 2017, Ademe,  
[http://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/annexe3\\_fasicule.pdf](http://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/annexe3_fasicule.pdf)

Comparaison toiture végétale / cool roof :  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778815003527>

*Rapport cool roof / température*, article Le Monde,  
[http://www.lemonde.fr/planete/article/2017/06/20/comment-les-villes-s-adaptent-elles-a-la-montee-des-temperatures\\_5148171\\_3244.html](http://www.lemonde.fr/planete/article/2017/06/20/comment-les-villes-s-adaptent-elles-a-la-montee-des-temperatures_5148171_3244.html)

*L'îlot de chaleur Urbain - Rodriguez*

[http://sciences.ulb.ac.be/printemps/download/dossier\\_peda\\_2017/8-Lilot-de-chaleur-urbain-David.Fueyo-Rodriguez@ulb.ac.be-Laurent.Vandervelde@ulb.ac.be-Benjamin.Van.Bocxlaer@ulb.ac.be-Julien.Andre@ulb.ac.be.pdf](http://sciences.ulb.ac.be/printemps/download/dossier_peda_2017/8-Lilot-de-chaleur-urbain-David.Fueyo-Rodriguez@ulb.ac.be-Laurent.Vandervelde@ulb.ac.be-Benjamin.Van.Bocxlaer@ulb.ac.be-Julien.Andre@ulb.ac.be.pdf)

*Rapport d'étude sur l'initiative Cool Roofs New York*

<http://sustainability.ei.columbia.edu/files/2013/05/NYC-CoolRoofs-Capstone-Final-Report.pdf>

*Effect of white roofs on urban temperature in a global climate model*. Oleson. 2010  
<https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1029/2009GL042194>

*Global cooling: increasing world-wide urban albedos to offset CO<sub>2</sub>*, Akbari, 2009  
<https://link.springer.com/article/10.1007/s10584-008-9515-9>

Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies Cool Roofs  
[https://www.epa.gov/sites/production/files/2017-05/documents/reducing\\_urban\\_heat\\_islands\\_ch\\_4.pdf](https://www.epa.gov/sites/production/files/2017-05/documents/reducing_urban_heat_islands_ch_4.pdf)

**Extrait du plan Climat de la ville de Paris (2018, p63)**

## // UNE VILLE QUI RÉINVENTE SES BÂTIMENTS ET SES TOITS POUR S'ADAPTER AUX CANICULES

*Les profondes modifications en cours et à venir sur le climat parisien vont avoir un impact sur les choix architecturaux et fonctionnels de certains immeubles. Les logements sous les toitures en zinc par exemple risquent de devenir insupportables si les conditions caniculaires s'intensifient.*

### Des bâtiments confortables en été

La Ville soutiendra d'ici 2020 la création d'un référentiel de constructions adaptées aux évolutions climatiques, particulièrement en ce qui concerne le confort d'été. Il abordera les points clés d'un bâtiment compatible avec le confort d'été : conception bioclimatique, végétalisation du bâti, protections solaires, matériaux clairs, ventilation efficace, respect de la température de consigne de 26°C avant déclenchement d'un système de rafraîchissement écologique. En ce qui concerne les bâtiments existants, la Ville travaillera à l'amélioration de leur isolation, de leur protection solaire et de leur ventilation en ajoutant un volet « confort d'été » dans toutes les rénovations thermiques de bâtiments menées par la Ville de Paris ou soumises à son autorisation. Avec l'extension à venir du réseau de froid urbain,

des communications spécifiques seront mises en œuvre afin d'augmenter le nombre de bâtiments raccordés au réseau et de diminuer les systèmes de climatisation individuels. Cette démarche sera également mise en œuvre pour les équipements municipaux neufs et rénovés en lien avec la Stratégie de Résilience.

### Les nouveaux toits de Paris

À l'horizon 2050 les toits parisiens seront davantage valorisés et contribueront de manière massive à la production de trois ressources qui deviendront de plus en plus précieuses dans les décennies à venir : l'énergie renouvelable avec les toitures solaires, l'alimentation par l'agriculture urbaine, l'eau par la collecte et le stockage des eaux pluviales. Pour les autres toits inadaptés à la production d'au moins l'une de ces ressources (pente trop importante, orientation inadaptée, etc.) il s'agira de les végétaliser ou de les recouvrir d'une peinture aux propriétés réfléchissantes afin qu'ils contribuent à réduire l'effet d'ICU. En amont, la Ville de Paris lancera d'ici 2020 un programme d'études sur les possibilités d'adapter les toits en zinc de Paris au réchauffement climatique tout en conservant leur identité patrimoniale en lien avec les Architectes des Bâtiments de France (ABF) et l'Agence Parisienne du Climat. Cette démarche sera complétée à partir de 2020 par des expérimentations de transformation de toits existants sur des copropriétés volontaires. ■