

Projet de construction  
d'un lycée neuf à Romainville (93)

# Etude Bioclimatisme

23 Janvier 2026



## Table des matières

<b>I.</b>	<b>Contexte et objectifs de l'étude .....</b>	<b>3</b>
<b>II.</b>	<b>Méthodologie générale .....</b>	<b>3</b>
<b>III.</b>	<b>Analyse de l'ensoleillement .....</b>	<b>4</b>
1.	État initial.....	4
2.	État projeté .....	6
3.	Irradiation estivale .....	8
<b>IV.</b>	<b>Analyse aéraulique .....</b>	<b>9</b>
1.	État initial.....	9
2.	État projeté .....	10
<b>V.</b>	<b>Analyse de l'îlot de chaleur urbain (ICU) .....</b>	<b>11</b>
1.	État initial.....	11
2.	État projeté .....	12
	<b>Synthèse et conclusion .....</b>	<b>15</b>
	<b>Listes des annexes .....</b>	<b>16</b>

## I. Contexte et objectifs de l'étude

Le projet de construction d'un lycée neuf à Romainville s'implante sur un **complexe sportif existant**, comprenant notamment un terrain de football en **gazon synthétique**, des terrains de tennis, des espaces minéraux et des voiries périphériques. Ce site, caractérisé par de larges surfaces ouvertes et une faible densité bâtie, présente des enjeux climatiques importants en période estivale, notamment en matière de surchauffe et de confort extérieur.

Dans ce contexte, une **étude Bioclimatisme** a été menée afin d'évaluer les effets du projet sur le **microclimat local**, en comparant l'**état initial** et l'**état projeté**. L'objectif est d'apprécier la capacité du projet à limiter les phénomènes de surchauffe, à améliorer le confort des usagers et à s'inscrire dans une démarche d'adaptation au changement climatique.

## II. Méthodologie générale

L'étude repose sur une approche comparative entre l'état initial et l'état projeté, à paramètres climatiques constants, à l'aide d'outils de simulation numérique. Trois thématiques complémentaires ont été analysées : l'ensoleillement, l'aéraulique et l'îlot de chaleur urbain.

L'ensoleillement a été étudié à partir d'une modélisation 3D du site à trois dates représentatives de l'année (21 décembre, 21 mars et 21 juin), permettant d'appréhender les conditions hivernales, intermédiaires et estivales.

L'aéraulique a été analysée en considérant un vent dominant de secteur sud-ouest, à travers l'étude de la circulation des vents et du confort aéraulique extérieur. Enfin, l'îlot de chaleur urbain a été évalué pour une journée estivale de référence (21 juin), en intégrant la nature des revêtements de sols, la végétation et la morphologie du bâti.

Cette approche globale permet d'évaluer de manière cohérente les interactions entre forme urbaine, matériaux et conditions climatiques locales.

### III. Analyse de l'ensoleillement

#### 1. État initial

À l'état initial, le site présente une **exposition solaire globalement élevée**, liée à la faible densité bâtie et à l'importance des espaces ouverts. Les terrains sportifs, notamment le terrain de football en gazon synthétique, ainsi que les surfaces minérales environnantes, sont largement exposés au rayonnement solaire direct, en particulier lors du solstice d'été, avec des durées d'ensoleillement importantes sur la journée (supérieures à 13 heures selon les simulations).

En période hivernale, l'absence de masques solaires significatifs garantit un **bon accès au rayonnement solaire**, avec des durées d'ensoleillement de l'ordre de **8 heures** sur les espaces ouverts.

En mi-saison (équinoxe de printemps), l'ensoleillement reste important, avec des durées comprises **entre 9 et 12 heures**, mais demeure peu structuré en raison de l'absence de volumes bâtis ou de plantations générant des zones d'ombre différenciées.

Aux abords du site, notamment au niveau du gymnase et des habitations proches, les façades présentent également une **exposition directe au rayonnement solaire**, liée à l'absence de volumes bâtis intermédiaires et de végétation arborée. Cette configuration contribue à des apports solaires significatifs sur les façades et les espaces extérieurs, influençant directement les quantités de chaleur et d'énergie reçues.

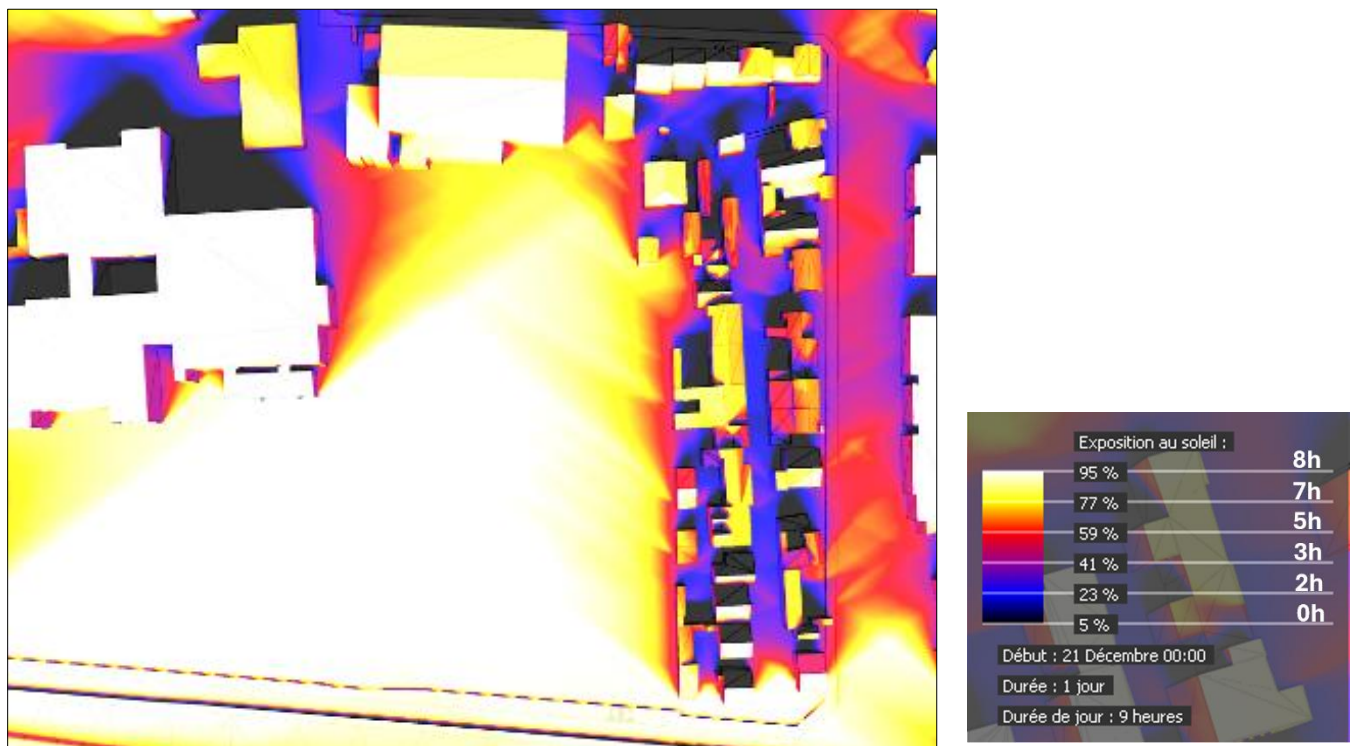


Figure 1 : Ensoleillement en hiver (21 déc.) à l'état initial

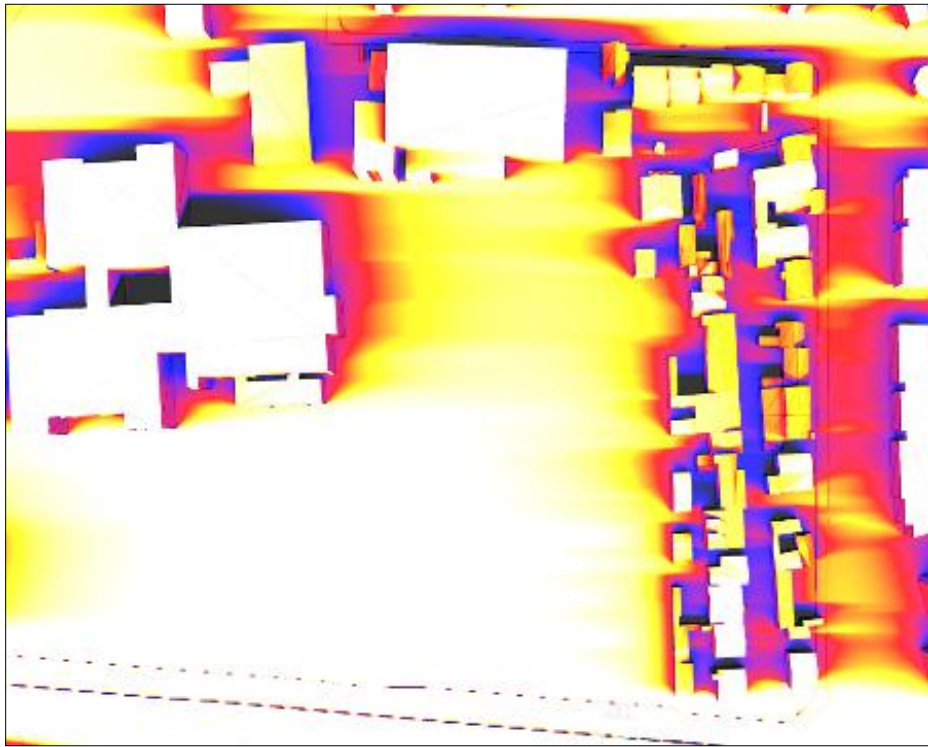


Figure 2 : Ensoleillement en mi-saison (21mars) à l'état initial

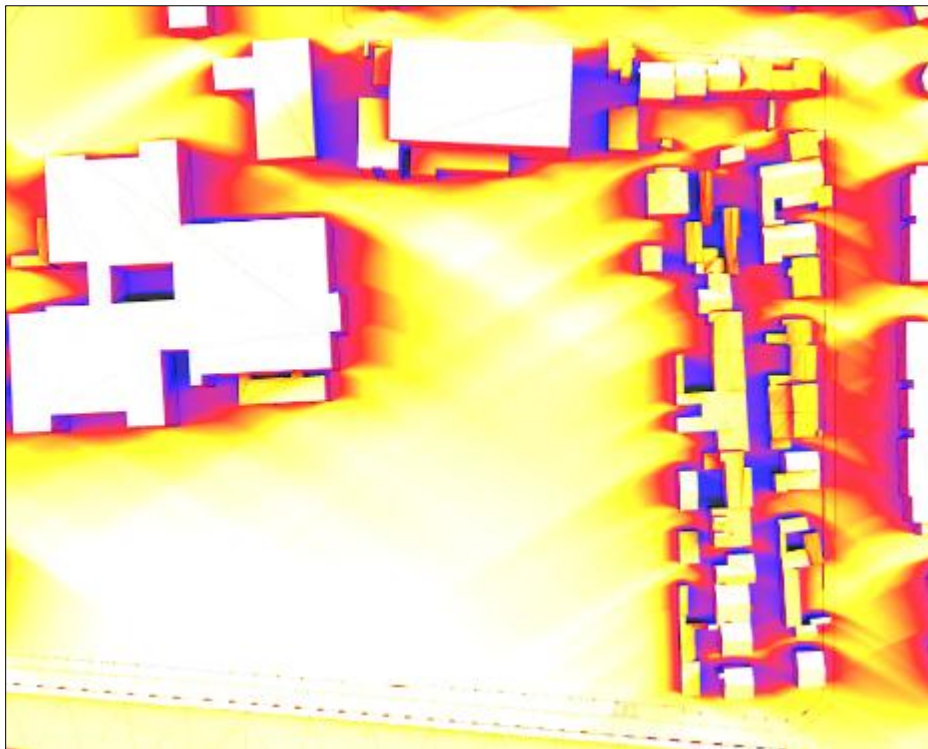


Figure 3 : Ensoleillement en été (21 juin) à l'état initial

## 2. État projeté

À l'état projeté, l'implantation du lycée, l'orientation des bâtiments et la conception de l'enveloppe bâtie permettent de maintenir des conditions d'ensoleillement satisfaisantes sur l'ensemble de l'année, tout en assurant une meilleure maîtrise du rayonnement solaire en période estivale. La disposition des volumes concilie ainsi apports solaires et confort thermique extérieur.

En **période estivale (21 juin)**, les simulations montrent que la cour du lycée conserve un ensoleillement suffisant, bien que plus indirect qu'à l'état initial, du fait des ombres portées du bâti. Cette configuration limite l'exposition directe aux heures les plus chaudes et contribue à réduire les risques de surchauffe.

A la **mi-saison (21 mars)**, l'ensoleillement de la cour et des façades est plus équilibré, avec une alternance de zones ensoleillées et ombragées, traduisant une gestion plus structurée de l'ensoleillement par rapport à l'état initial.

En période **hivernale (21 décembre)**, malgré la présence des volumes bâtis, les espaces extérieurs conservent un accès suffisant au rayonnement solaire, sans création de zones durablement ombragées.

À l'échelle de l'environnement proche, les simulations mettent en évidence une **diminution localisée de l'exposition directe au rayonnement solaire**, liée aux ombres portées du projet sur les espaces extérieurs, s'inscrivant dans une logique de **rééquilibrage des conditions d'ensoleillement**, sans déficit solaire significatif.

En complément des simulations, les plantations prévues contribuent à modérer l'exposition au rayonnement solaire, notamment en période estivale, en apportant de l'ombrage et en participant à l'amélioration du confort des espaces extérieurs.

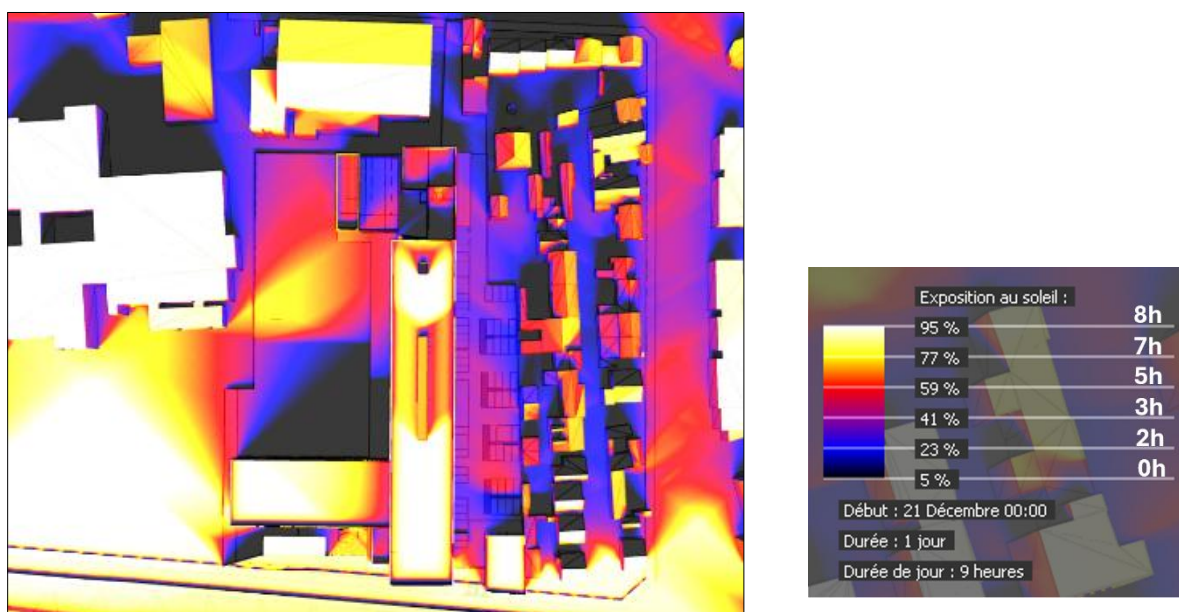


Figure 4 : Ensoleillement en hiver (21 déc.) à l'état projeté

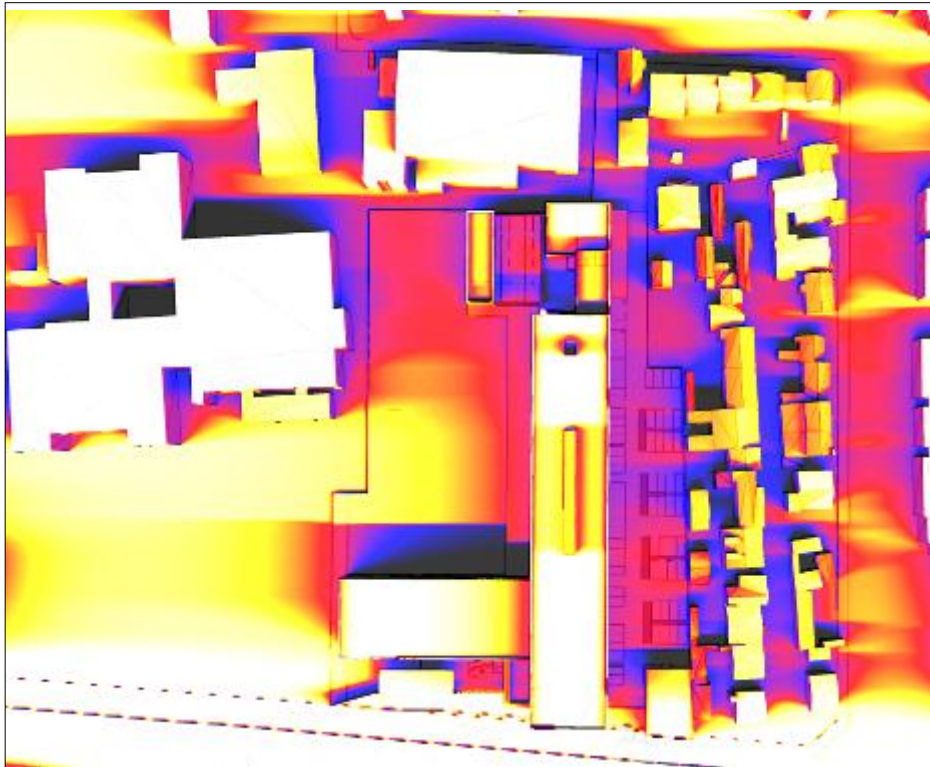


Figure 5 : Ensoleillement en mi-saison (21 mars) à l'état projeté

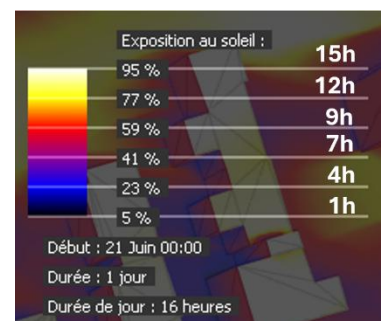
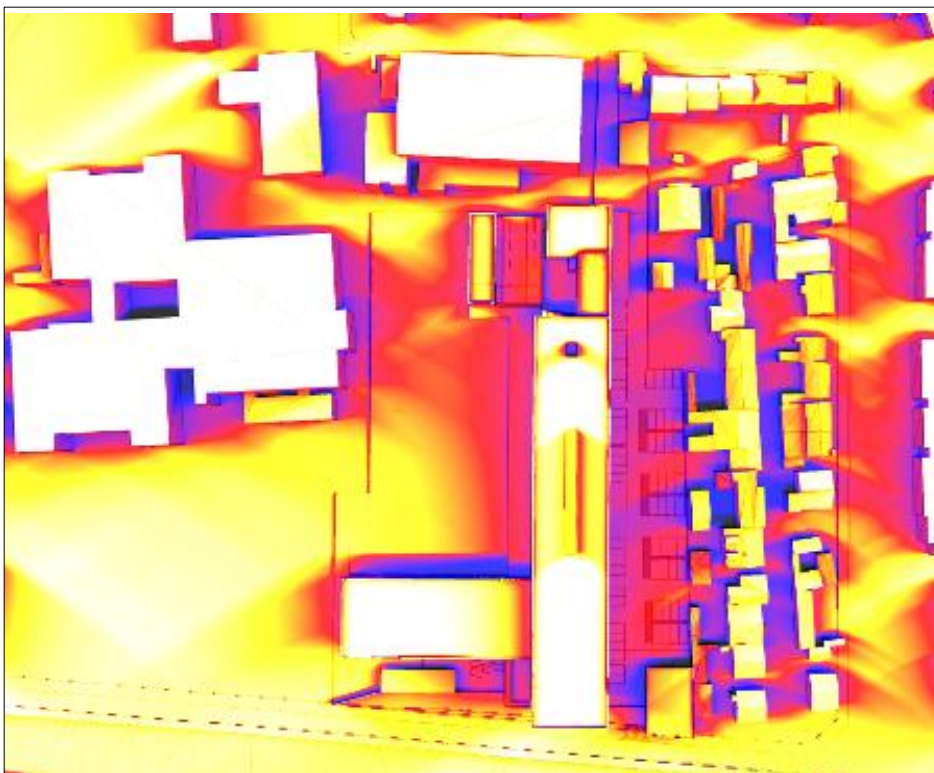


Figure 6 : Ensoleillement en été (21 juin) à l'état projeté

### 3. Irradiation estivale

En complément de l'analyse de la durée d'ensoleillement, une étude de l'irradiation solaire estivale a été réalisée afin d'évaluer les niveaux d'énergie reçus par les surfaces à l'état initial et à l'état projeté.

À l'état initial, le site présente une irradiation élevée et peu différenciée, liée à la faible densité bâtie et à l'absence de masques solaires, favorisant un échauffement important des surfaces exposées.

À l'état projeté, la présence des volumes bâtis génère des ombres portées permettant de réduire l'irradiation sur la cour du lycée, notamment aux heures de fort ensoleillement. Cette évolution traduit une meilleure maîtrise des apports solaires estivaux, contribuant à la limitation des phénomènes de surchauffe, sans engendrer de déficit solaire significatif à l'échelle du site et de son environnement proche.

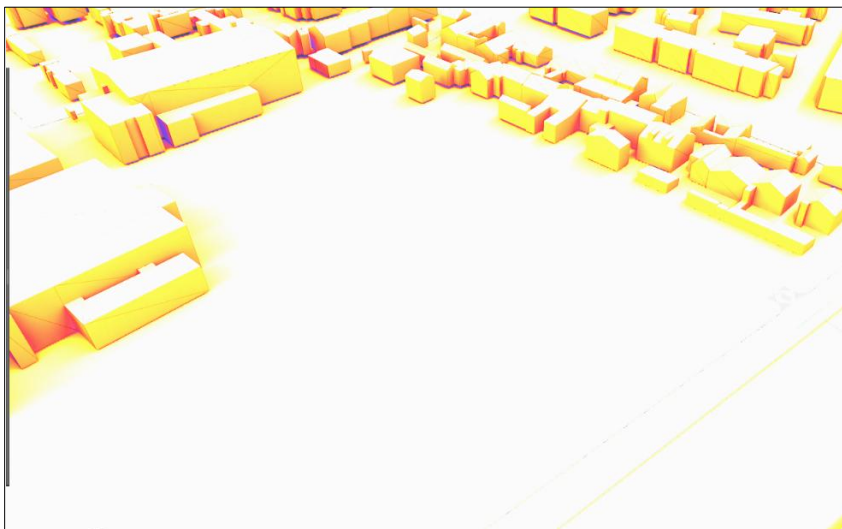


Figure 7 : Irradiation estivale à l'état initial

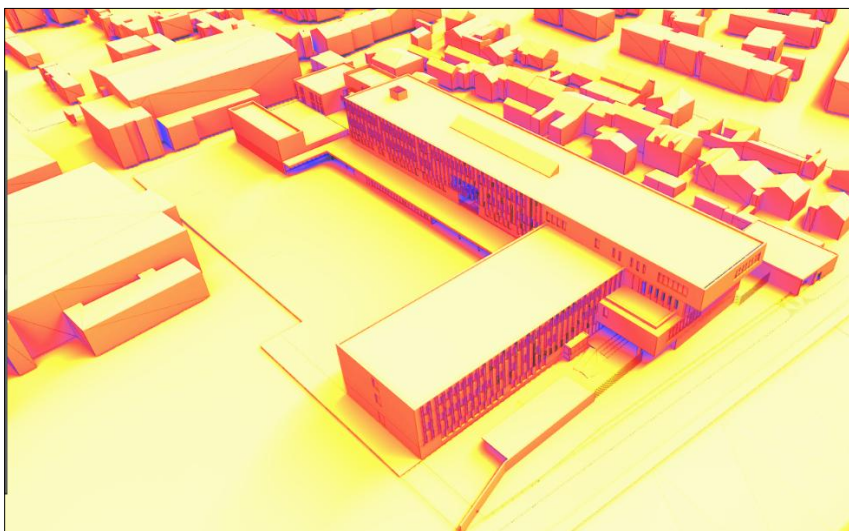
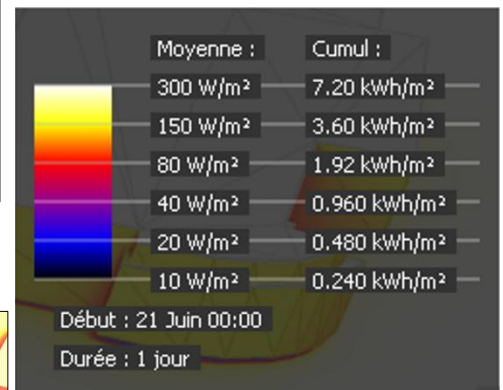


Figure 8 : Irradiation estivale à l'état projeté



## IV. Analyse aéraulique

### 1. État initial

L'analyse aéraulique, réalisée pour un vent dominant de secteur sud-ouest, montre qu'à l'état initial la circulation de l'air est peu structurée. Les espaces ouverts sont directement exposés aux vents dominants, générant un **confort aéraulique hétérogène**, avec des zones localement exposées à des vitesses de vent peu favorables.

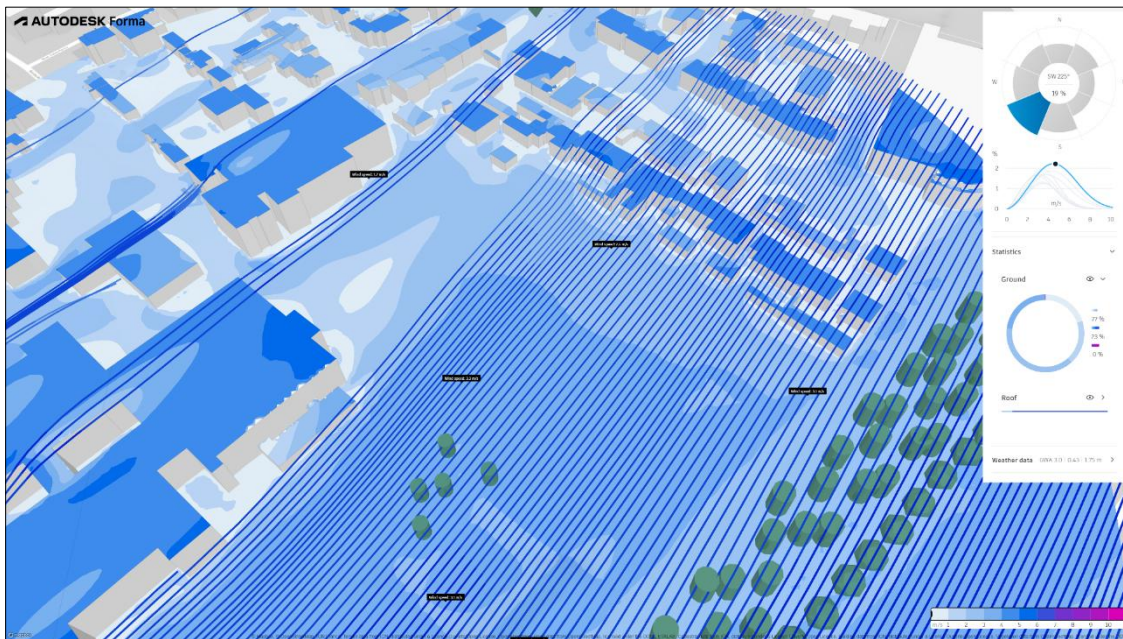


Figure 9 : Circulation du vent à l'état initial (wind analysis Autodesk Forma)

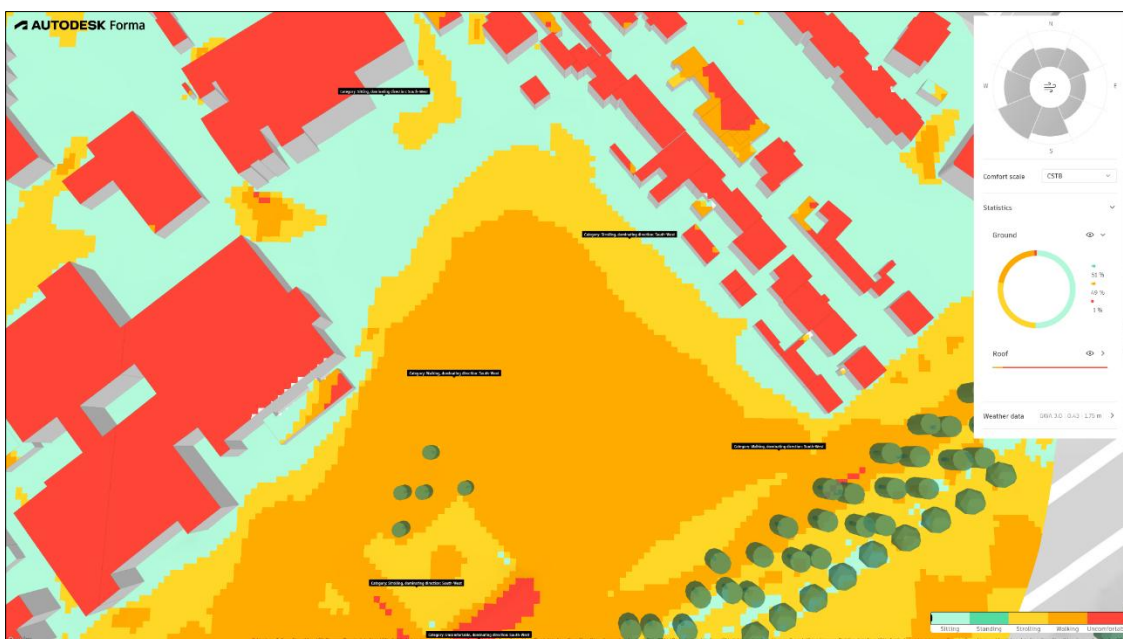


Figure 10 : Confort aéraulique de type CSTB à l'état initial (wind analysis Autodesk Forma)

## 2. État projeté

À l'état projeté, l'implantation des bâtiments du lycée modifie les écoulements d'air. Les volumes bâtis jouent un rôle de **filtrage, de déviation et de canalisation du vent**, permettant :

- Une réduction de l'exposition directe dans les espaces sensibles,
- Le maintien de circulations d'air favorables au rafraîchissement estival.

Les simulations mettent en évidence une **amélioration globale du confort aéraulique**, sans création de zones de stagnation de l'air.

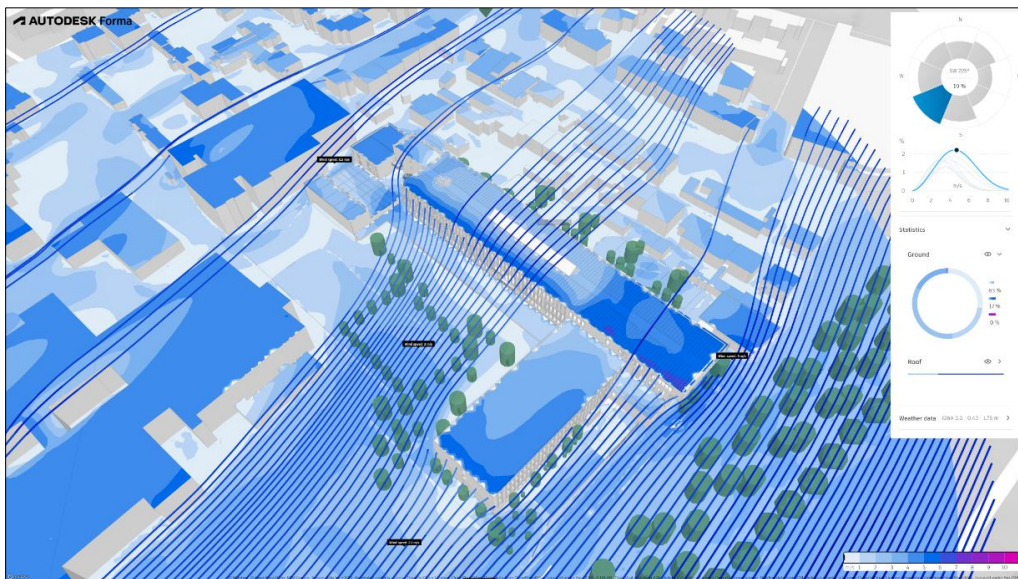


Figure 11 : Circulation du vent à l'état projeté (wind analysis Autodesk Forma)

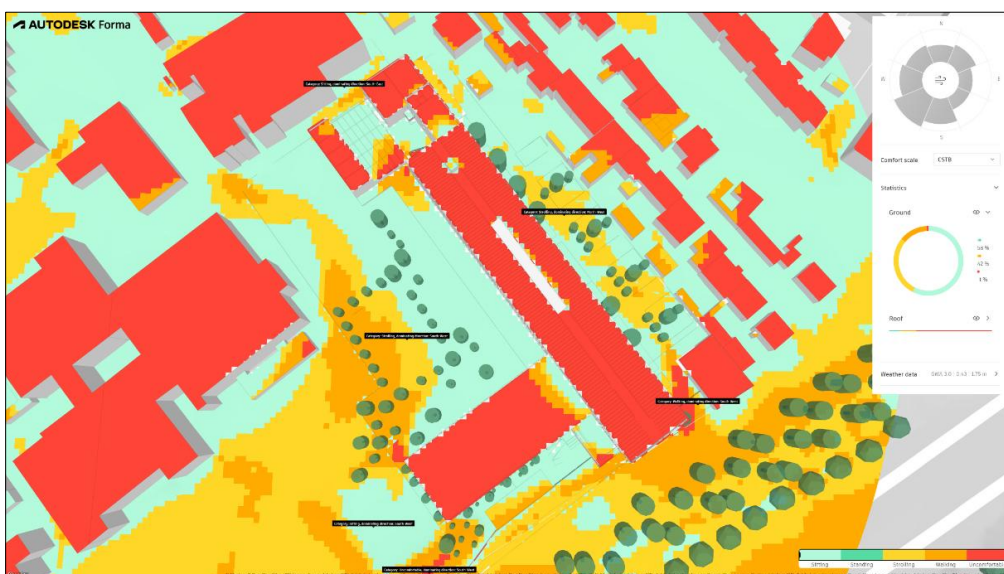


Figure 12 : Confort de type CSTB à l'état projeté (wind analysis Autodesk Forma)

## V. Analyse de l'îlot de chaleur urbain (ICU)

### 1. État initial

L'analyse de l'îlot de chaleur urbain met en évidence, à l'état initial, un **fonctionnement thermique globalement défavorable**, fortement influencé par la nature des revêtements de sols présents sur le site et ses abords immédiats. Ceux-ci sont majoritairement constitués de **voiries en enrobé bitumineux**, de **cours et cheminements en béton à finition balayée gris clair**, un **terrain sportif en gazon synthétique**, ainsi que de **zones de gazon vert et de gazon sec**.

Les surfaces minérales et artificialisées, caractérisées par un **faible albédo** (enrobé bitumineux  $\approx 0,15$  ; gazon synthétique  $\approx 0,15$ ) et une **forte inertie thermique**, favorisent l'absorption du rayonnement solaire et le stockage de chaleur en période estivale. Le béton à finition balayée, bien que plus clair, demeure également une surface artificialisée contribuant à l'élévation des températures de surface.

Le **gazon synthétique**, malgré son aspect végétal, présente des propriétés thermiques proches de celles des revêtements minéraux (forte artificialisation, CBS nul), conduisant à des **températures de surface élevées** lors des épisodes estivaux. À l'inverse, les zones en **gazon naturel**, vert ou sec, bénéficient d'un albédo plus favorable et d'une capacité d'évapotranspiration, contribuant localement à un rafraîchissement relatif.

Dans ce contexte, les résultats de la simulation montrent une **prépondérance de zones à températures de surface élevées**, notamment sur les surfaces minérales et sportives exposées, participant à la formation d'un **îlot de chaleur urbain marqué** à l'état initial.



Figure 13 : Revêtement des sols à l'état initial; IETI, ICEtool



Figure 14 : Résultat simulation ICU à l'état initial ; IETI, ICEtool

## 2. État projeté

À l'état projeté, les revêtements périphériques existants sont globalement conservés, mais le projet introduit au cœur du site des **matériaux de sol plus favorables au confort thermique**, modifiant sensiblement le fonctionnement microclimatique local. Les aménagements prévus intègrent notamment :

- Des **enrobés drainants** pour les circulations,
- Du **béton caverneux** dans la cour du lycée,
- Des **revêtements alvéolaires à dominante herbacée**.

Ces matériaux se distinguent par une **meilleure perméabilité**, une capacité accrue à limiter le ruissellement et un **comportement thermique plus favorable** que les revêtements bitumineux classiques. Les revêtements alvéolaires, combinant surface minérale et végétation, permettent notamment de réduire l'artificialisation effective et de favoriser l'évapotranspiration. Le béton caverneux contribue quant à lui à limiter l'accumulation de chaleur en surface par rapport aux bétons pleins traditionnels.

Le projet prévoit également la **plantation d'arbres et le renforcement de la trame végétale**, participant à la création d'ombrage et au rafraîchissement naturel des espaces extérieurs, en complément des effets liés aux matériaux de sols.

La comparaison entre l'état initial et l'état projeté met ainsi en évidence une **réduction des températures maximales de surface de l'ordre de 2 °C**, ainsi qu'une **diminution de l'intensité et de l'extension des zones les plus chaudes**. Le projet contribue de ce fait à une **atténuation mesurable de l'îlot de chaleur urbain**, en cohérence avec les objectifs d'adaptation climatique.



Figure 15 : Revêtement du sol à l'état projeté ; IETI, ICEtool



Figure 16 : Résultat simulation ICU à l'état projeté ; IETI, ICEtool

Enfin, bien que non intégrées dans les simulations ICU, les **toitures végétalisées prévues** participent également à l'amélioration du confort thermique global du site, en limitant l'échauffement des bâtiments et en contribuant indirectement à la réduction des effets de surchauffe estivale.

Matériau	État initial	État projeté	Albédo	CR	CBS	Artificialisation	Analyse bioclimatique / impact ICU
<b>Enrobé bitumineux</b>	Présent (voiries, abords)	Présent (périphérie conservée)	~0,15	~0,95	0	1	Surface fortement absorbante et accumulatrice de chaleur. Contributeur majeur à l'ICU dans les deux états, sans amélioration notable.
<b>Béton finition balayée</b>	Présent (cours existantes)	Partiellement maintenu	~0,45	~0,95	0	1	Albédo plus élevé limitant l'échauffement direct, mais matériau dense et peu perméable, contribuant au stockage thermique.
<b>Gazon synthétique (terrain sportif)</b>	Présent	Absent	~0,15	~0,85	0	1	Surface artificielle à fort échauffement et sans évapotranspiration. Sa suppression participe à la réduction du potentiel d'ICU à l'état projeté.
<b>Gazon vert naturel</b>	Présent	Présent / renforcé	~0,33	~0,20	0,8	0	Surface végétalisée favorable au rafraîchissement urbain par évapotranspiration et limitation du stockage thermique.
<b>Gazon sec</b>	Présent	Présent	~0,13	~0,20	0,8	0	Comportement thermique intermédiaire, moins performant que le gazon vert mais plus favorable que les surfaces minérales.
<b>Revêtement alvéolaire à dominante herbacée</b>	Absent	Présent	~0,29	~0,60	0,5	1	Revêtement semi-perméable permettant une réduction du stockage thermique et une amélioration du confort de surface.
<b>Béton caverneux</b>	Absent	Présent (cour du lycée)	~0,30	~0,70	0	1	Matériau poreux limitant l'accumulation de chaleur et favorisant l'infiltration, au comportement thermique amélioré par rapport au béton plein.
<b>Enrobé drainant</b>	Absent	Présent (circulations)	~0,15	~0,70	0	1	Alternative à l'enrobé classique, réduisant légèrement l'inertie thermique grâce à sa porosité.

Figure 17 : Tableau comparatif – Revêtements de sols et contribution à l'îlot de chaleur urbain (ICU)

## Synthèse et conclusion

L'étude Bioclimatisme montre que le projet de lycée améliore de manière significative les conditions microclimatiques du site. La gestion de l'ensoleillement limite les surchauffes estivales, l'organisation du bâti améliore le confort aéraulique, et le choix de revêtements perméables combiné à la végétalisation permet de réduire l'intensité de l'îlot de chaleur urbain.

Dans son ensemble, le projet s'inscrit dans une **démarche bioclimatique cohérente**, adaptée aux usages scolaires et aux enjeux d'adaptation au changement climatique.

## Listes des annexes

<b>Annexe 1</b>	Méthode utilisée
<b>Annexe 2</b>	Modélisation de l'ensoleillement
<b>Annexe 3</b>	Modélisation de l'irradiation estivale
<b>Annexe 4</b>	Modélisation de l'aéraulique
<b>Annexe 5</b>	Modélisation des Ilots de Chaleur Urbains (ICU)

## **Annexe 1 : Méthode utilisée**

## Méthodologie Générale

L'étude d'impact bioclimatique du projet repose sur une approche comparative entre **l'état initial** et **l'état projeté**, à l'aide d'outils de simulation. Cette démarche vise à évaluer les effets du projet sur le microclimat local.

## Outils utilisés

Thématique	Outil / Logiciel	Objectif
Ensoleillement et masques solaires	Archiwizzard (modélisation 3D)	Analyser la radiation et les zones d'ombre
Îlot de Chaleur Urbain (ICU)	ICEtool sous QGIS	Évaluer le potentiel d'îlot de chaleur urbain
Aéraulique et confort extérieur	Autodesk Forma	Simuler la circulation du vent et le confort extérieur

Les simulations ont été réalisées à partir de données topographiques, météorologiques et urbaines actualisées, intégrant la morphologie du site et son environnement immédiat.

## **Annexe 2 : modélisation de l'Ensoleillement**

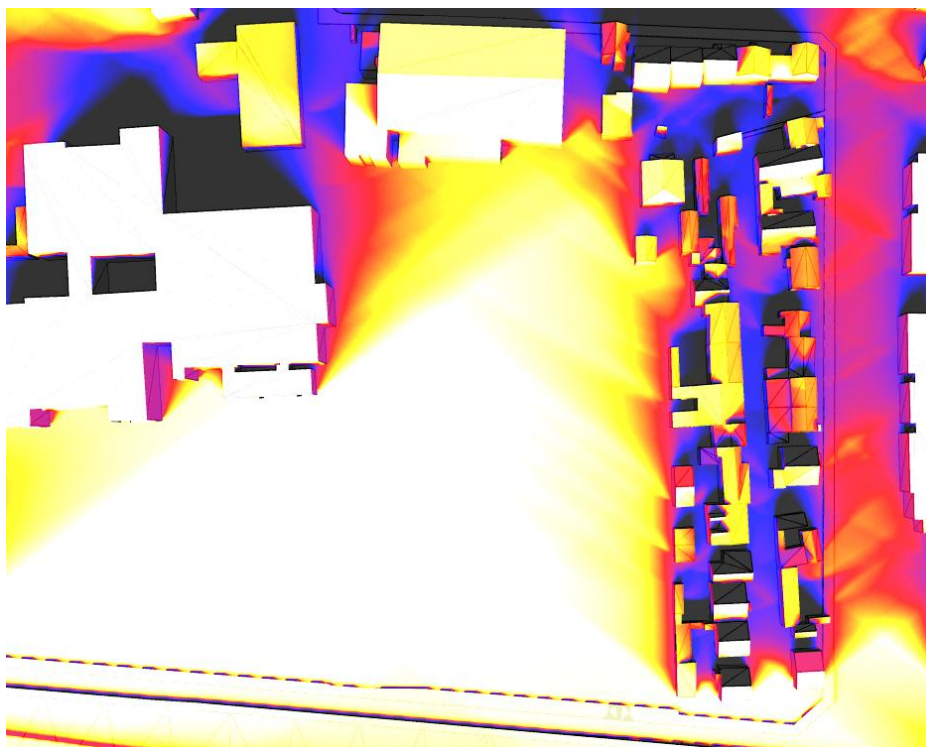
**21 Décembre :**

**Durée d'ensoleillement = 09h**

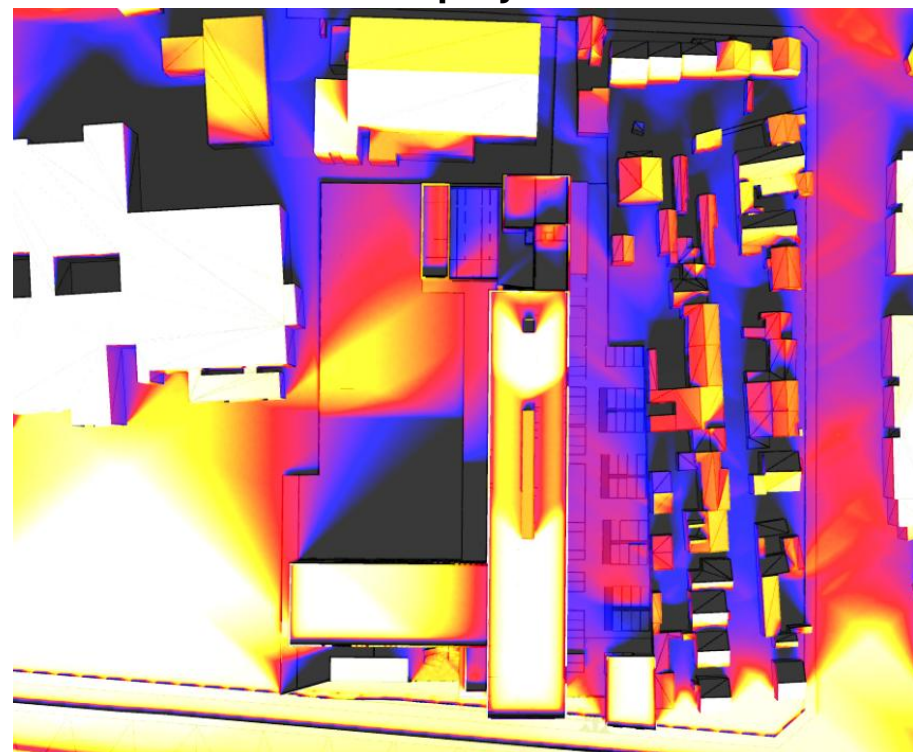


**Vue aérienne**

**Etat initial**

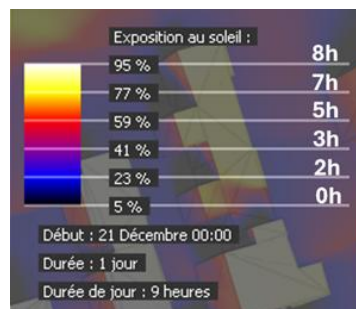


**Etat projeté**



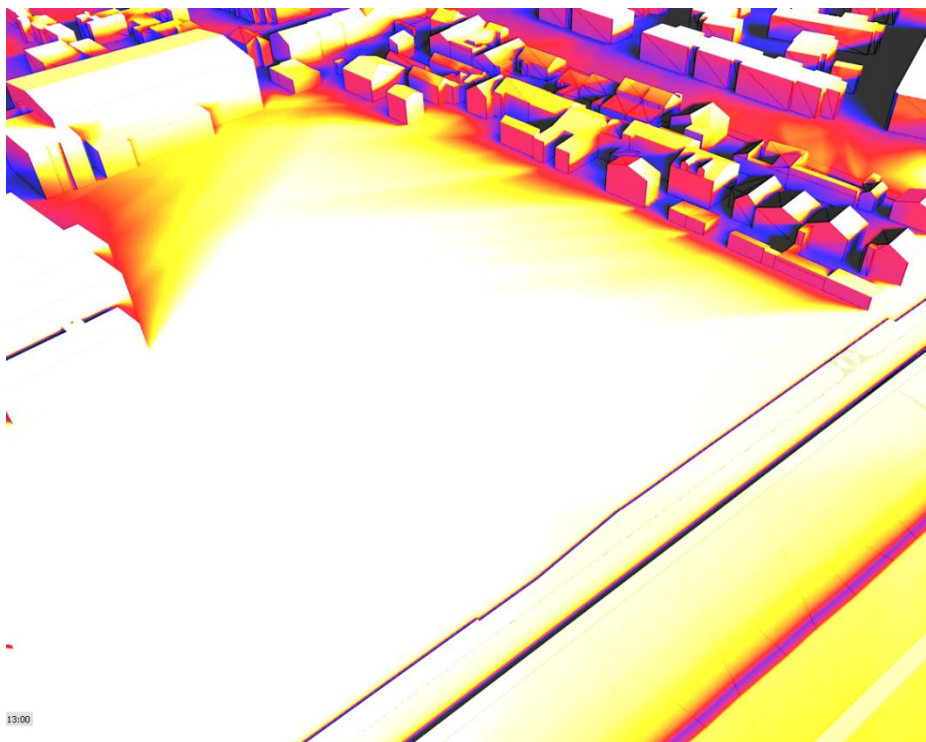
**21 Décembre :**

**Durée d'ensoleillement = 09h**

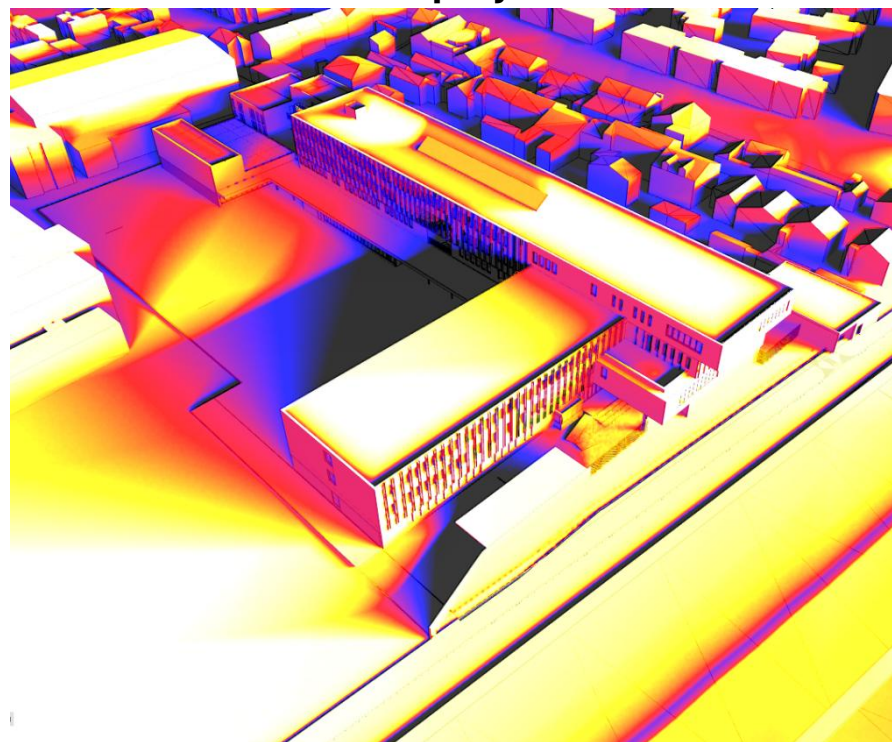


**Vue de face**

**Etat initial**

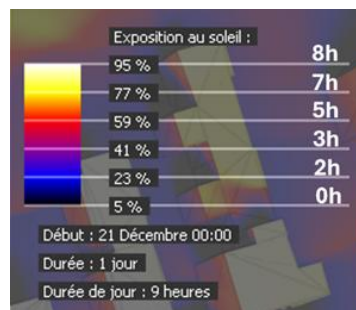


**Etat projeté**



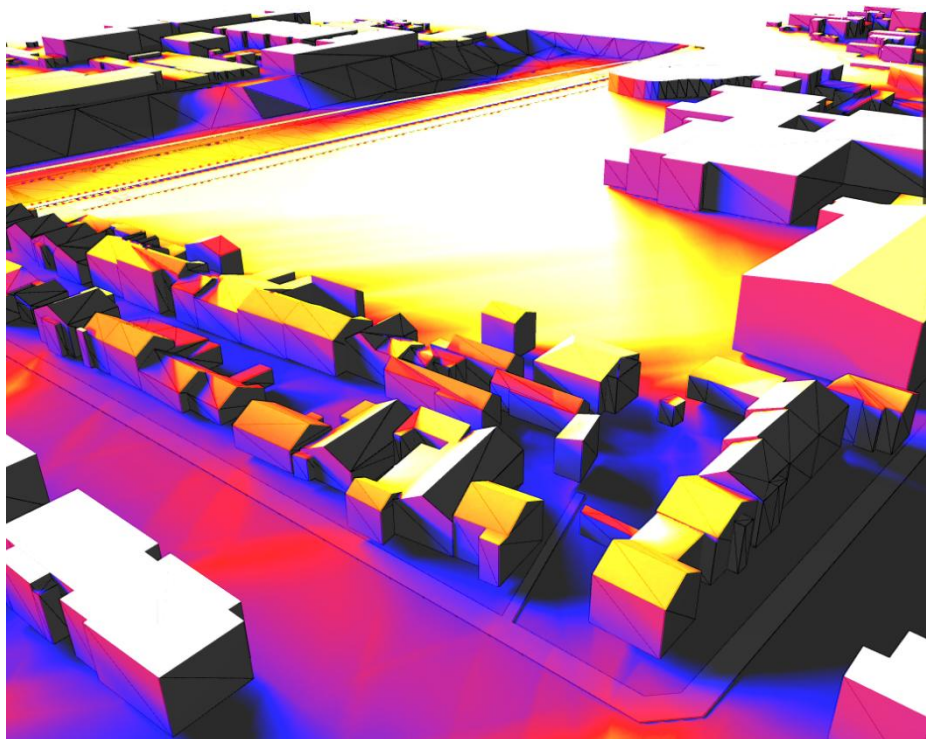
**21 Décembre :**

**Durée d'ensoleillement = 09h**

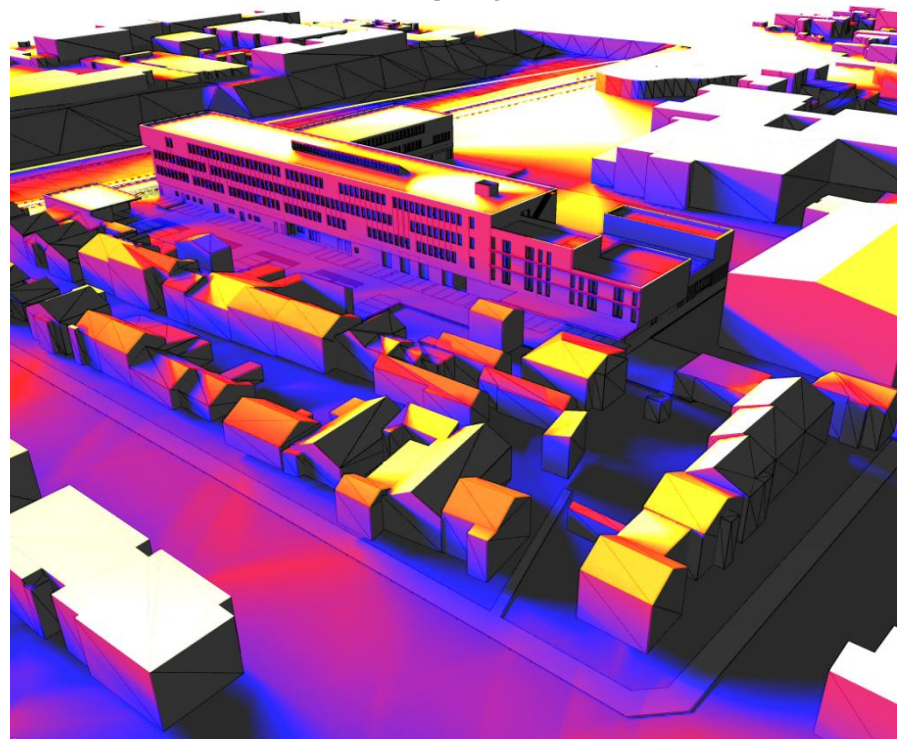


**Vue de derrière**

**Etat initial**

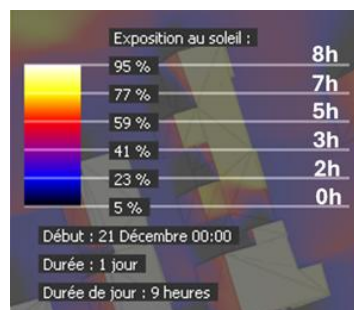


**Etat projeté**



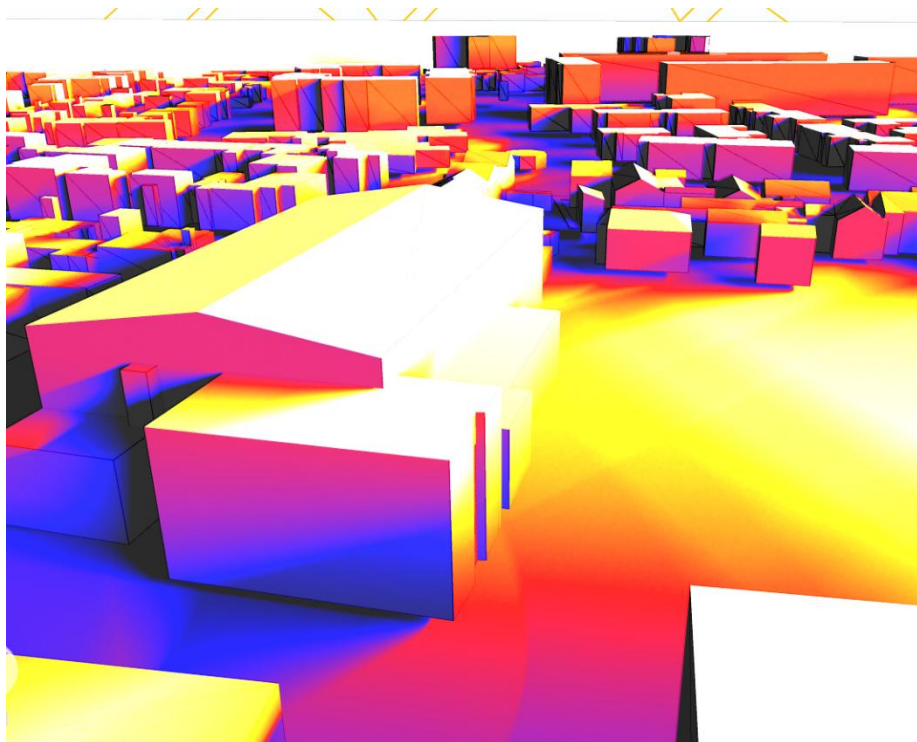
**21 Décembre :**

**Durée d'ensoleillement = 09h**

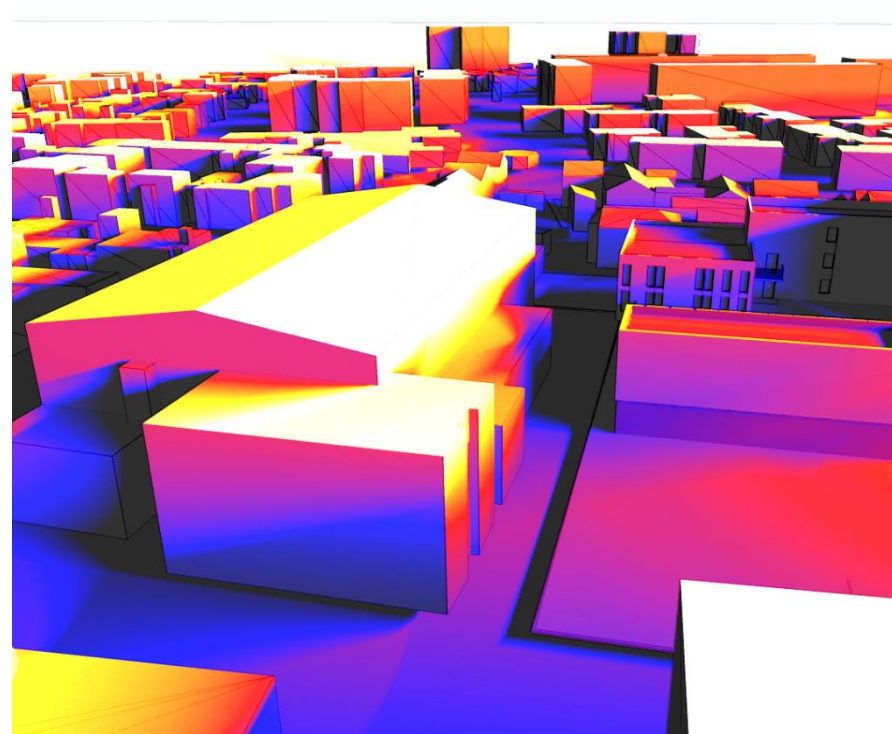


**Vue côté Gymnase**

**Etat initial**

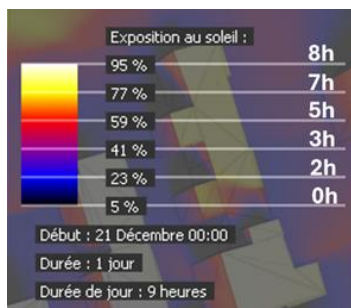


**Etat projeté**



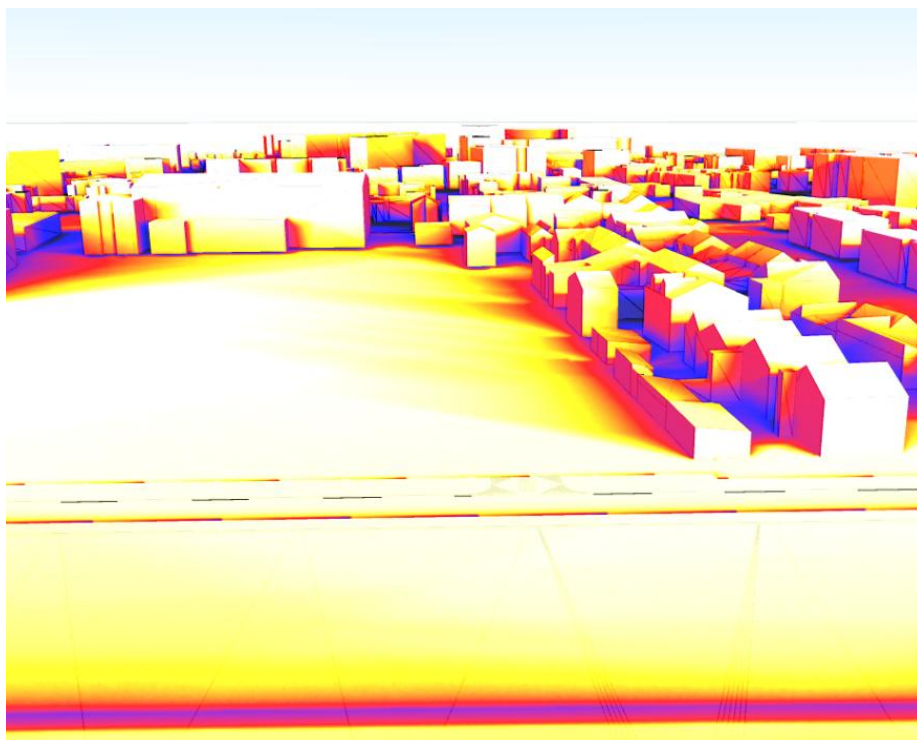
**21 Décembre :**

**Durée d'ensoleillement = 09h**

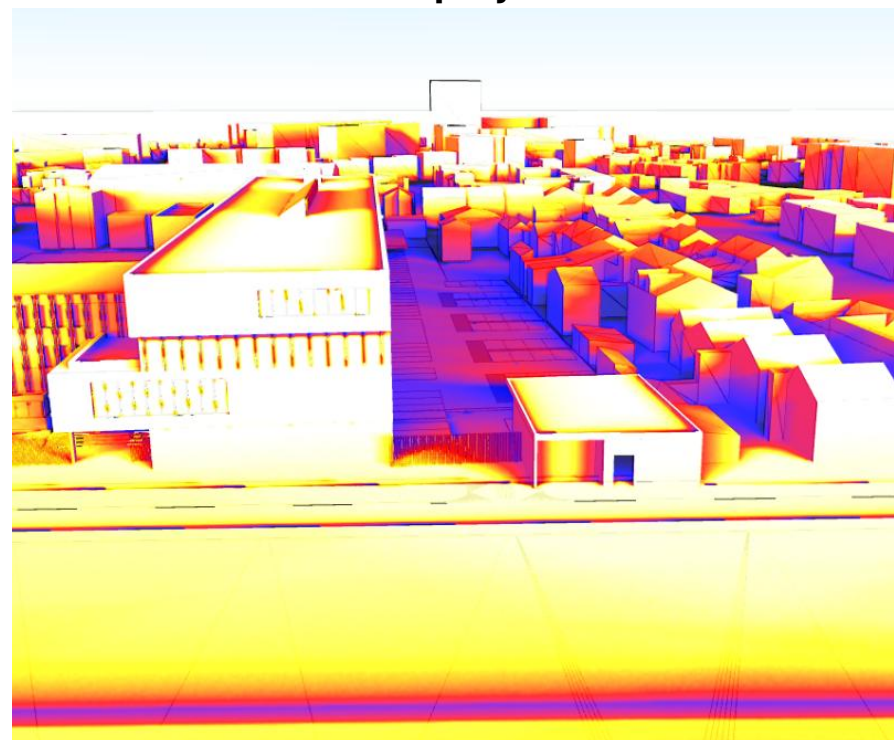


**Vue sur le parking**

**Etat initial**

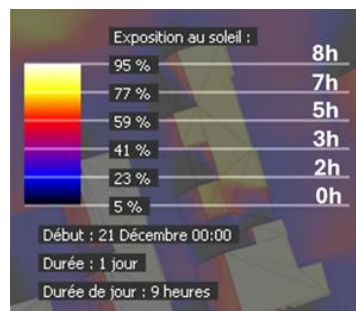


**Etat projeté**



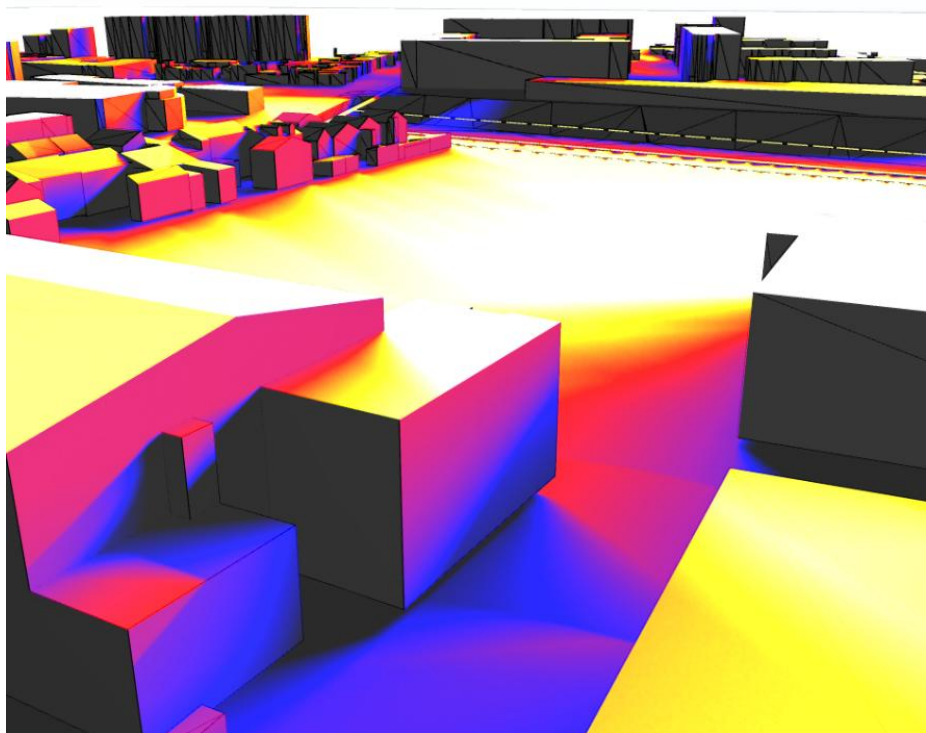
**21 Décembre :**

**Durée d'ensoleillement = 09h**

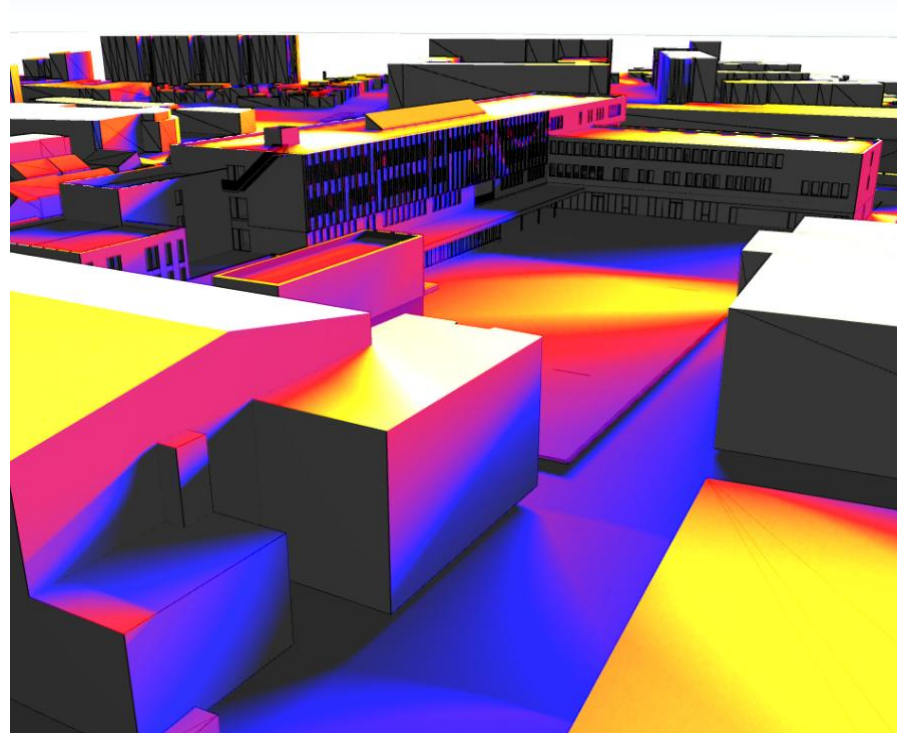


**Vue sur le cours**

**Etat initial**



**Etat projeté**



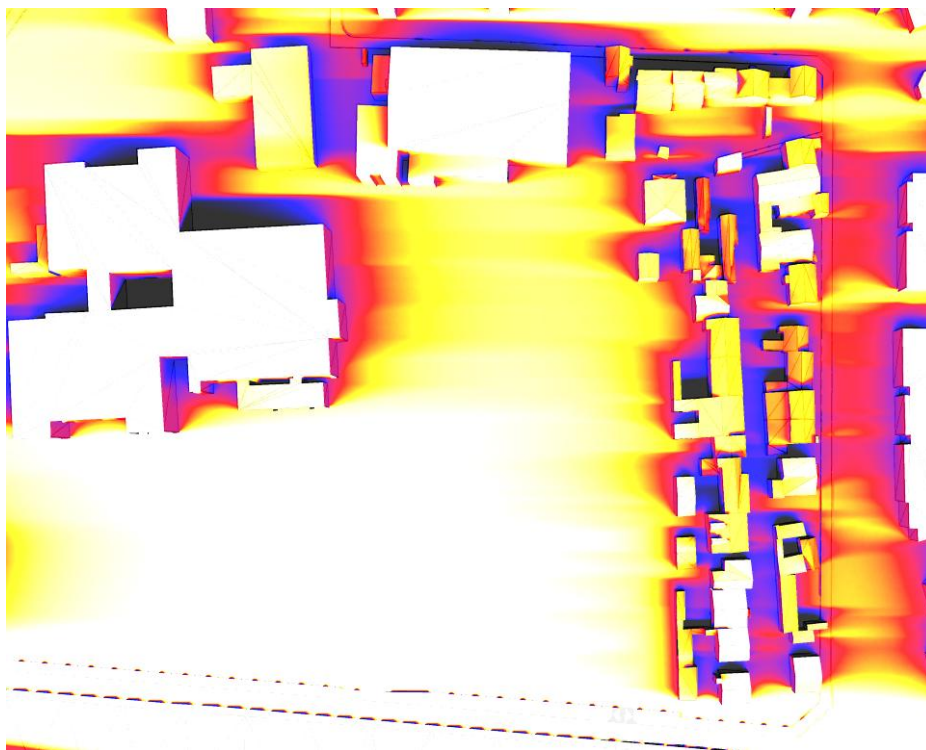
**21 Mars :**

**Durée d'ensoleillement = 12h**

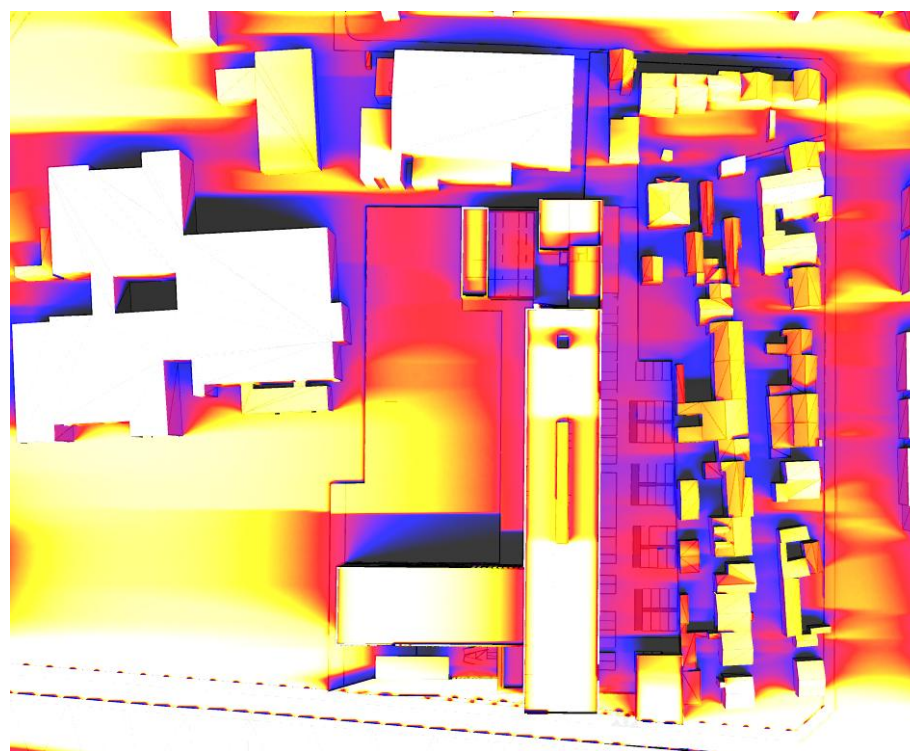


**Vue aérienne**

**Etat initial**

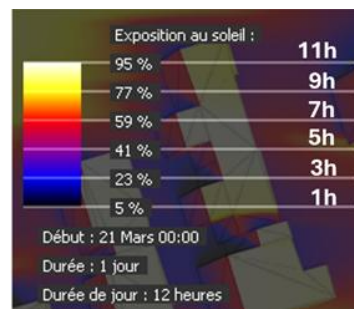


**Etat projeté**



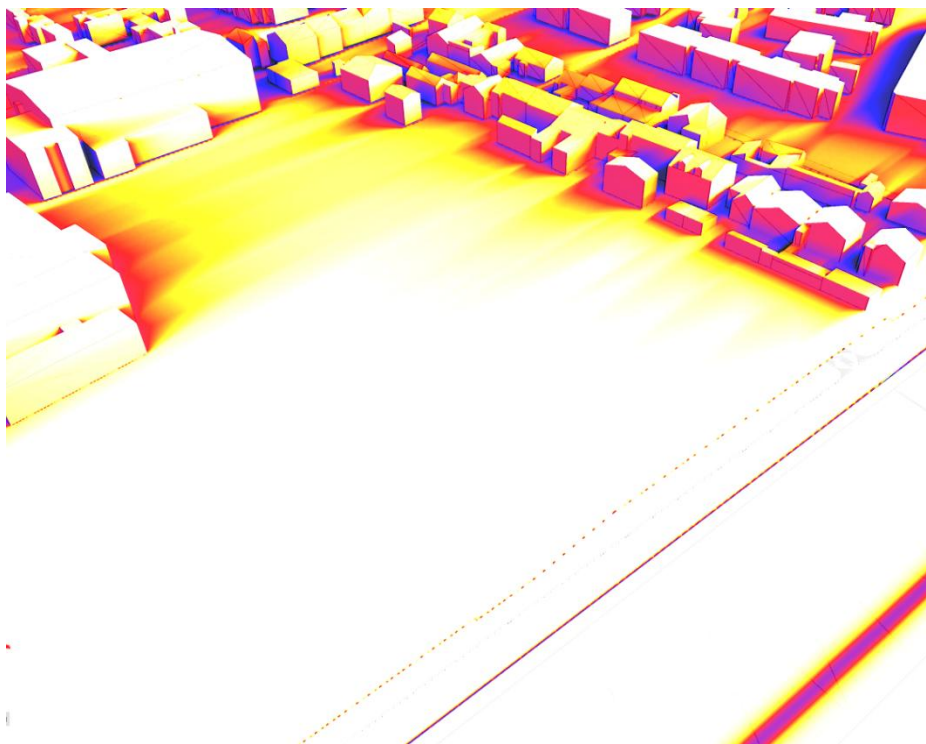
**21 Mars :**

**Durée d'ensoleillement = 12h**

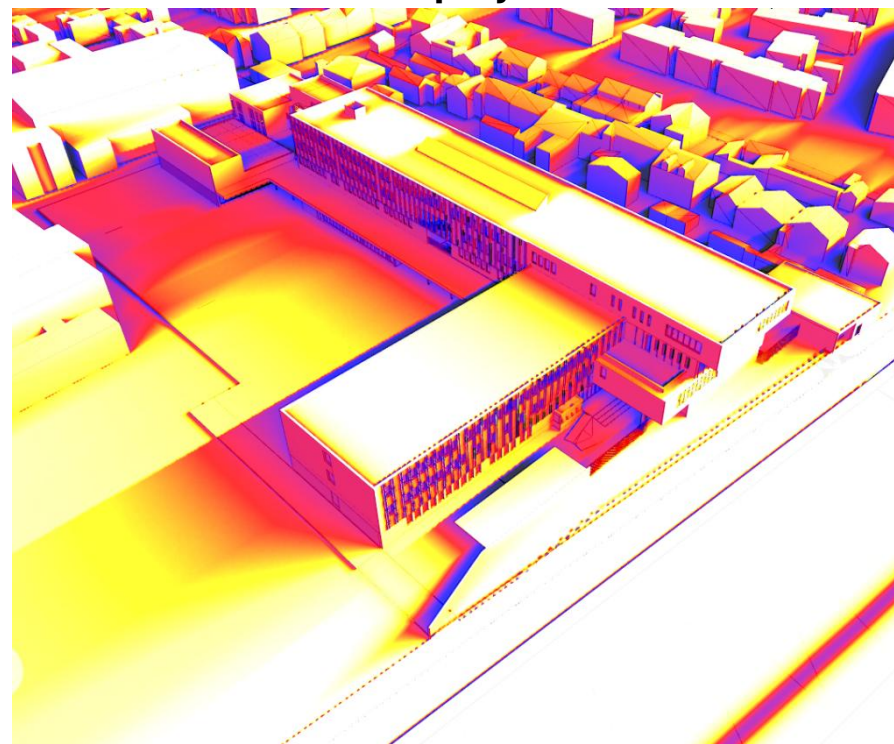


**Vue de face**

**Etat initial**



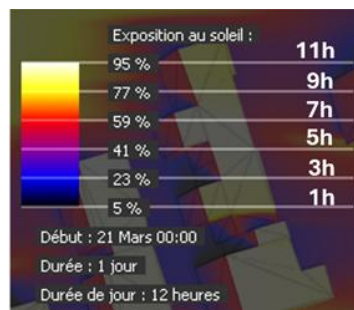
**Etat projeté**



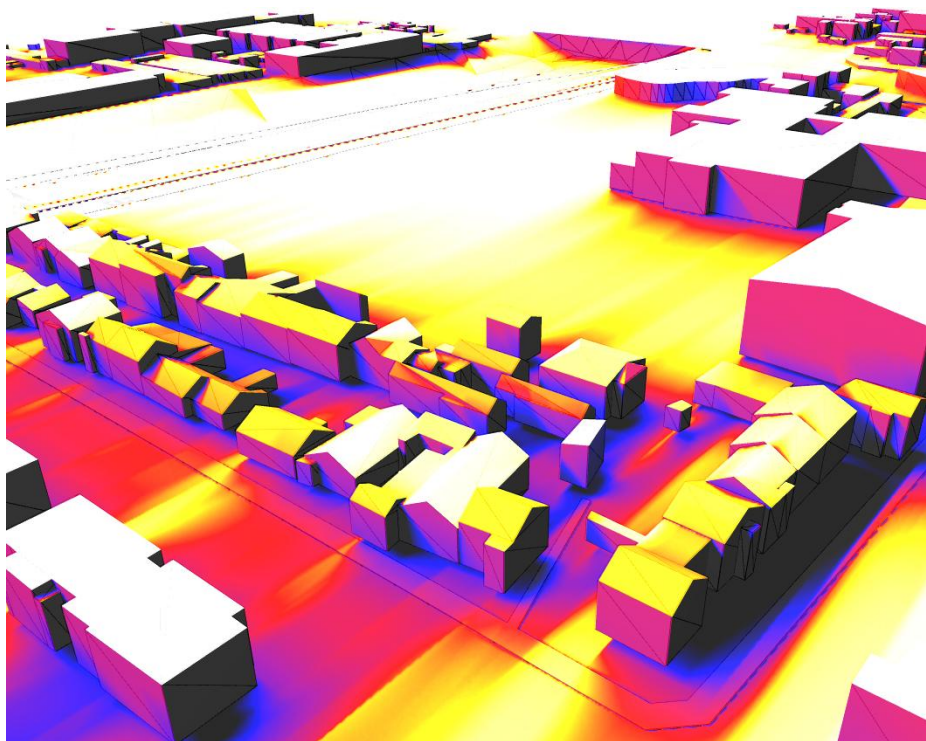
**21 Mars :**

**Durée d'ensoleillement = 12h**

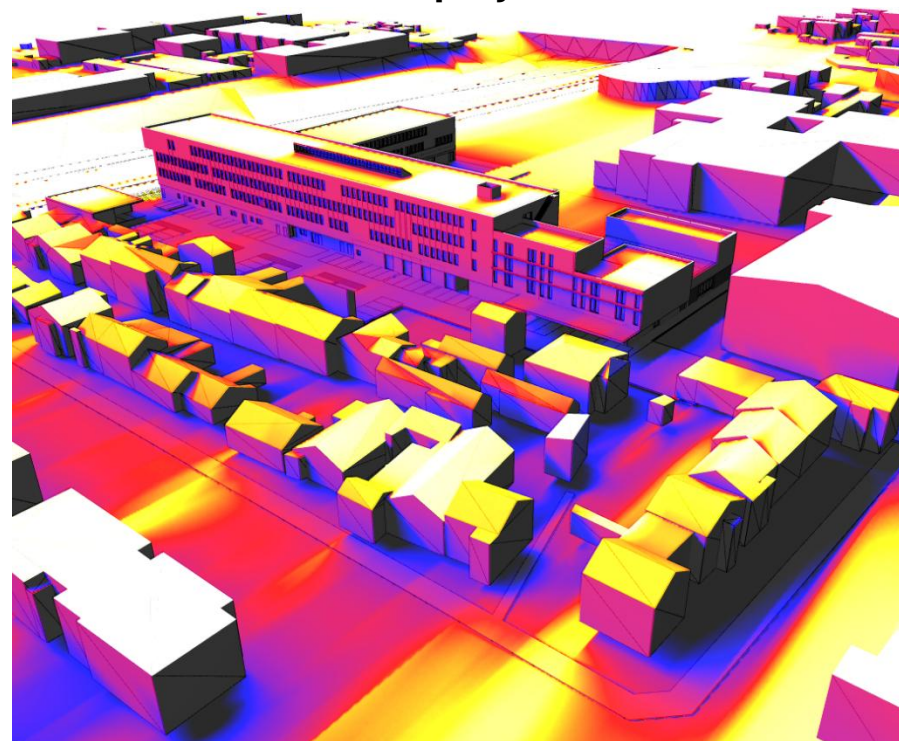
**Vue de derrière**



**Etat initial**



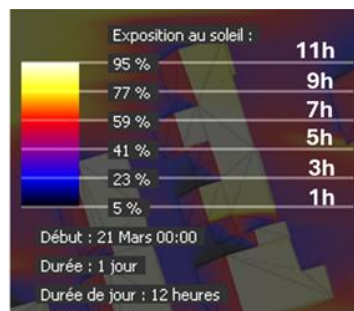
**Etat projeté**



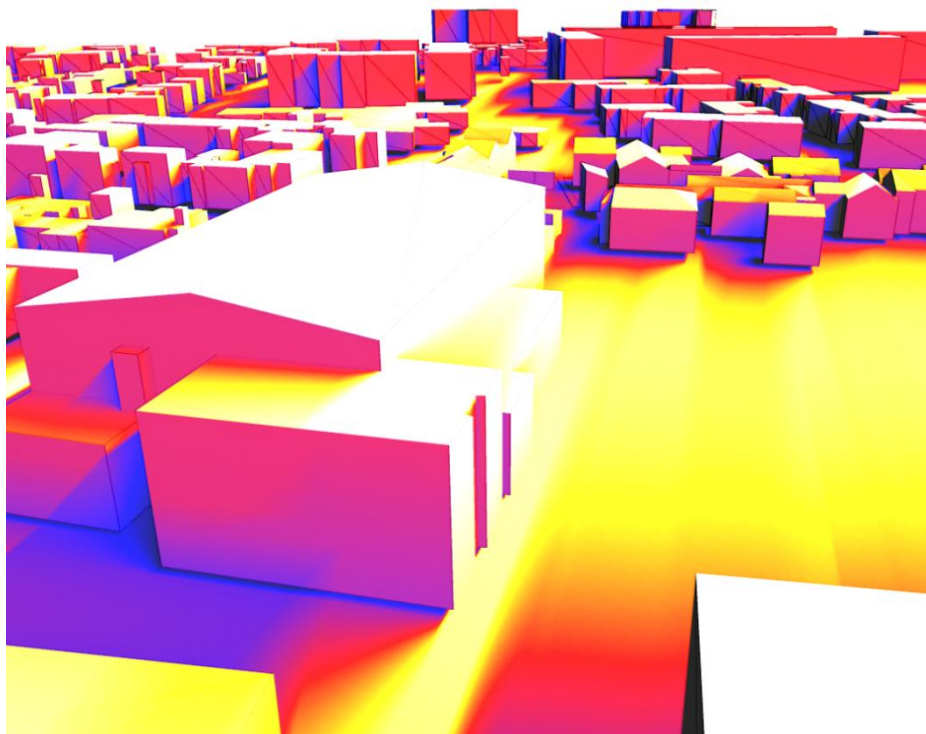
**21 Mars :**

**Durée d'ensoleillement = 12h**

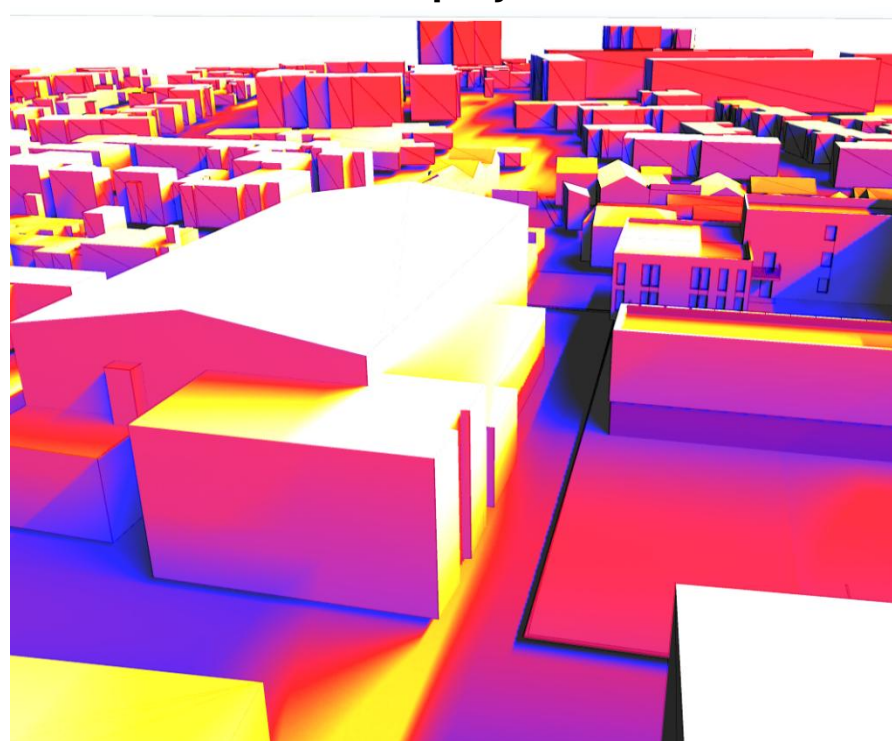
**Vue côté Gymnase**



**Etat initial**



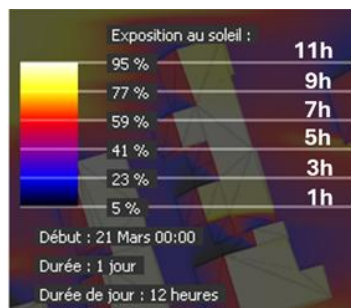
**Etat projeté**



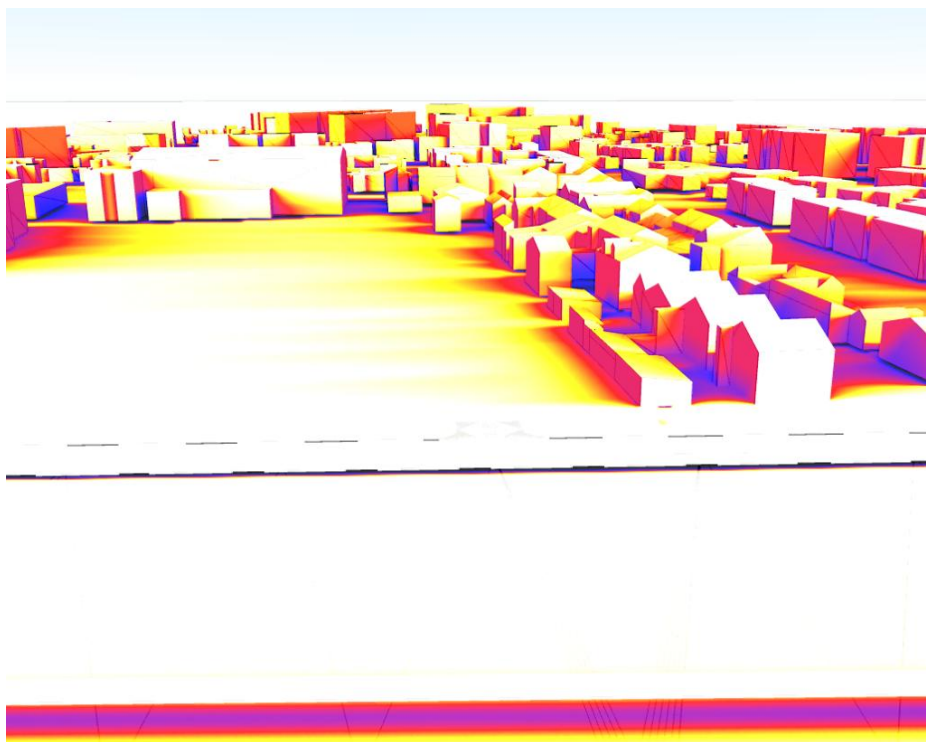
**21 Mars :**

**Durée d'ensoleillement = 12h**

**Vue sur le parking**



**Etat initial**



**Etat projeté**



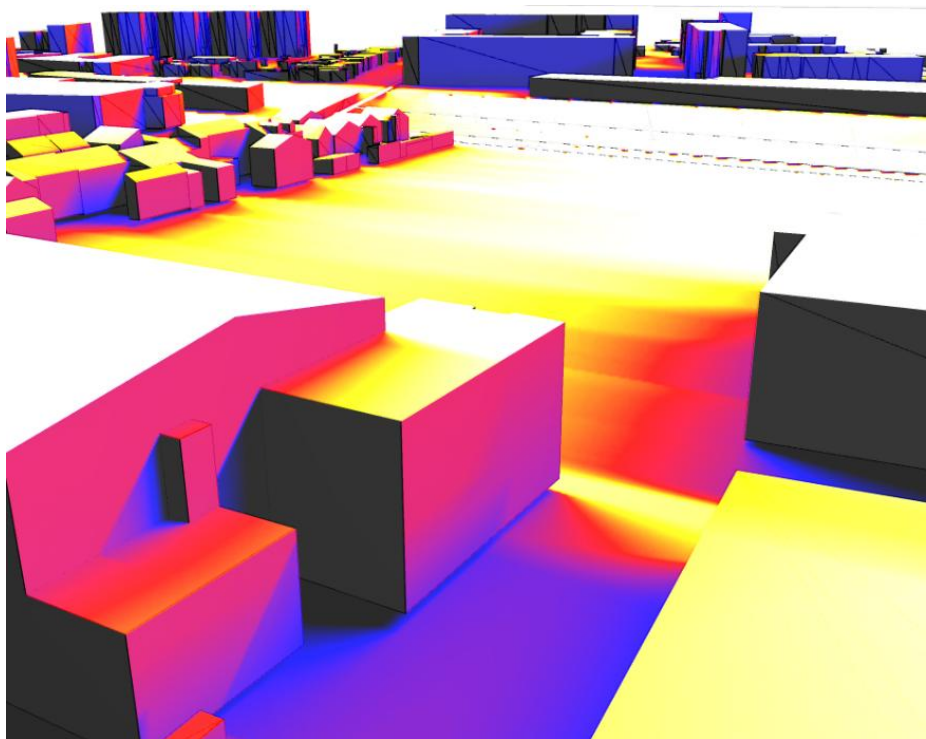
**21 Mars :**

**Durée d'ensoleillement = 12h**

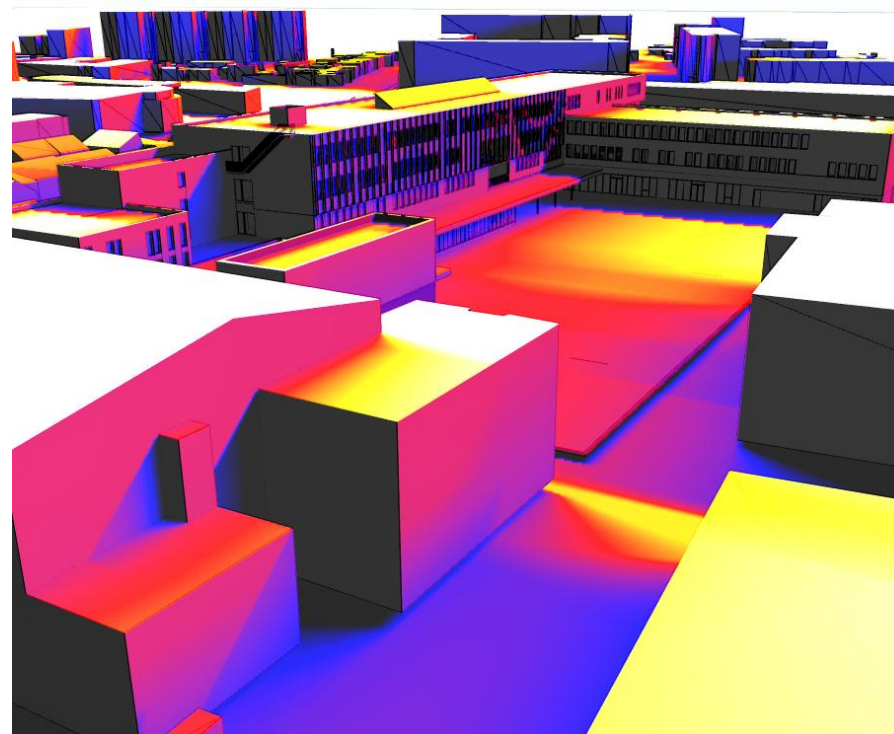


**Vue sur le cours**

**Etat initial**



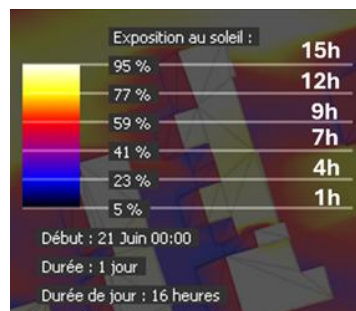
**Etat projeté**



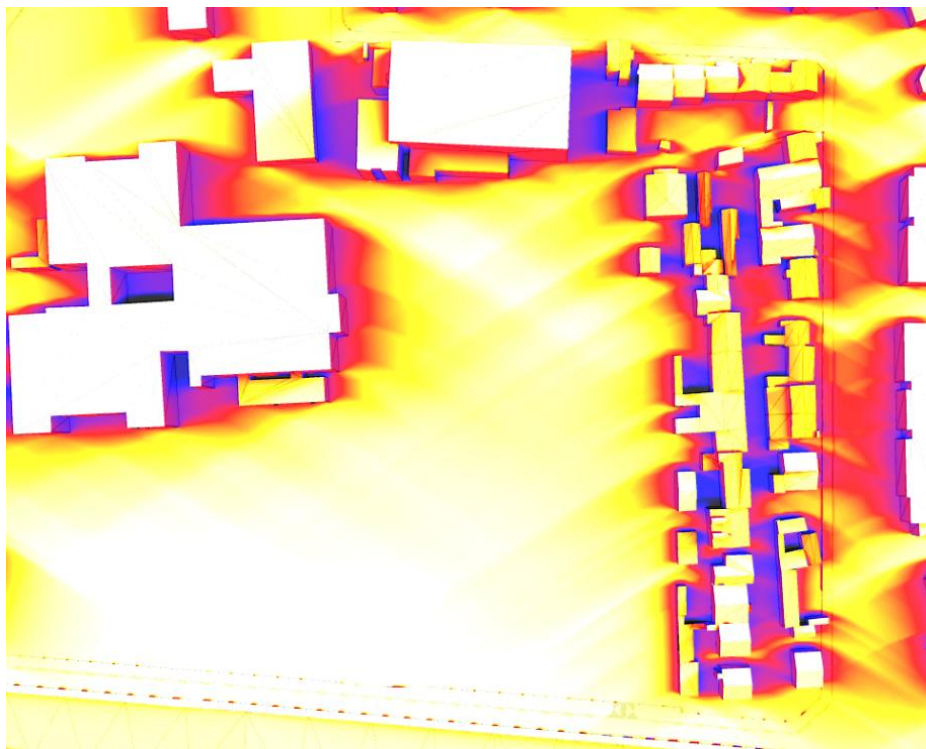
**21 Juin :**

**Durée d'ensoleillement = 16h**

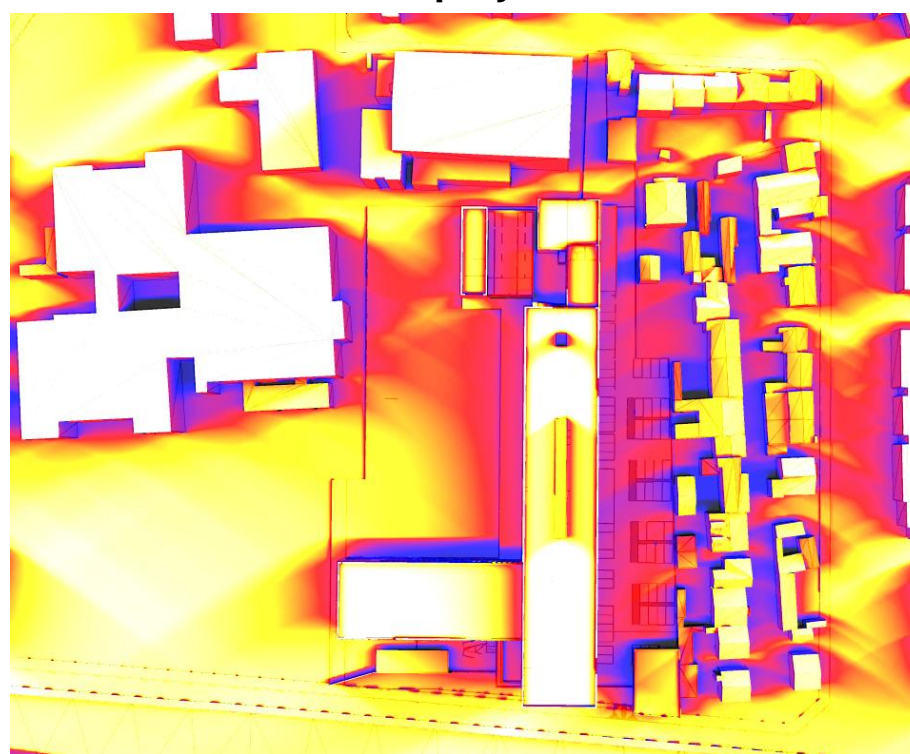
**Vue aérienne**



**Etat initial**

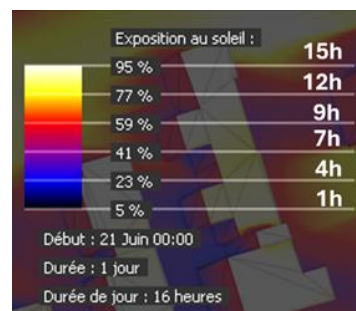


**Etat projeté**



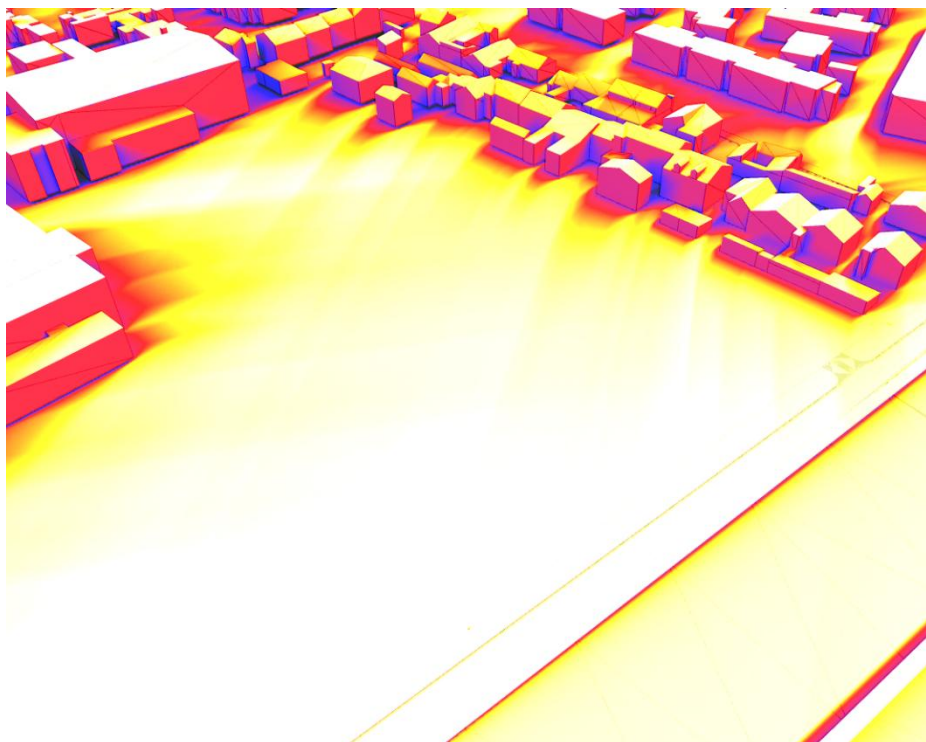
**21 Juin :**

**Durée d'ensoleillement = 16h**

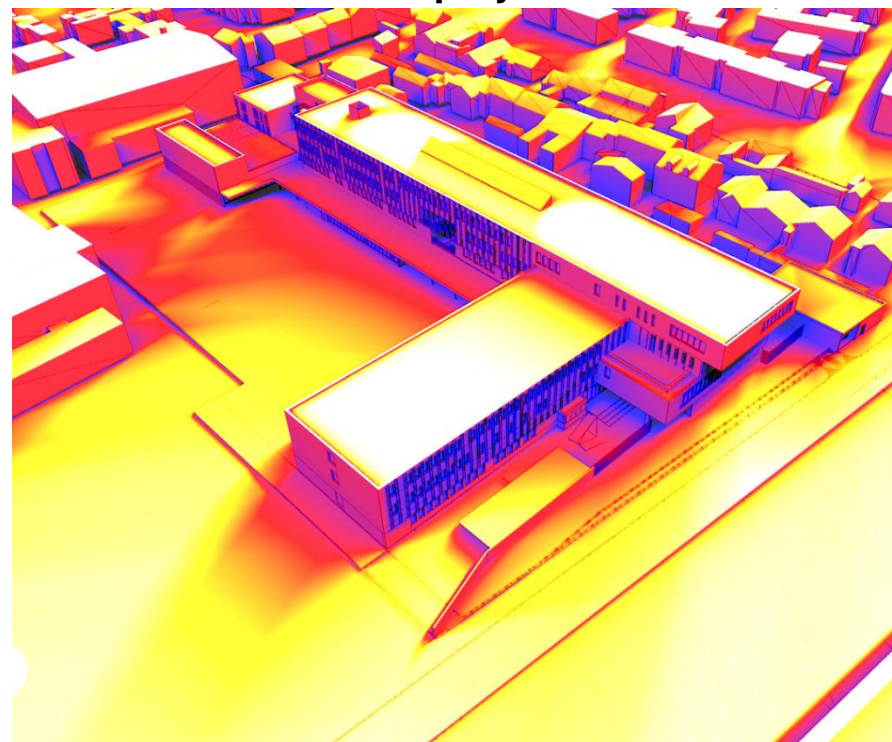


**Vue de face**

**Etat initial**

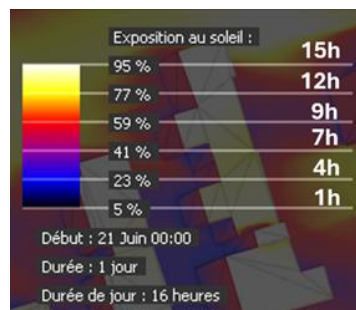


**Etat projeté**



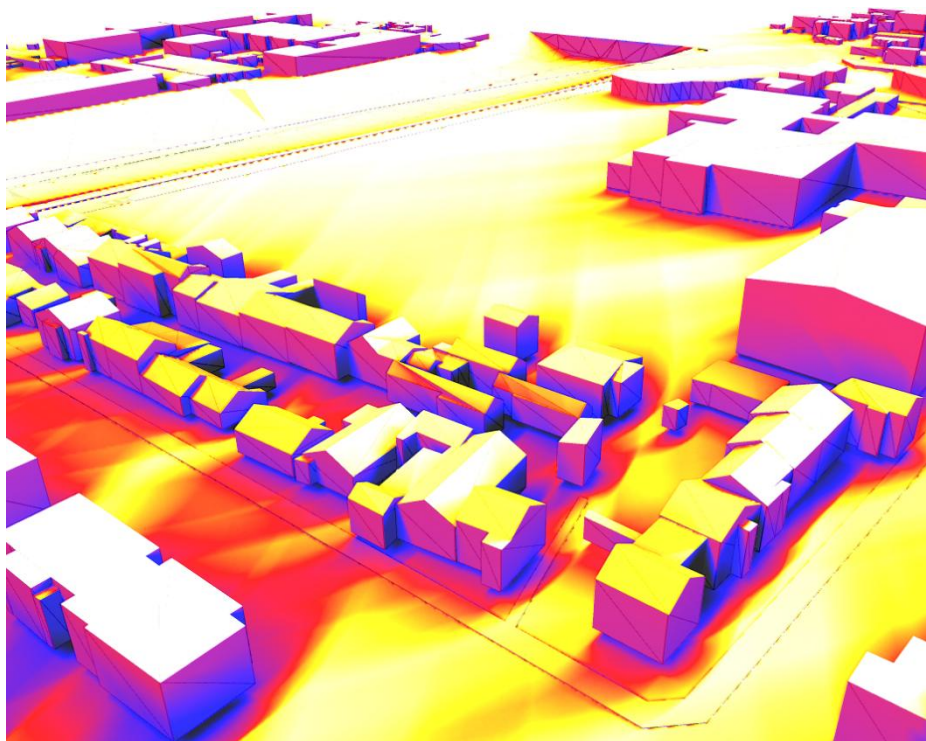
**21 Juin :**

**Durée d'ensoleillement = 16h**

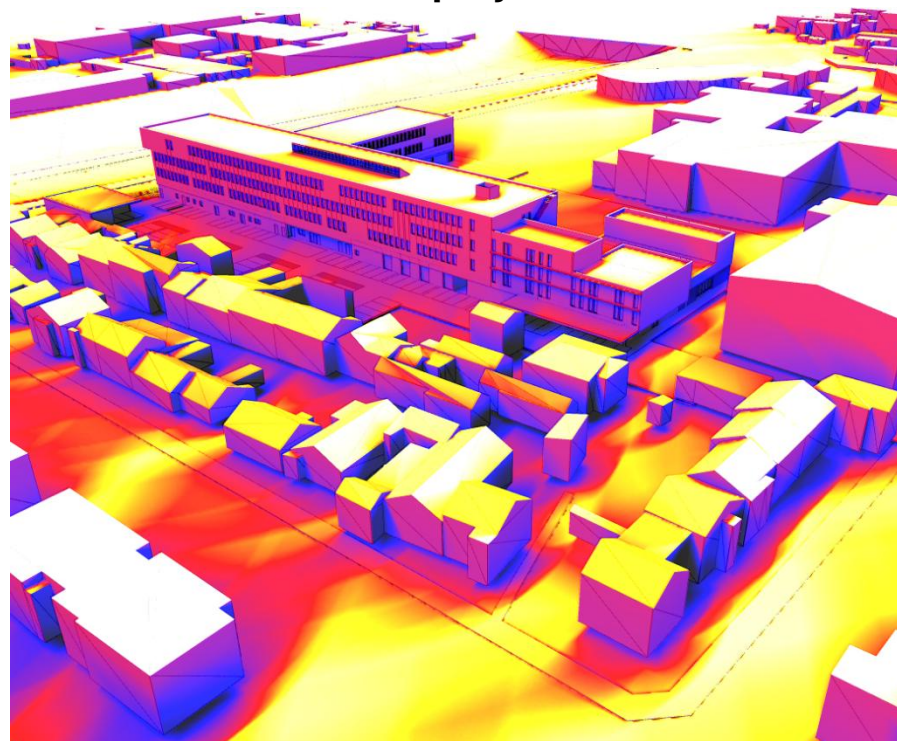


**Vue de derrière**

**Etat initial**

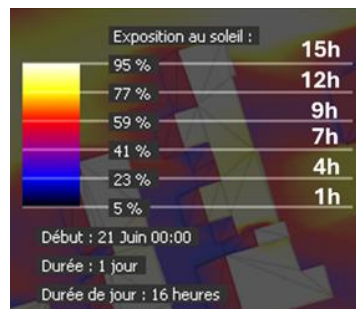


**Etat projeté**



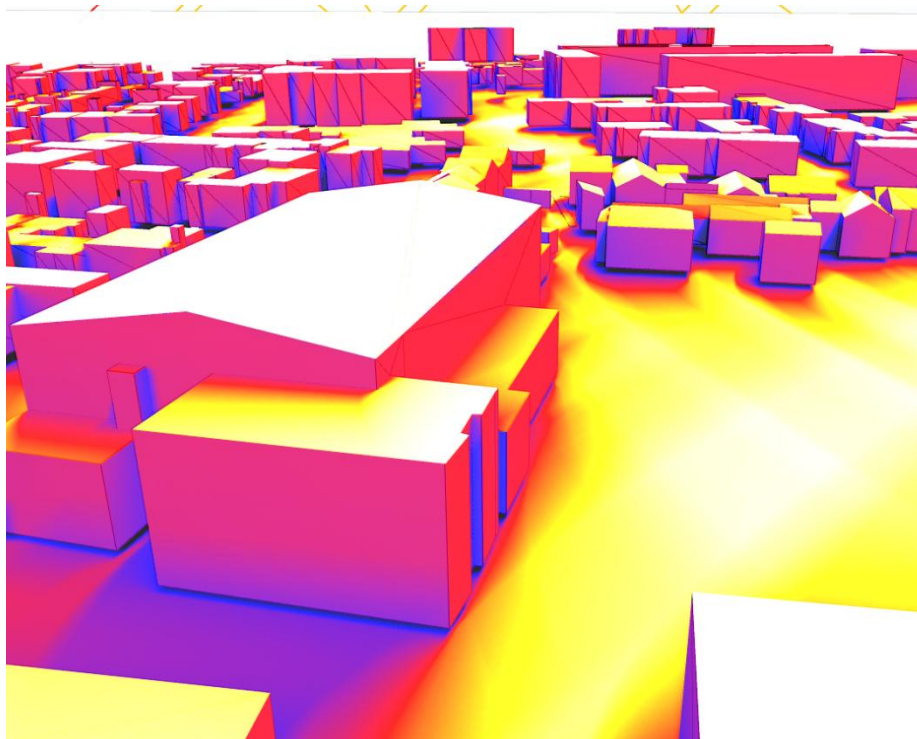
**21 Juin :**

**Durée d'ensoleillement = 16h**

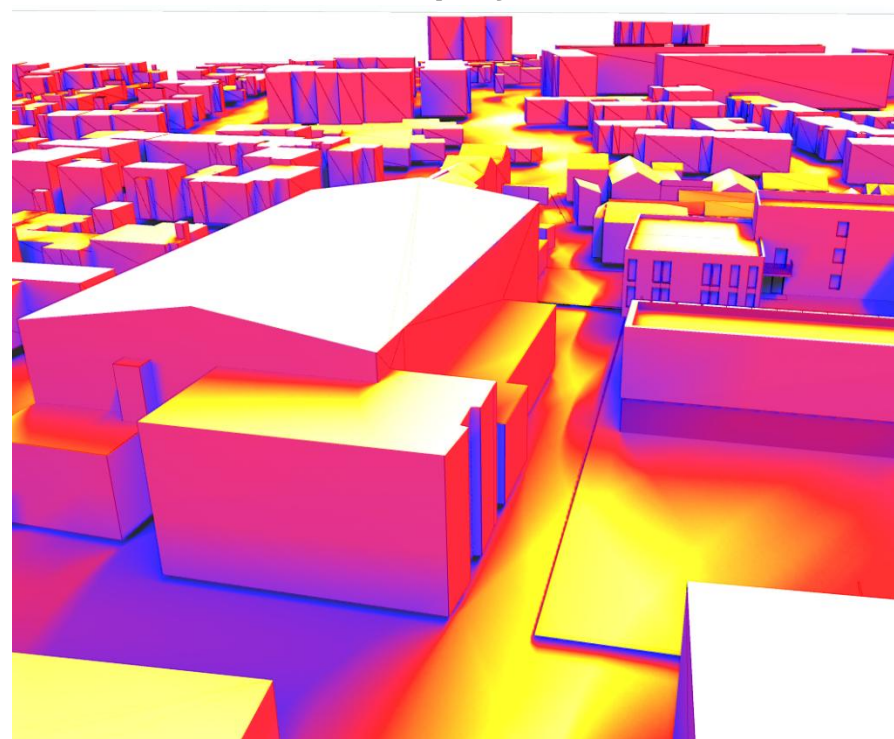


**Vue côté Gymnase**

**Etat initial**



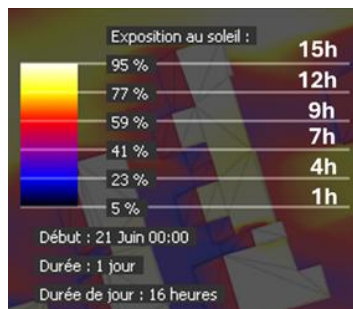
**Etat projeté**



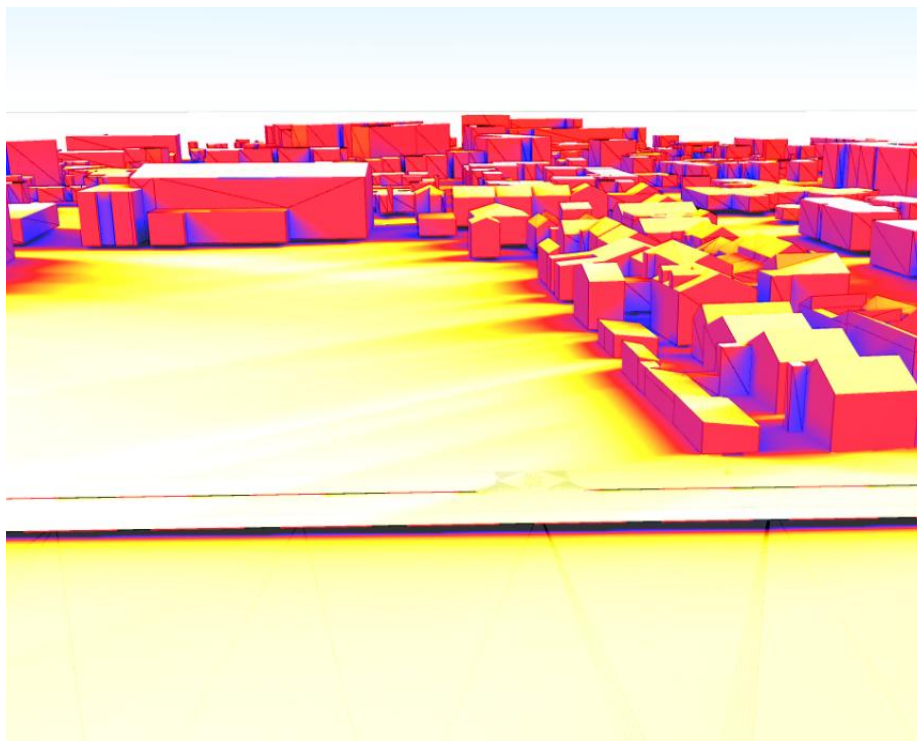
**21 Juin :**

**Durée d'ensoleillement = 16h**

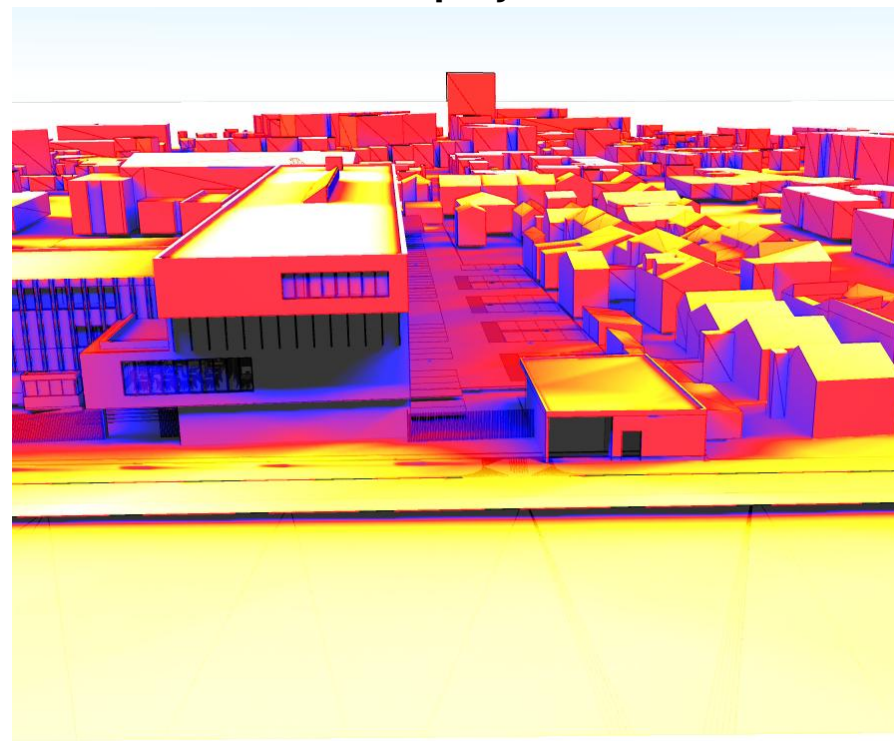
**Vue sur le parking**



**Etat initial**



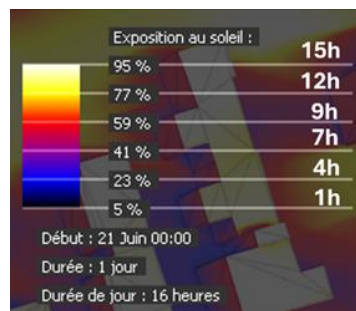
**Etat projeté**



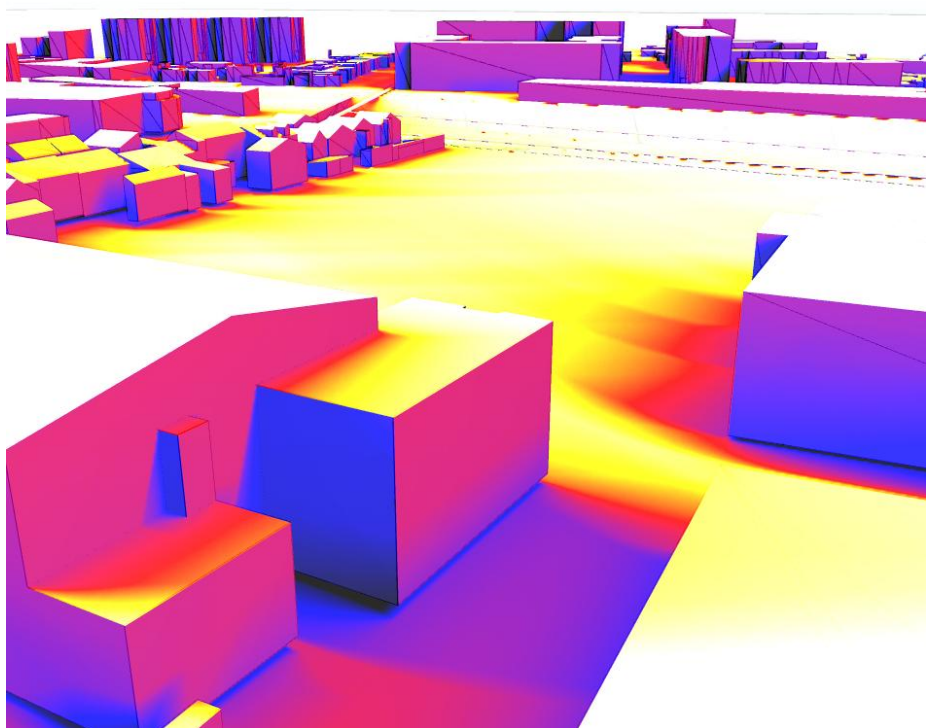
**21 Juin :**

**Durée d'ensoleillement = 16h**

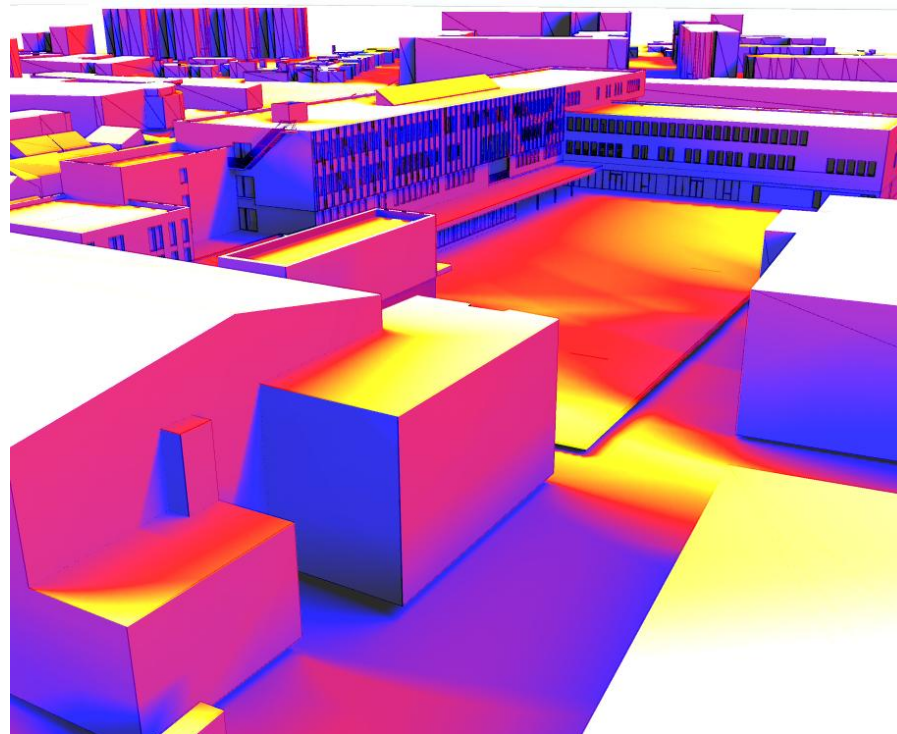
**Vue sur le cours**



**Etat initial**



**Etat projeté**

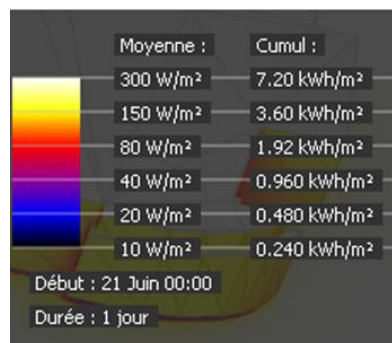


## **Annexe 3 : Modélisation de l'irradiation estivale**

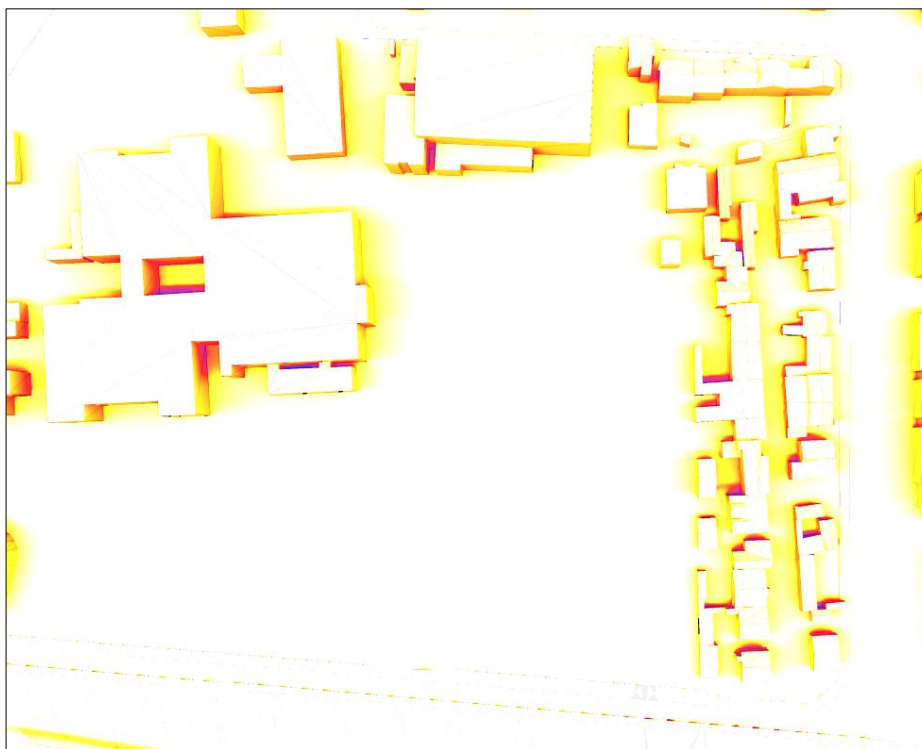
**21 Juin :**

**Durée d'ensoleillement = 16h**

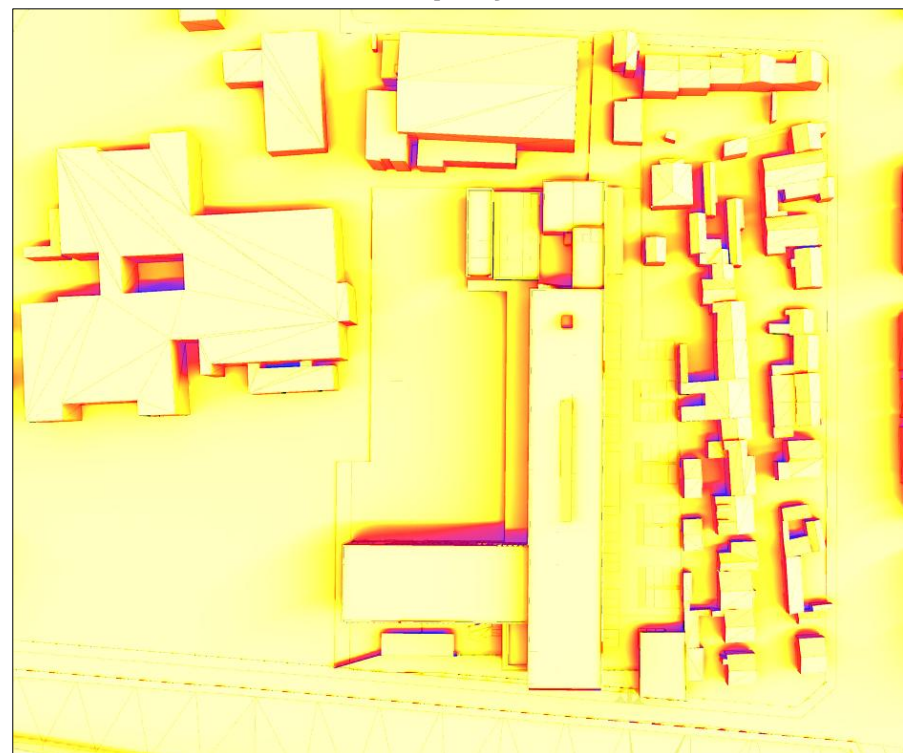
**Vue aérienne**



**Etat initial**



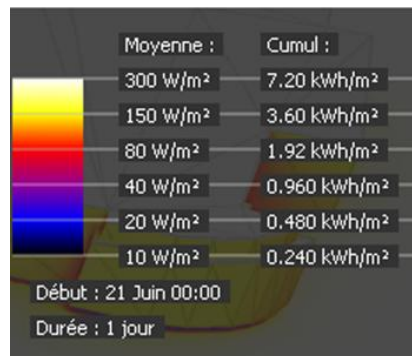
**Etat projeté**



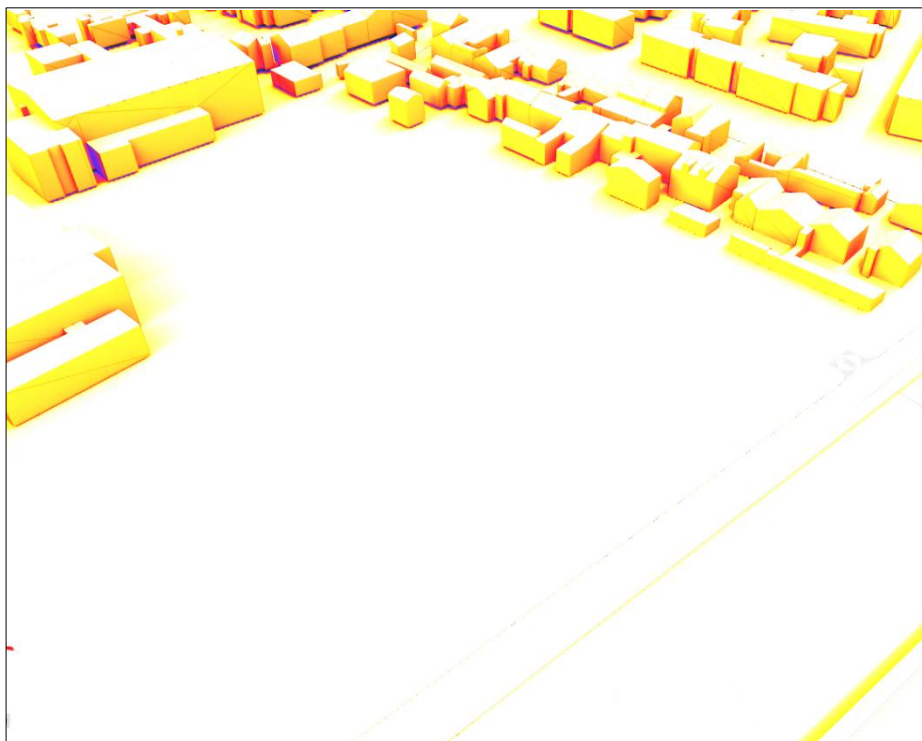
**21 Juin :**

**Durée d'ensoleillement = 16h**

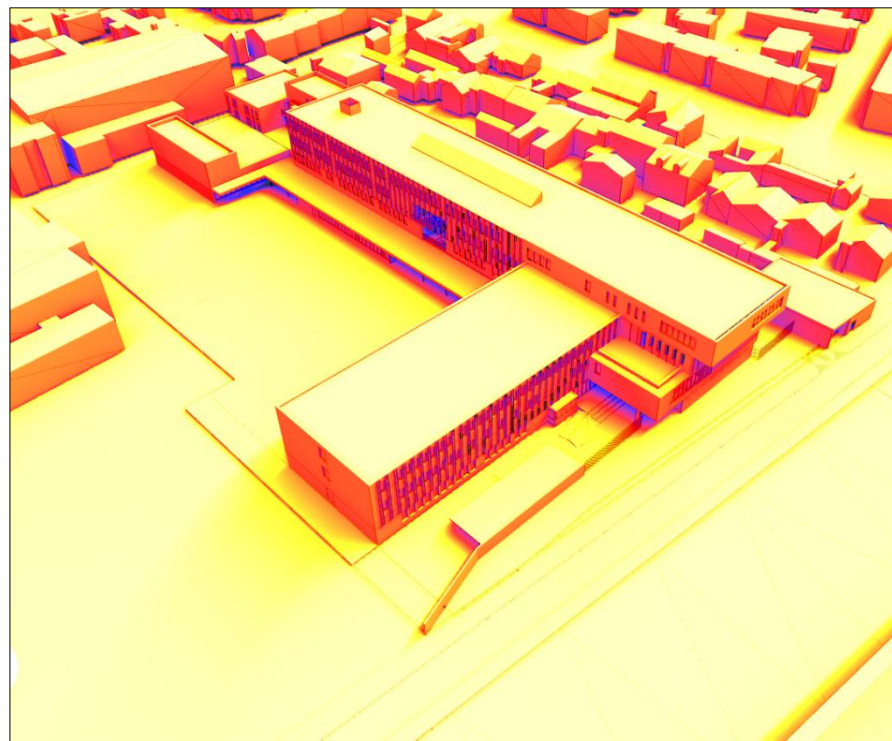
**Vue de face**



**Etat initial**



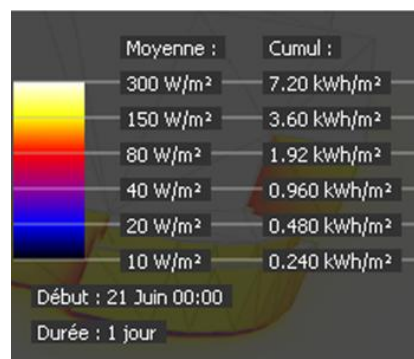
**Etat projeté**



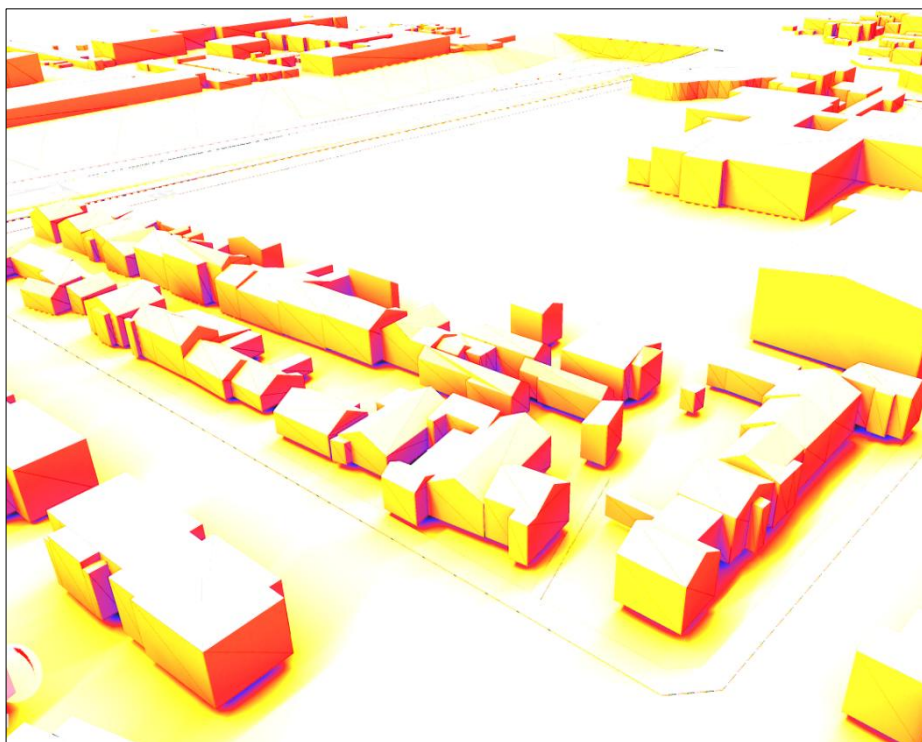
**21 Juin :**

**Durée d'ensoleillement = 16h**

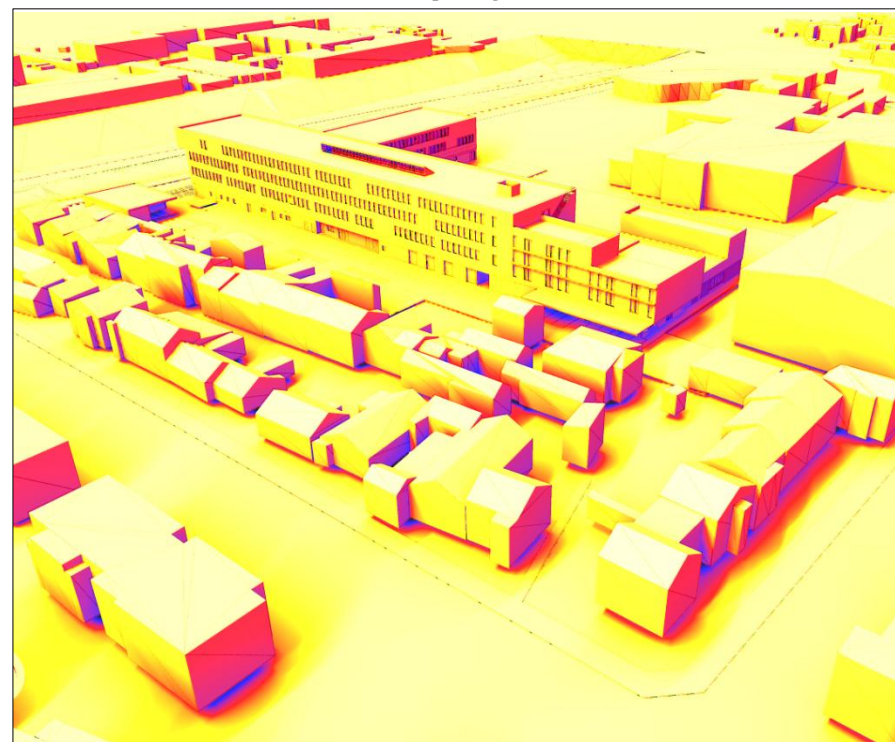
**Vue de derrière**



**Etat initial**



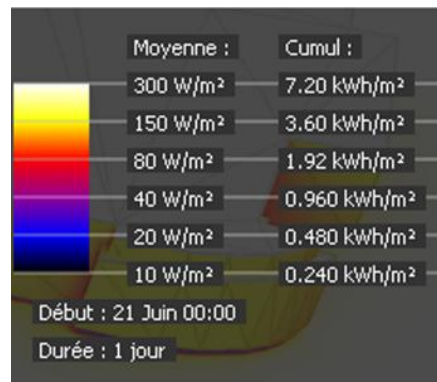
**Etat projeté**



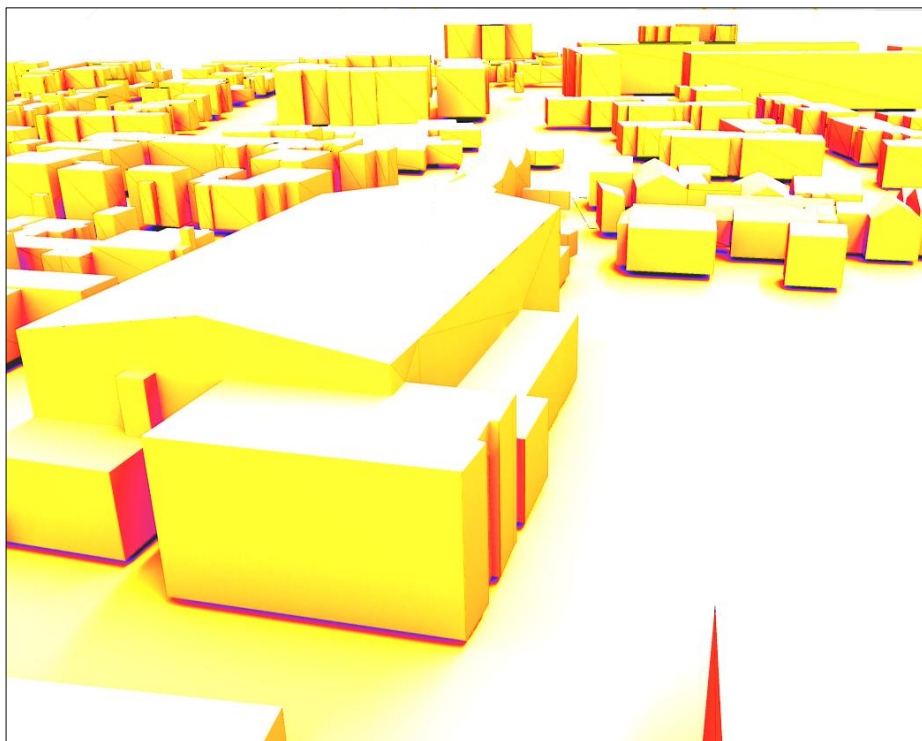
**21 Juin :**

**Durée d'ensoleillement = 16h**

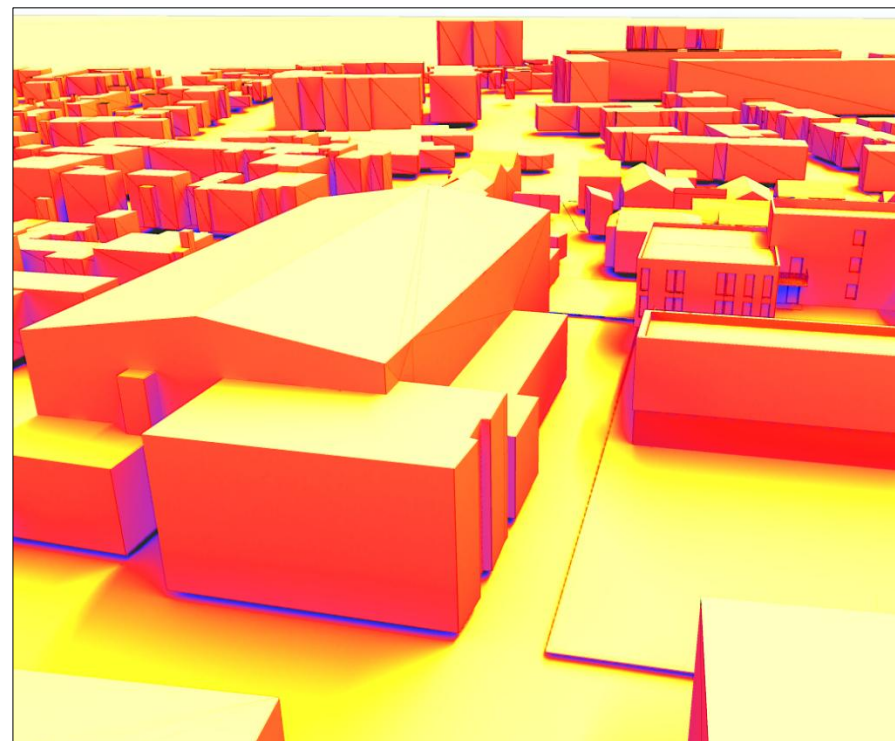
**Vue côté Gymnase**



**Etat initial**



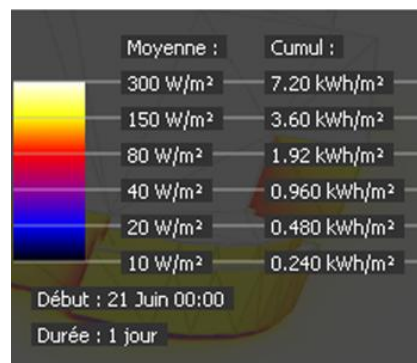
**Etat projeté**



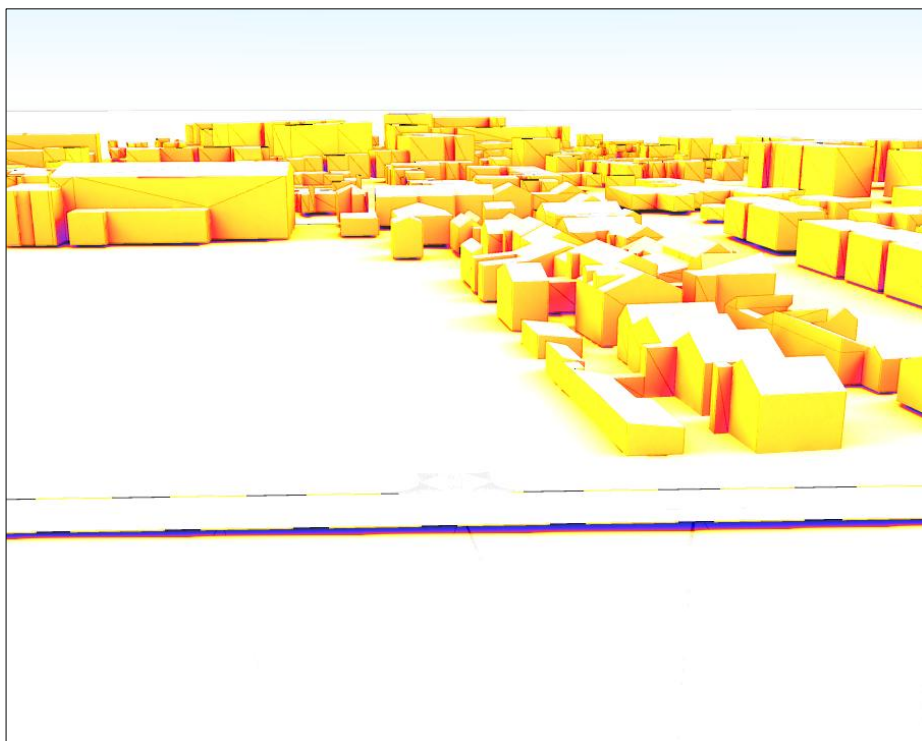
**21 Juin :**

**Durée d'ensoleillement = 16h**

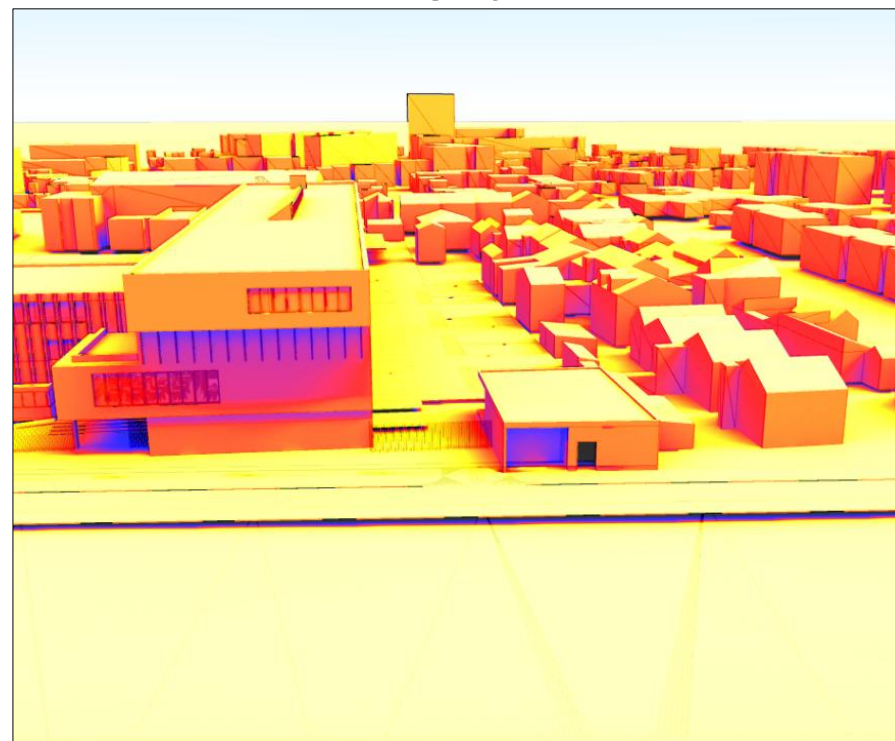
**Vue sur le parking**



**Etat initial**



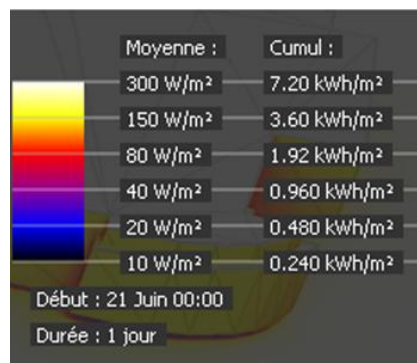
**Etat projeté**



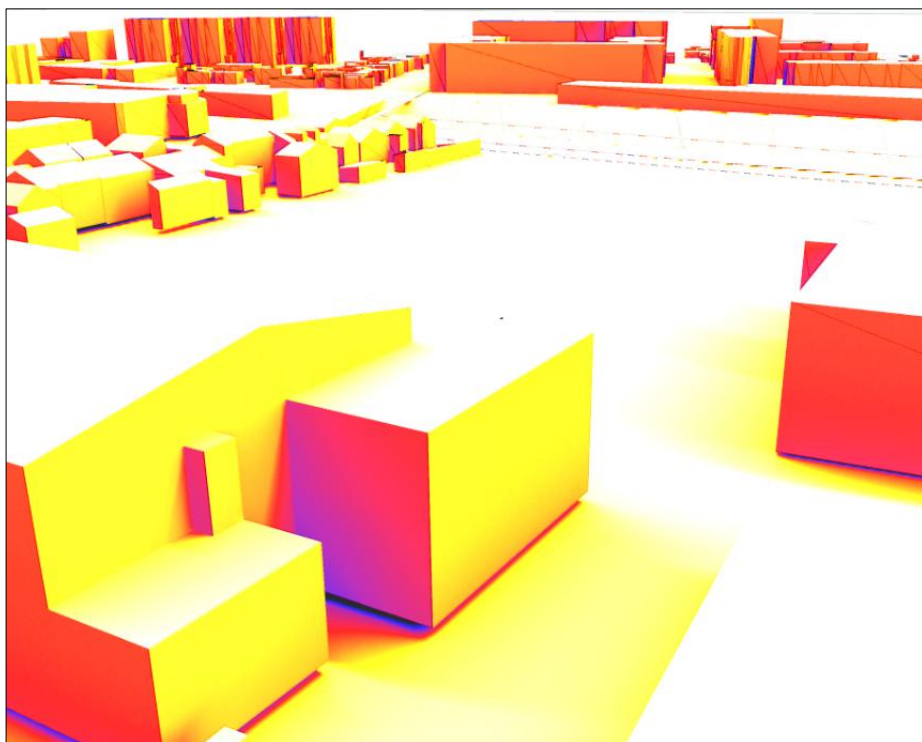
**21 Juin :**

**Durée d'ensoleillement = 16h**

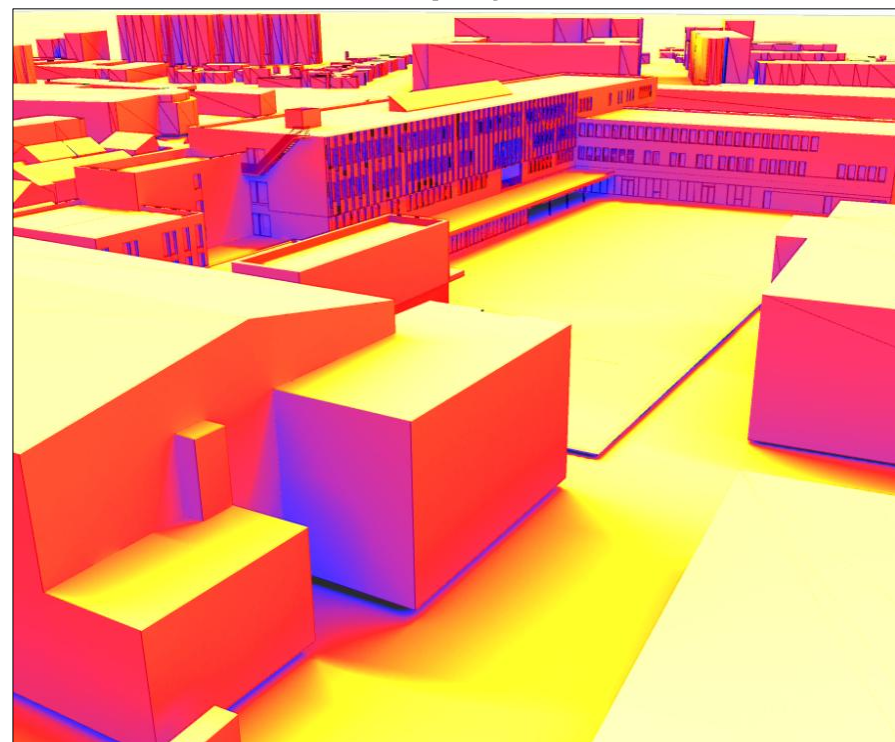
**Vue sur le cours**



**Etat initial**



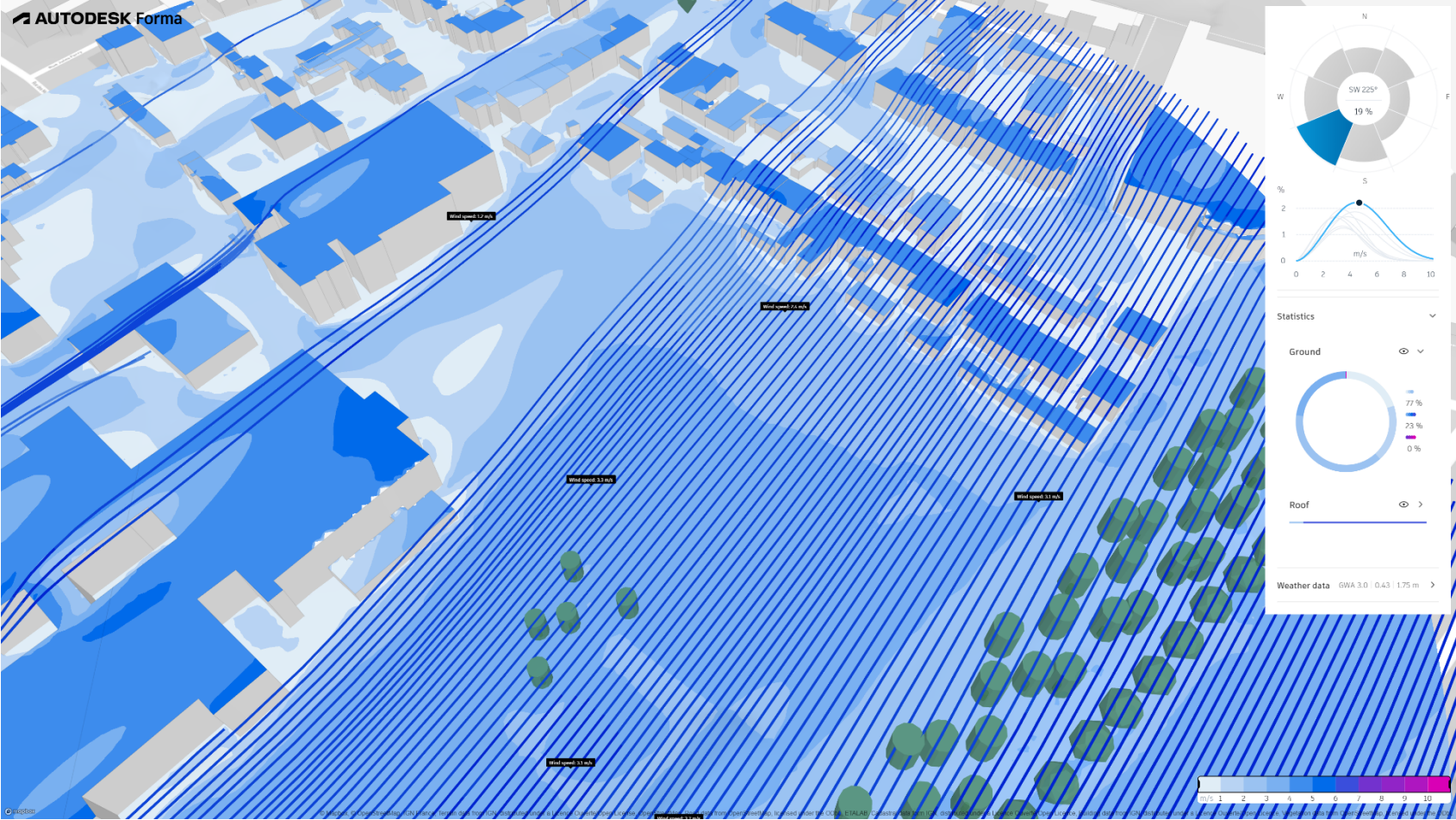
**Etat projeté**



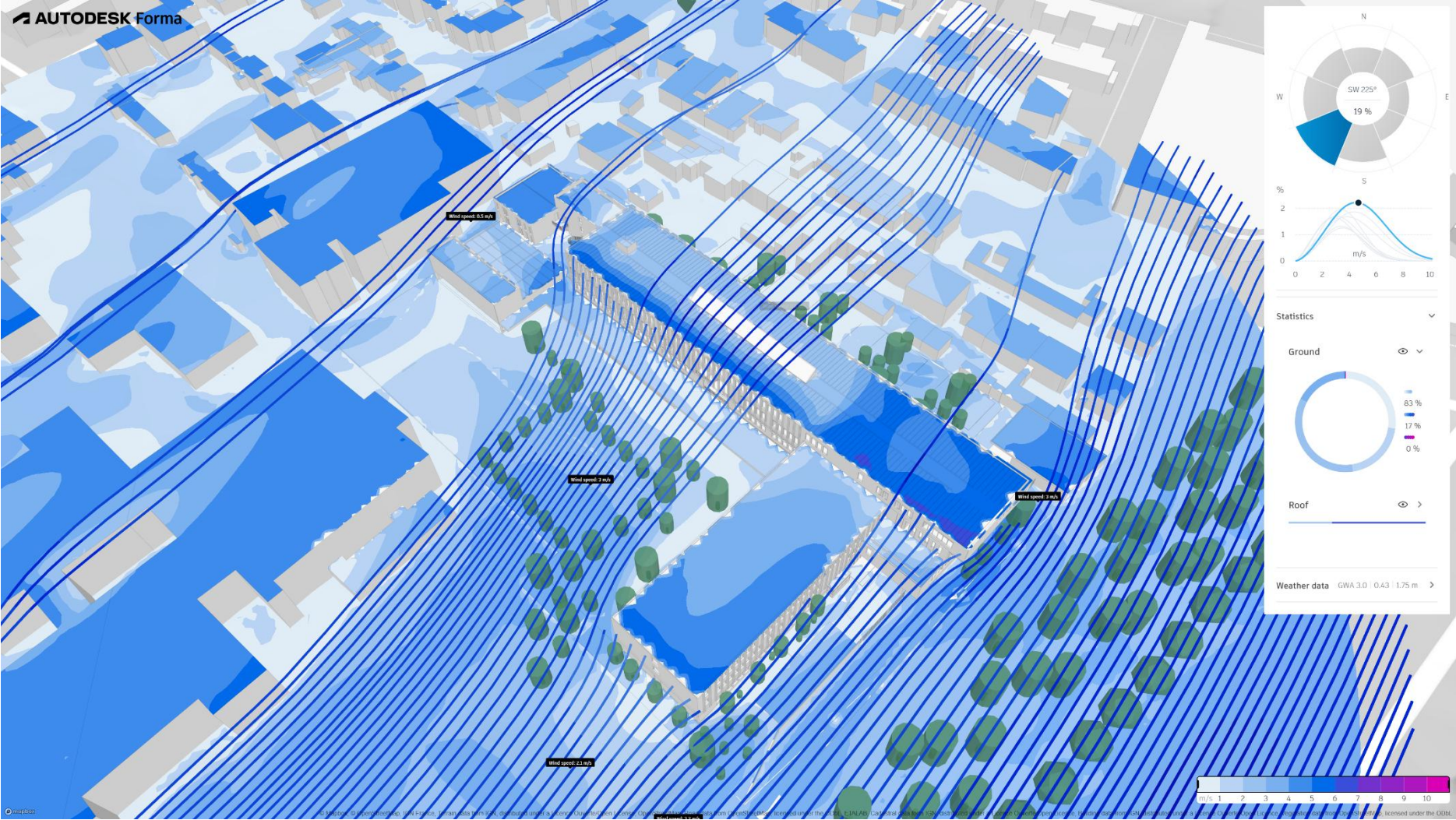
## **Annexe 4 : Modélisation de l'aérodynamique**

# Circulation du vent

## Etat initial

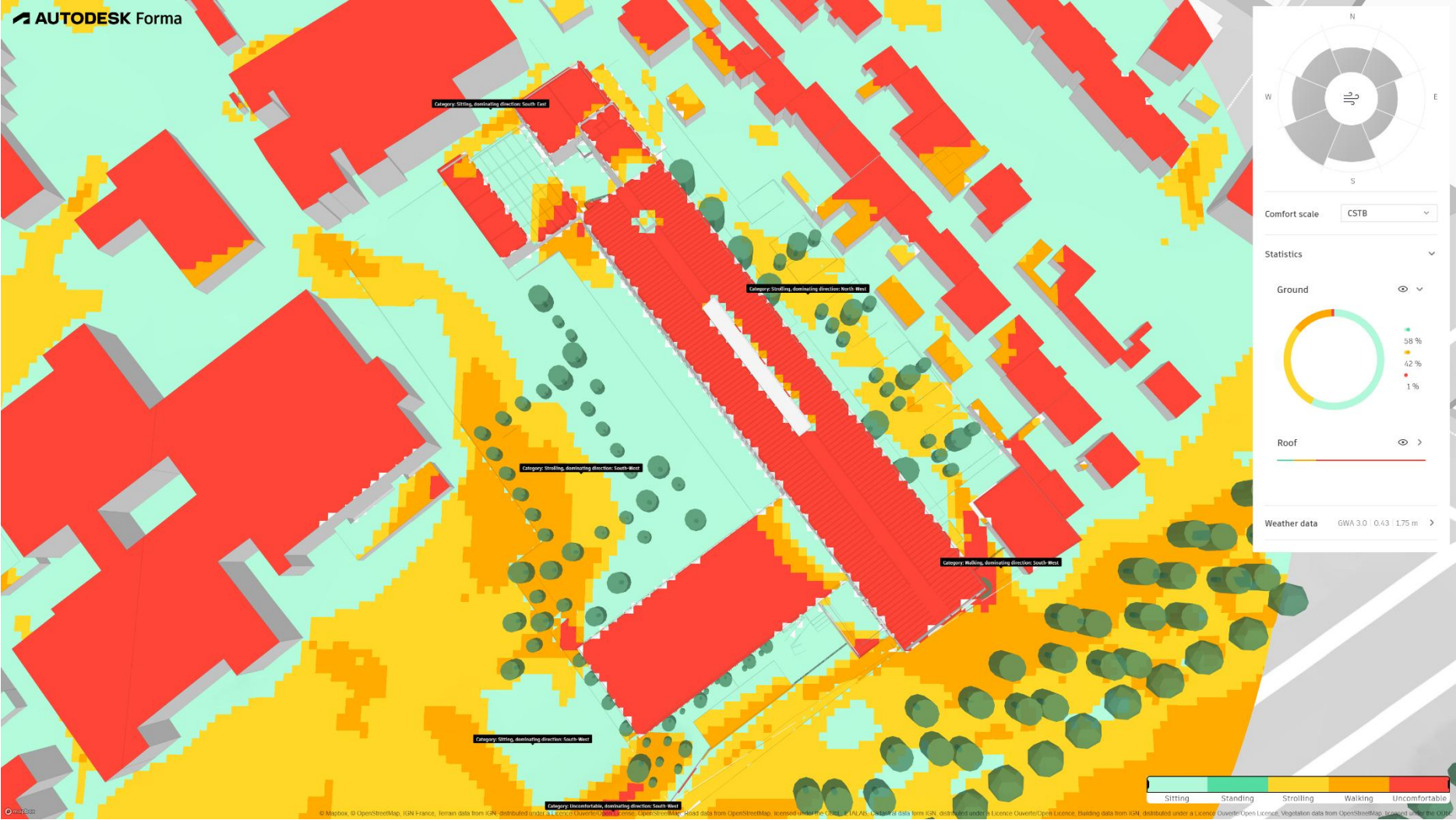


# Etat projeté





# Etat projeté



# **Annexe 5 : Modélisation des Ilots de Chaleur Urbains (ICU)**

# Revêtement du sol

## Etat initial



## Etat projeté



# Résultat : ICU

## Etat initial



## Etat projeté

