

Mars 2023

ADAPTABILITÉ & FACADE BIOCLIMATIQUE

Aymeric Bemér

Patriarche. Office of Architecture

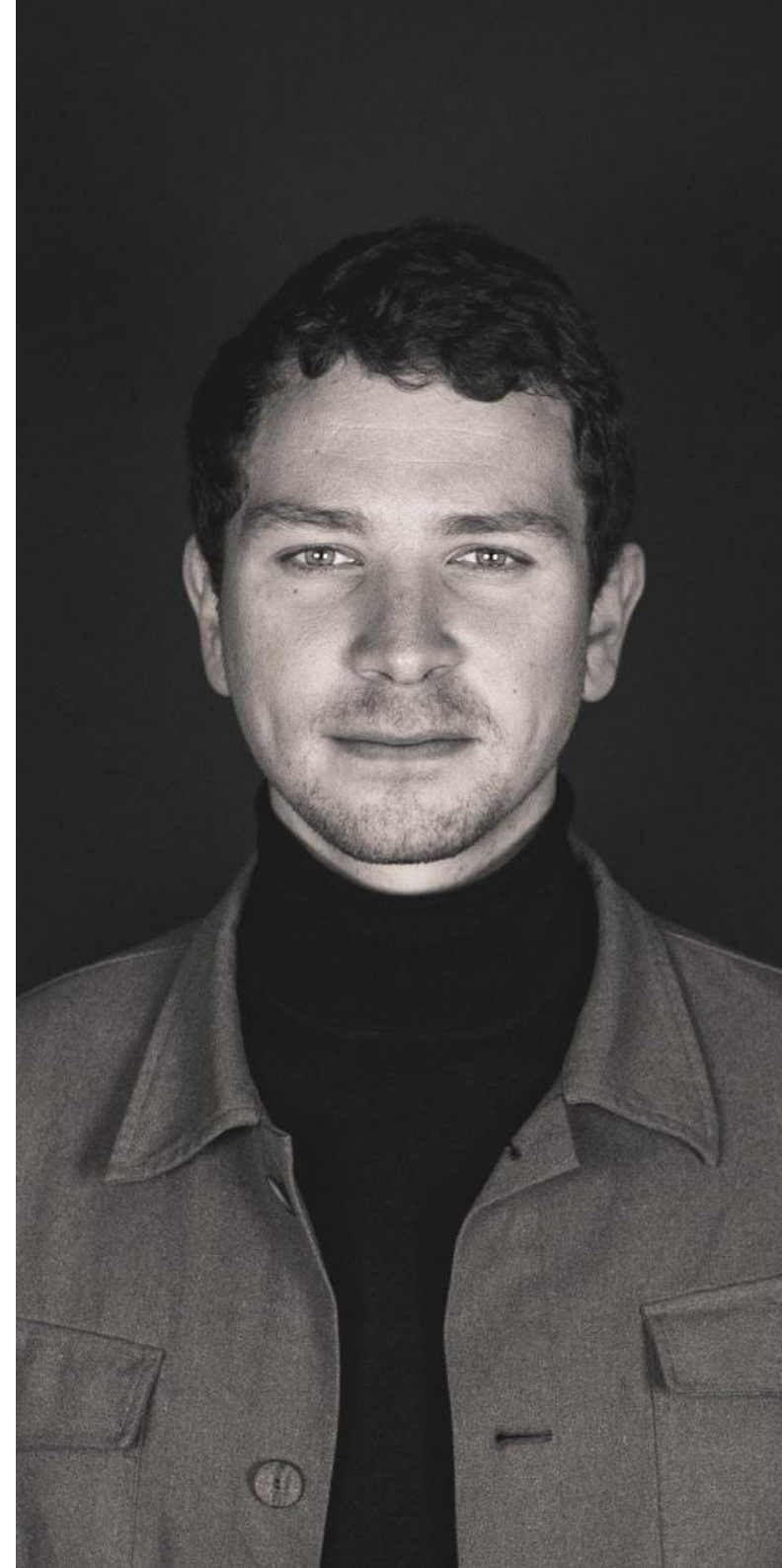


Aymeric BEMER

Ingénieur Qualité Environnementale du Bâtiment

– Patriarche. Office of Architecture

- Consultant indépendant
- Enseignant ENSA Strasbourg & International Terra Institute
- Membre de la Maison de l'architecture IDF
- Référent Frugalité Heureuse & Créative AURA
- Membre actif du Mouvement UNISSON(S)



Léa DELPECH

Architecte. Spécialisée Construction Durable
– **Patriarche. Office of Architecture**





450+

Talents

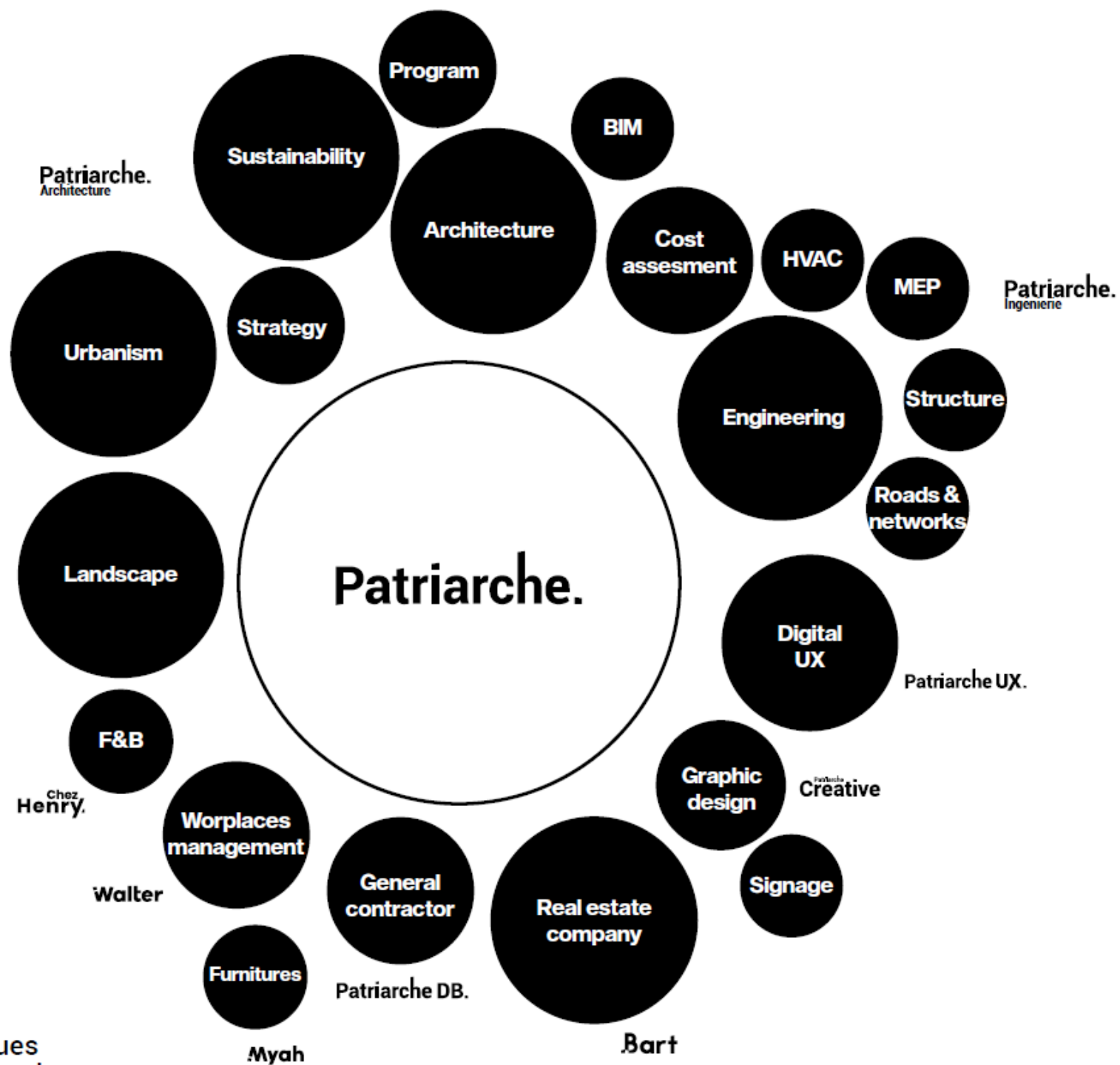


3 300
projets

119M€
de chiffre d'affaires (2021)

10
agences

33
associés



Des compétences uniques
réunies au service des projets.



LE BIOCLIMATISME ...

QU'ES AQUÒ ?

DÉFINITION



Bâtiment dont **l'implantation et la conception** prennent en compte le **climat et l'environnement immédiat**, afin de **réduire les besoins en énergie** pour le chauffage, le refroidissement et l'éclairage.

LEGIFRANCE

DÉFINITION

Conception visant à respecter l'approche multicritère suivante :



- **Réguler naturellement la température de l'habitat.**

- Tirer le meilleur parti du rayonnement solaire
- Favoriser la circulation de l'air
- Isolation thermique renforcée
- Excellente étanchéité à l'air



- **Assurer le bien être dans l'habitat**

- Favoriser la lumière naturelle
- Limiter l'humidité
- Température ambiante naturelle
- Garantir la qualité de l'air



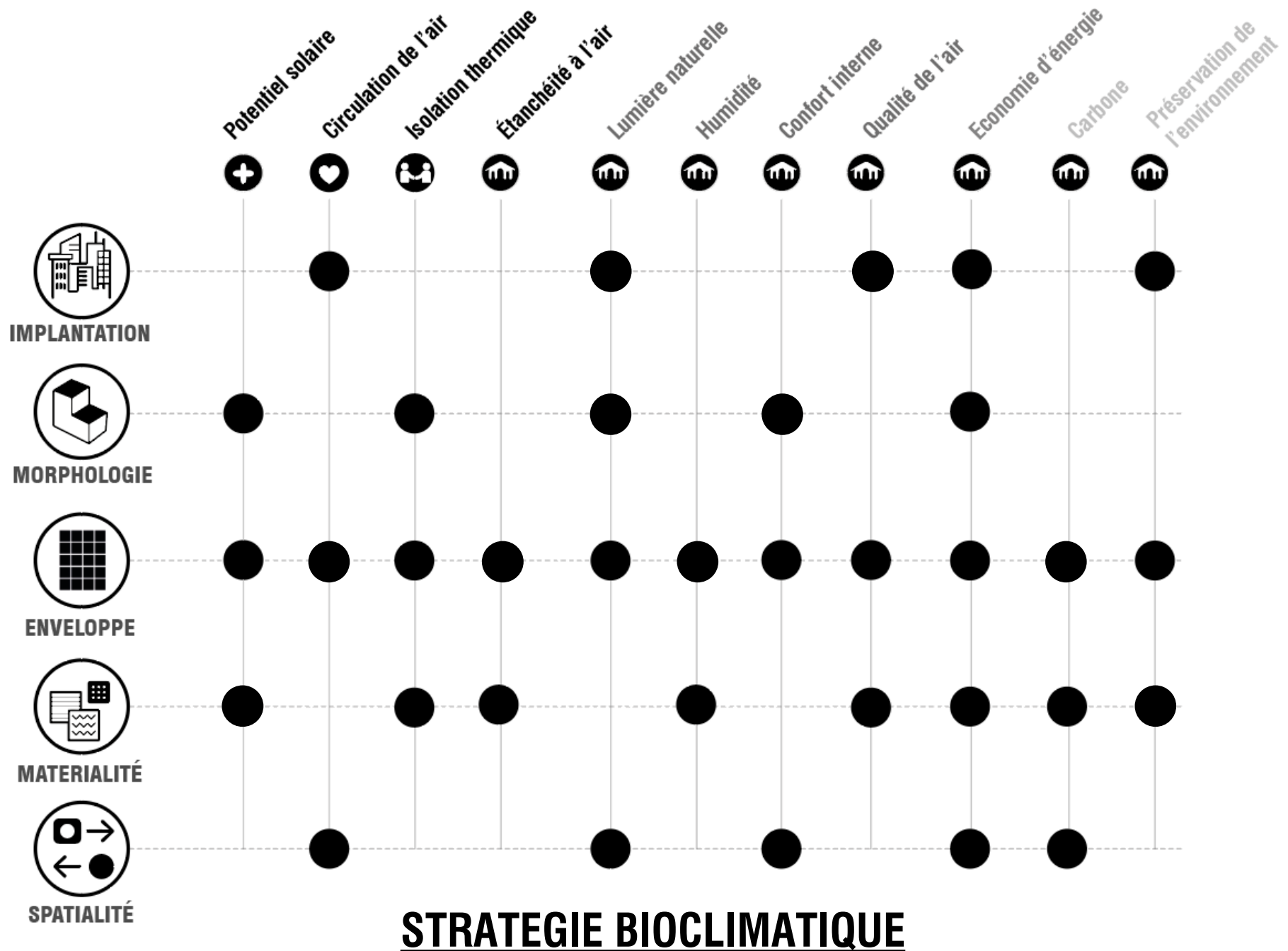
- **Économie d'énergie**

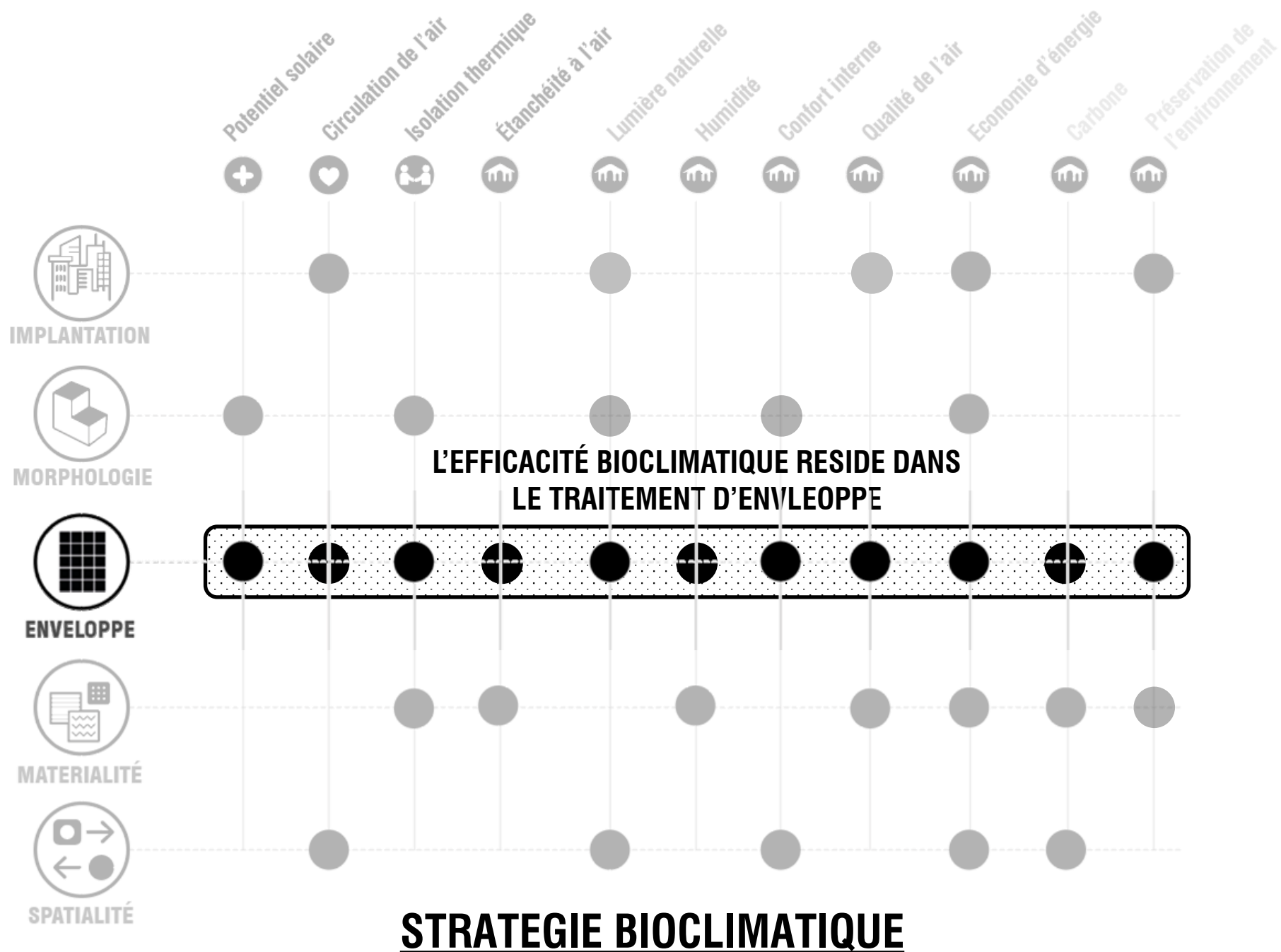
- Gain énergétique
- Gain de dimensionnement des réseaux et production
- Baisser la facture des consommateurs

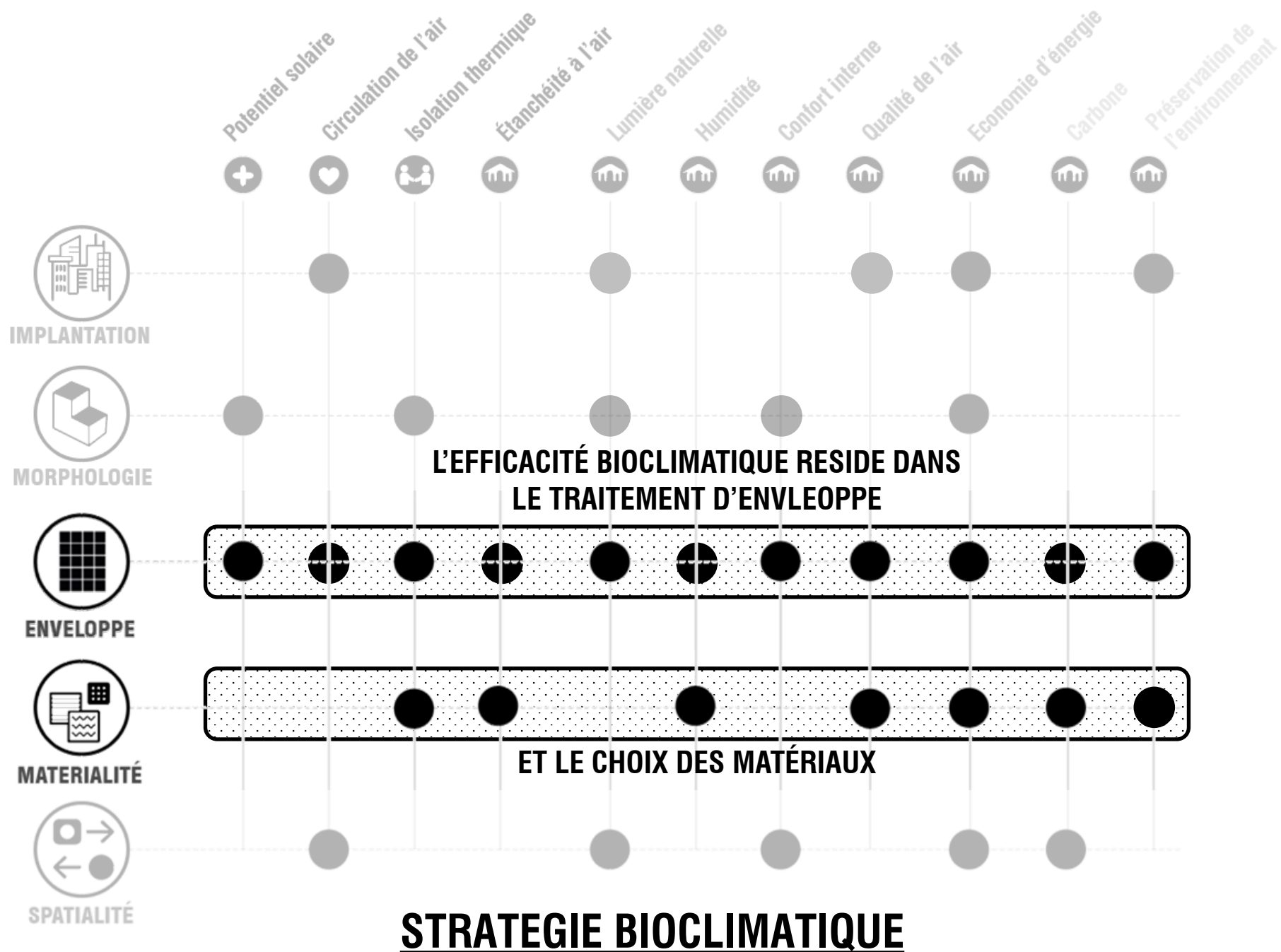


- **Préservation de l'environnement**



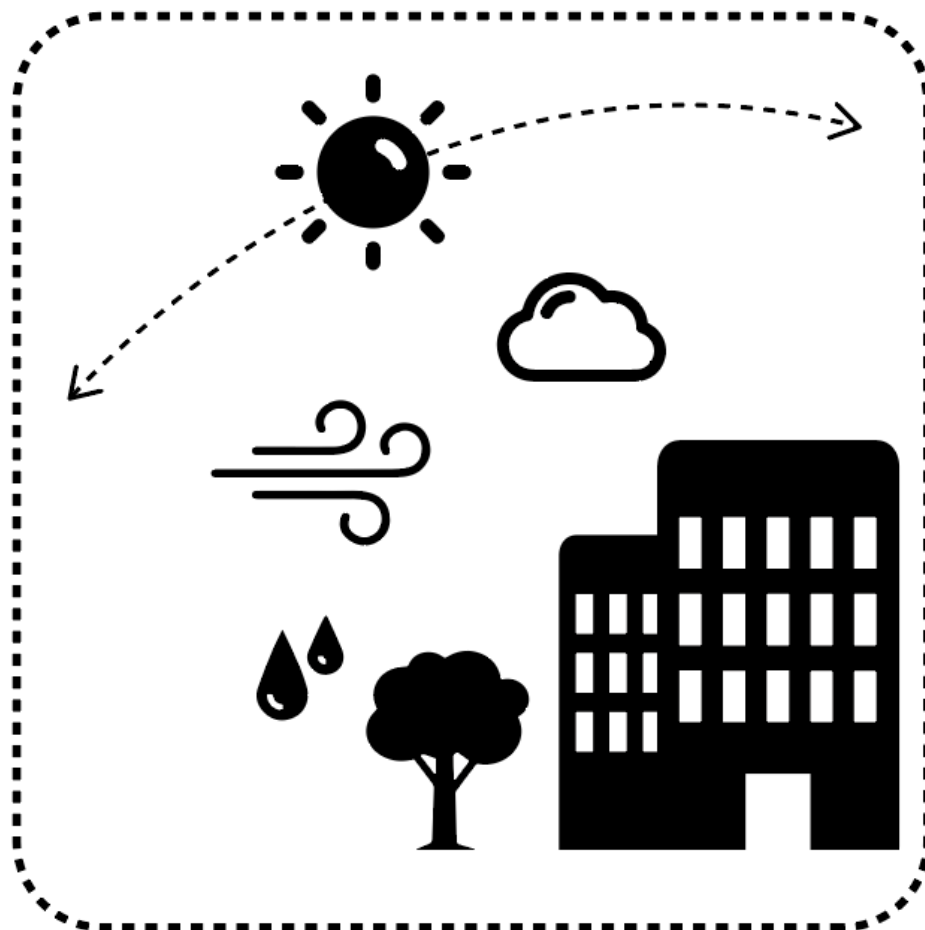






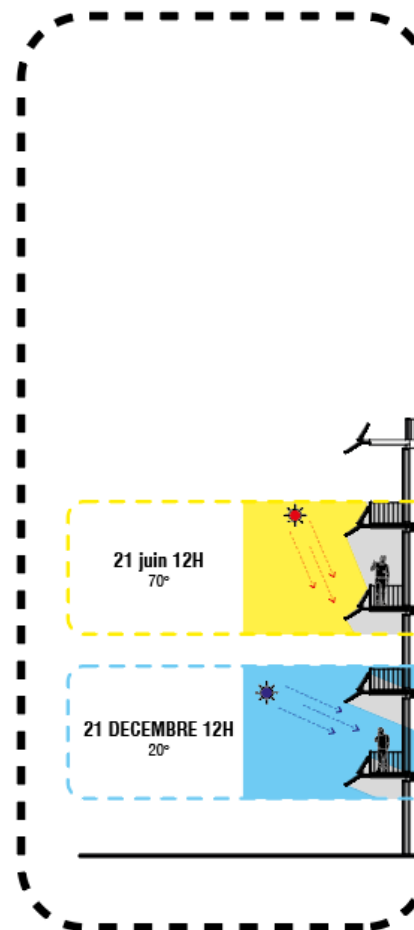
INTERFACE BÂTI

CLIMAT & CONTEXTE URBAIN



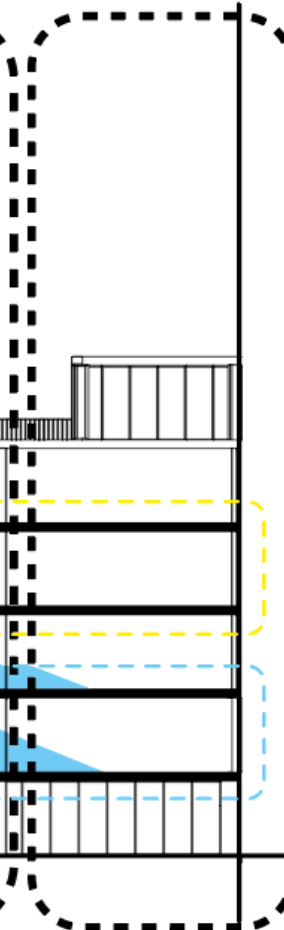
1

FACADE



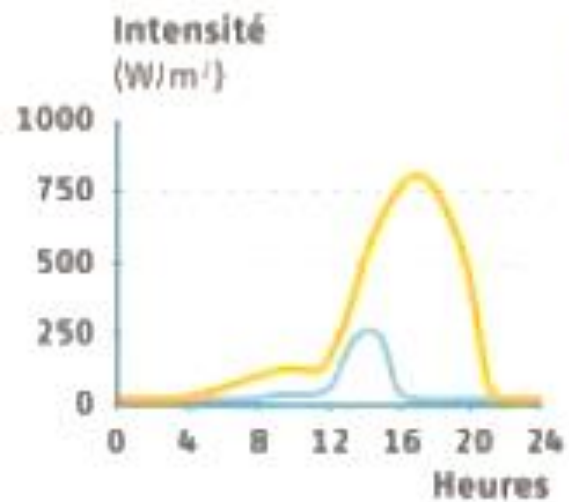
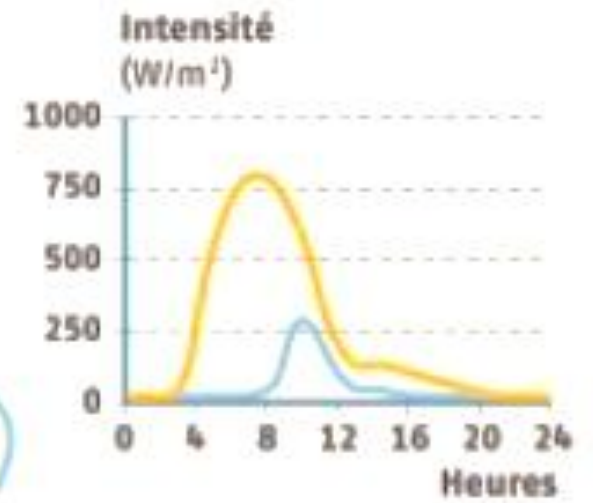
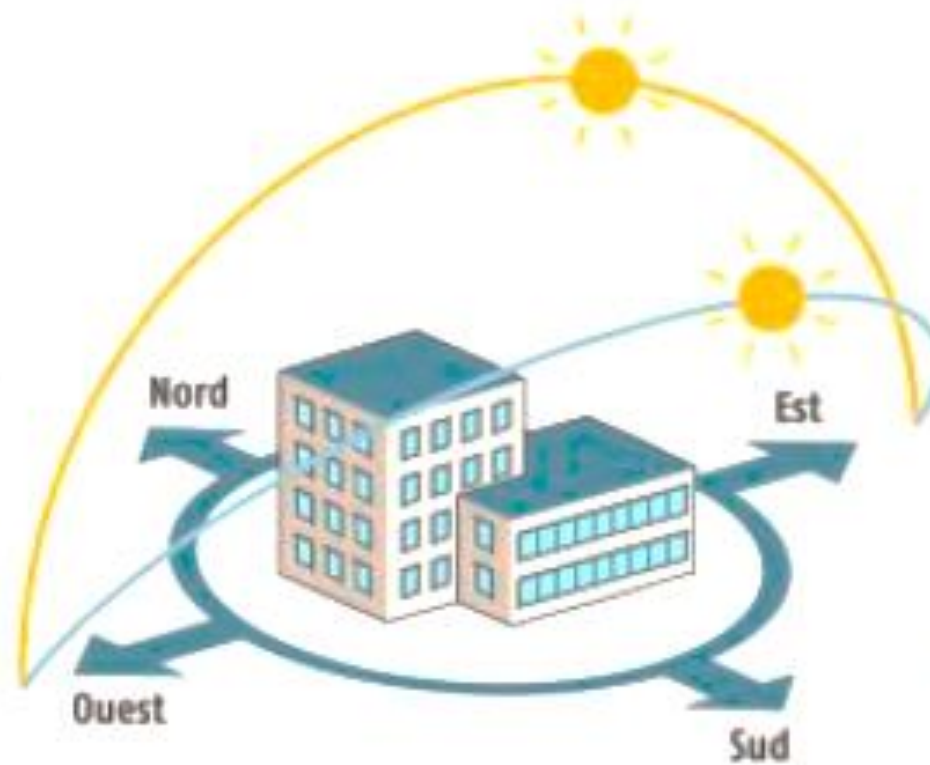
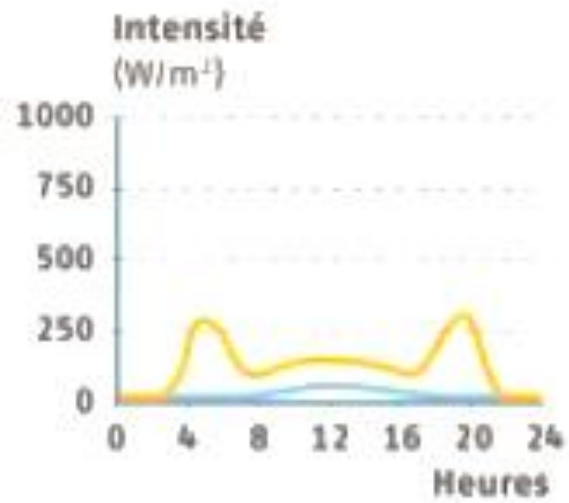
2

PROJET BÂTI

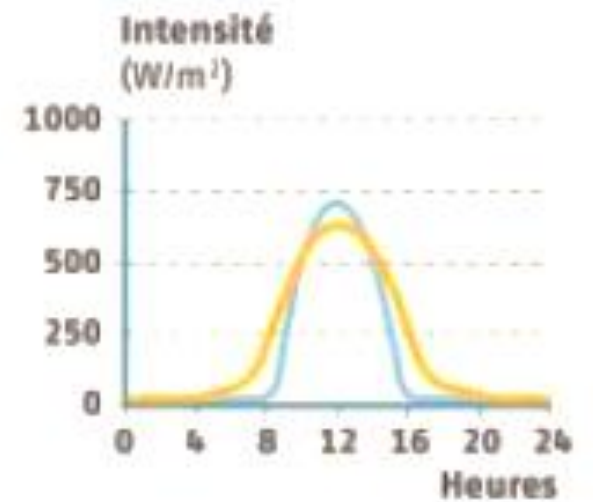


3

L'EXPOSITION

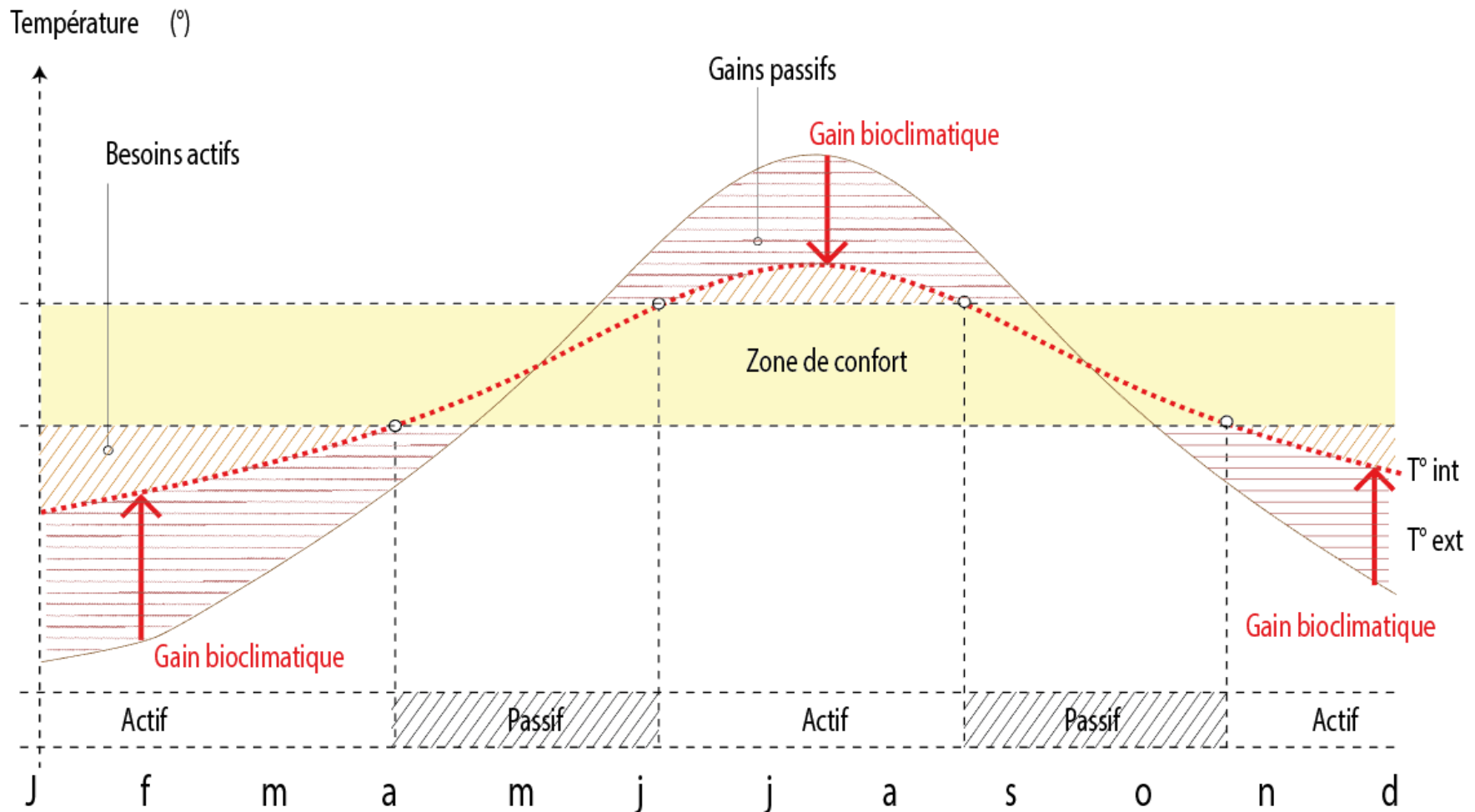


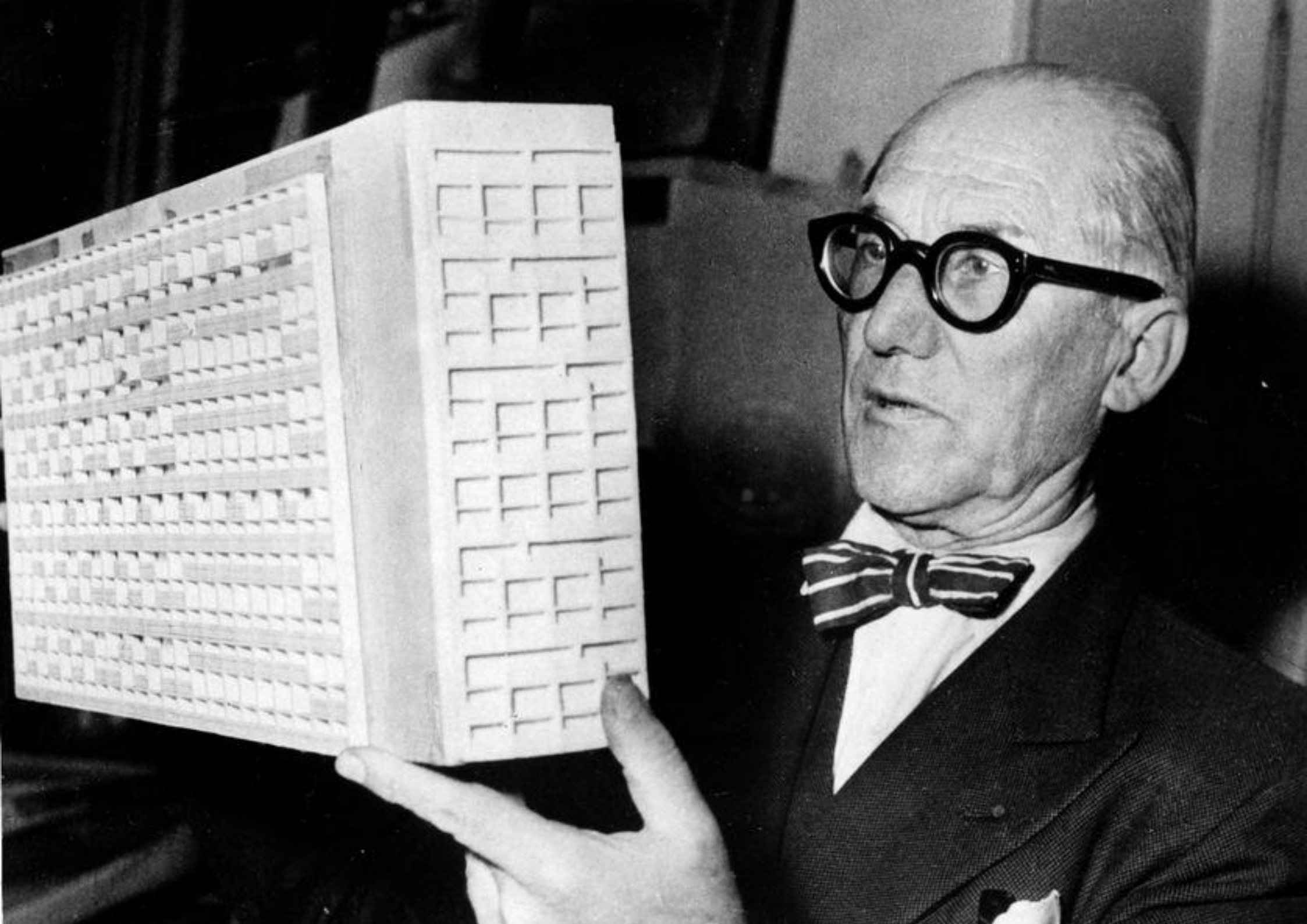
— Solstice d'été
— Solstice d'hiver



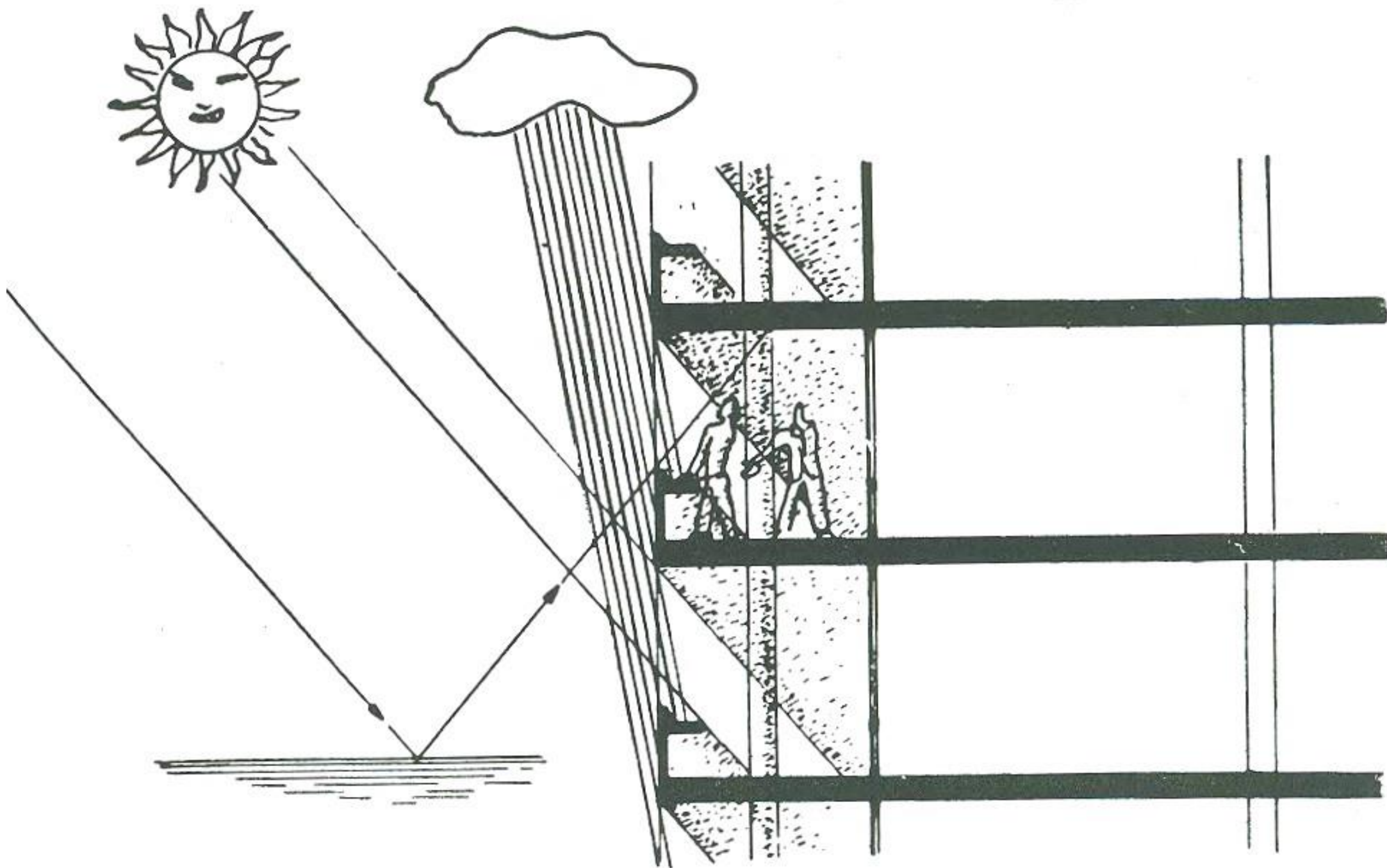
L'OBJECTIF

En comparaison avec une conception sans optimisation, **le traitement bioclimatique** doit permettre de générer des « **Gain Bioclimatique** » afin de limiter l'**inconfort** d'un espace soumis aux **évolutions climatiques**.





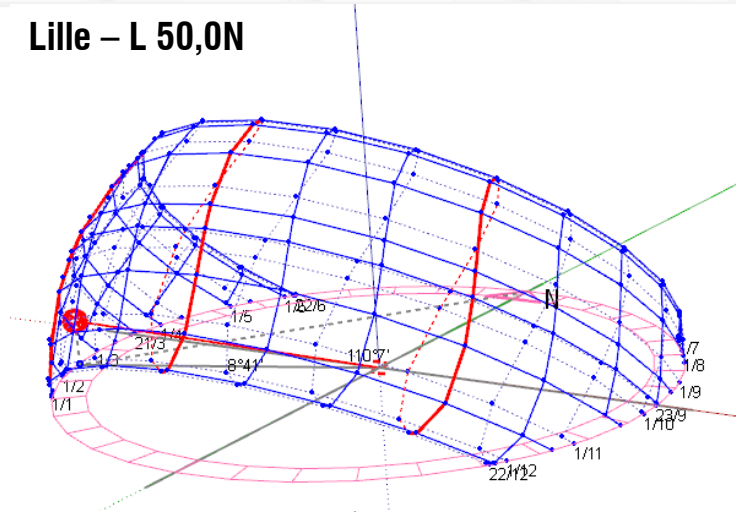
L'argumentation bioclimatique



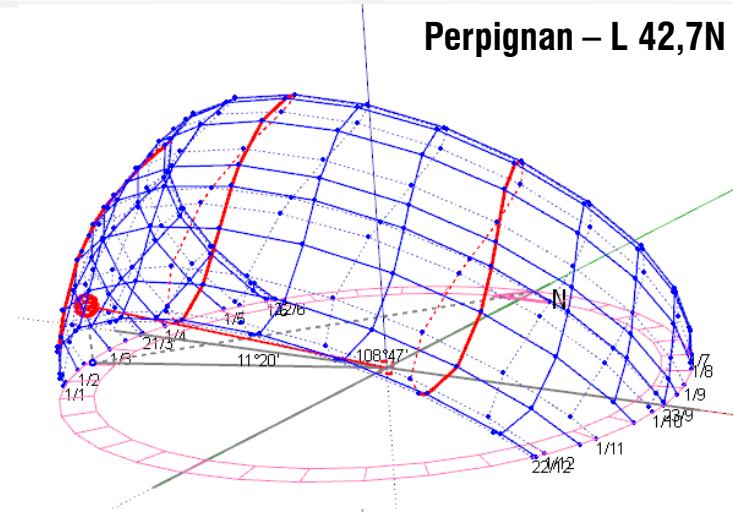
1/ LA THEORIE

Héliodon

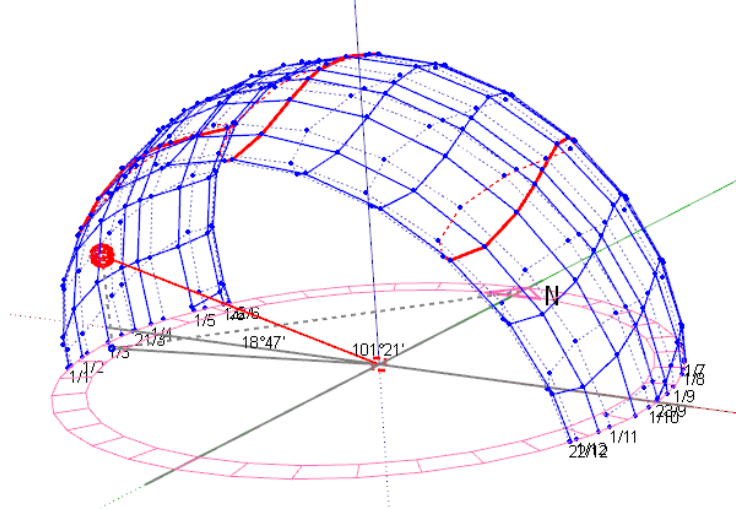
Lille – L 50,0N



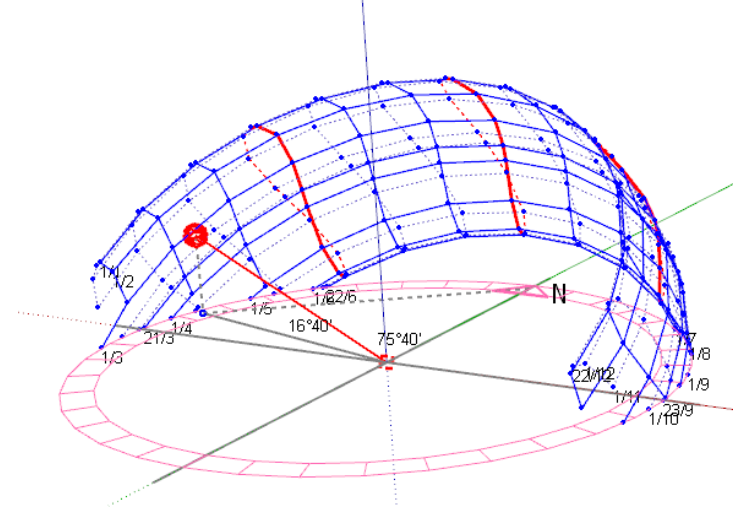
Perpignan – L 42,7N



Martinique – L 14,6N



La Reunion – L 55S

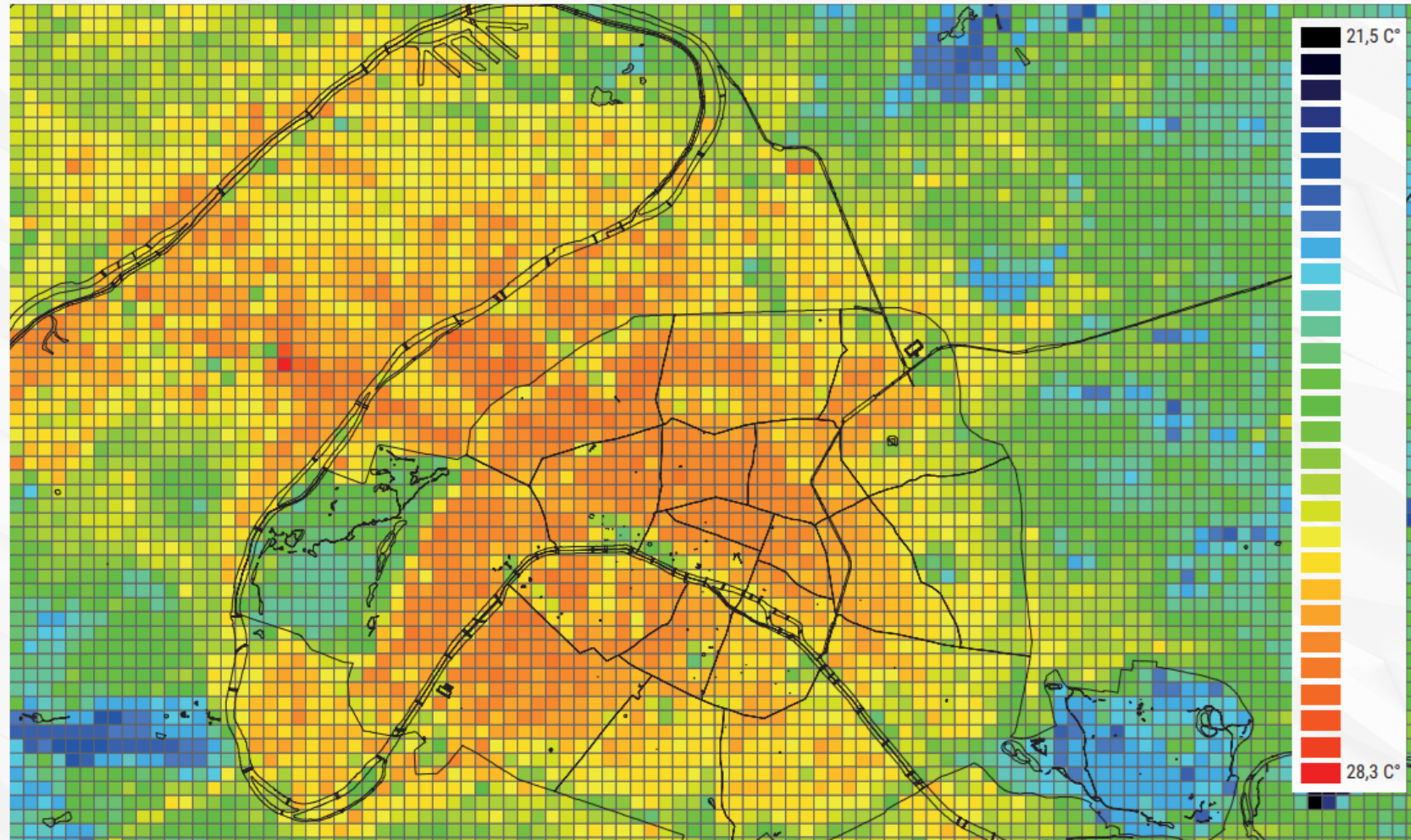


1/ LA THEORIE

L'effet d'îlot de chaleur urbain

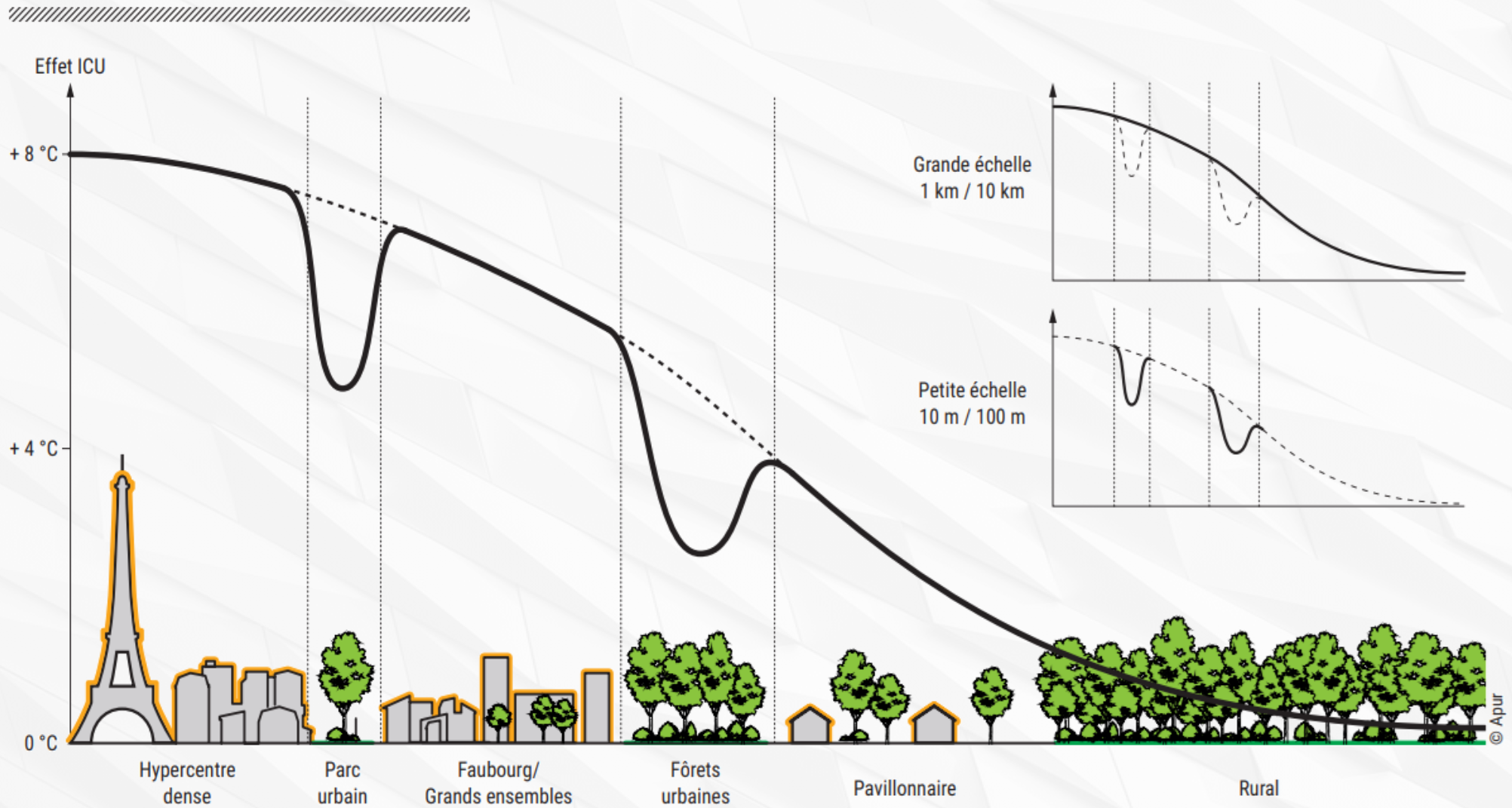
TEMPÉRATURE DE L'AIR À 2 M DU SOL LE 10 AOÛT 2003 À 6 H DU MATIN (4H UTC)

////////////////////



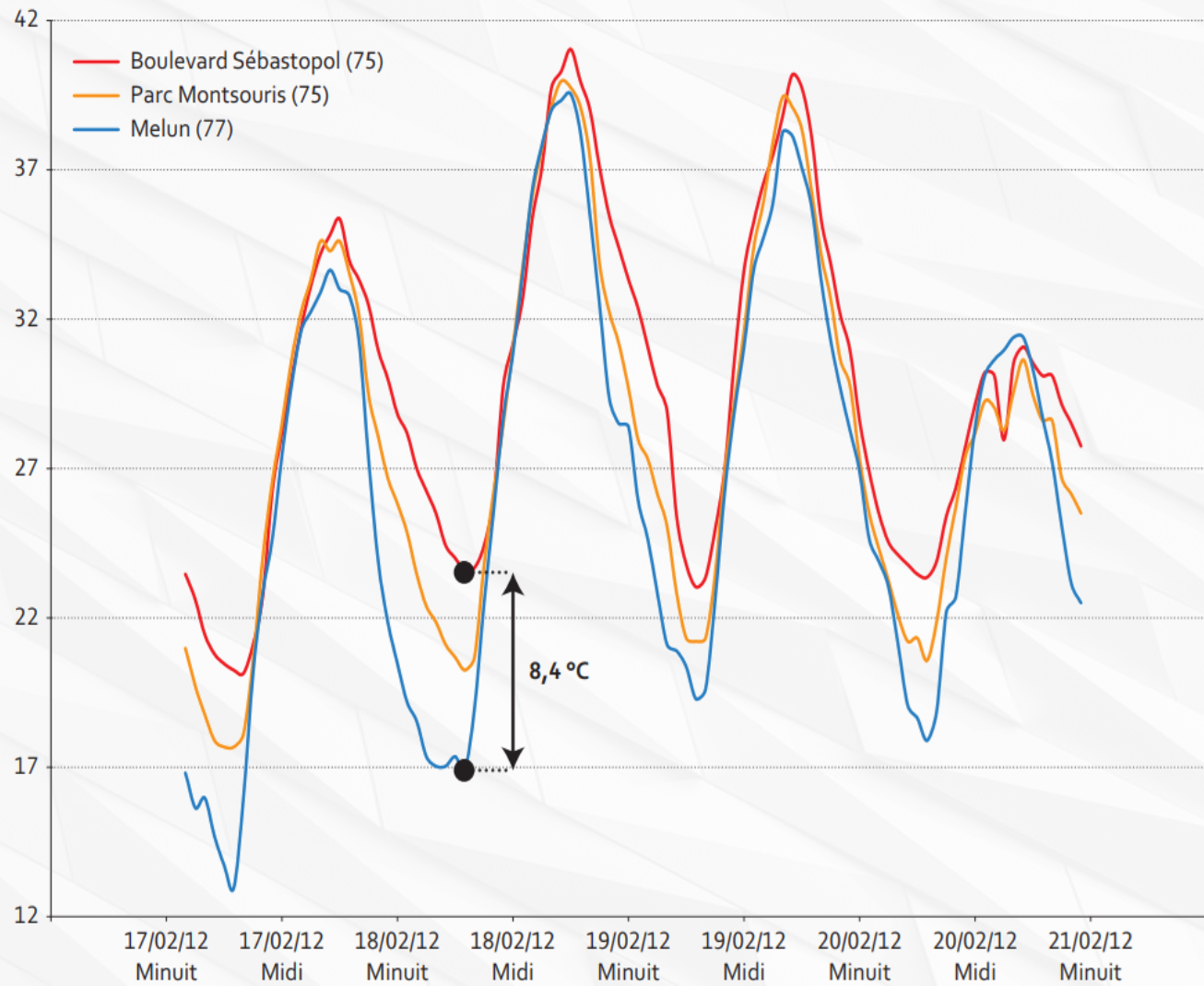
1/ LA THEORIE

COURBE DE TEMPÉRATURE



1/ LA THEORIE

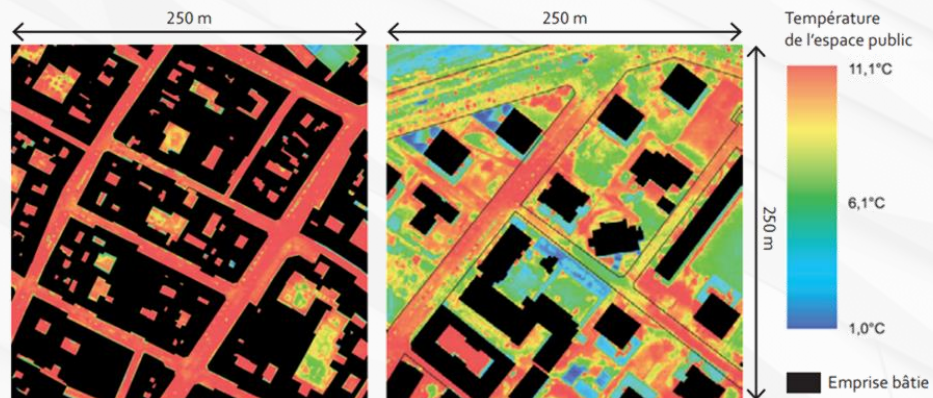
L'effet d'îlot de chaleur urbain



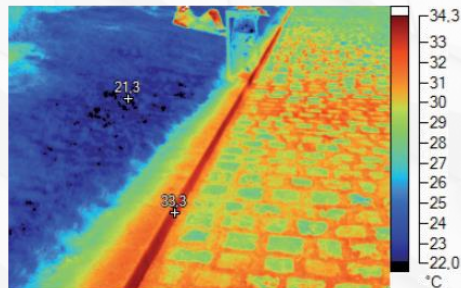
1/ LA THEORIE

Le microclimat urbain

La différence de température entre un îlot de chaleur urbain et les secteurs environnants peut atteindre jusqu'à 10°C. La portée d'un îlot de chaleur urbain (aire d'observation et d'influence) peut être très locale (à l'échelle d'un îlot urbain) ou un peu plus vaste (à l'échelle de la ville), sans pour autant dépasser l'échelle régionale. Les îlots de chaleur urbains sont classés en trois catégories selon qu'on les observe directement au sol, dans l'air entre le sol et la cime des arbres (canopée urbaine) ou dans l'air juste au-dessus de la canopée urbaine.



TEMPÉRATURE DE REVÊTEMENT DE L'ESPACE PUBLIC

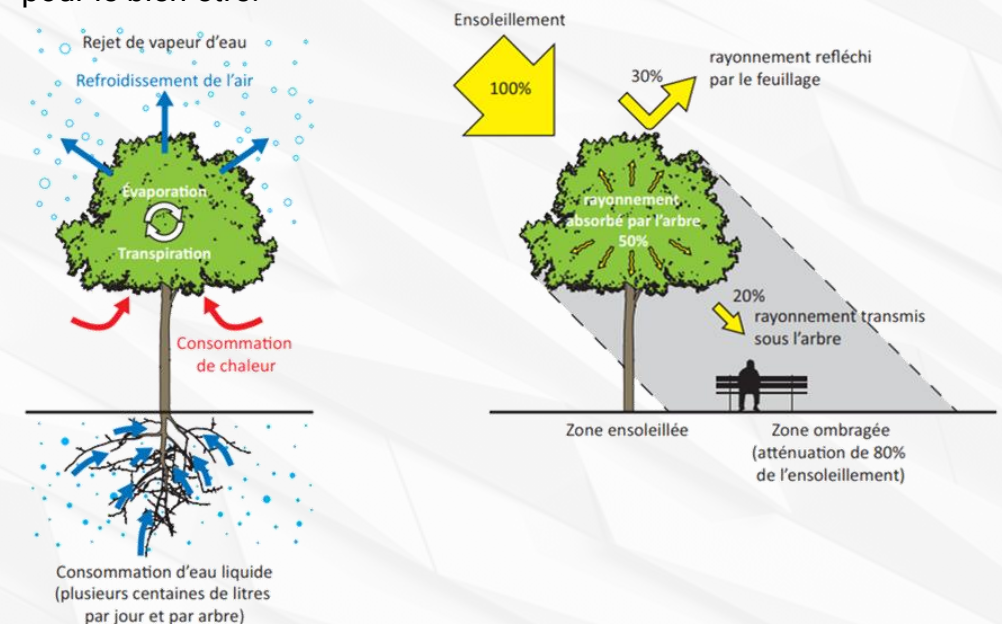


La végétation

Tout comme l'eau, la végétation possède un impact important que le climat urbain.

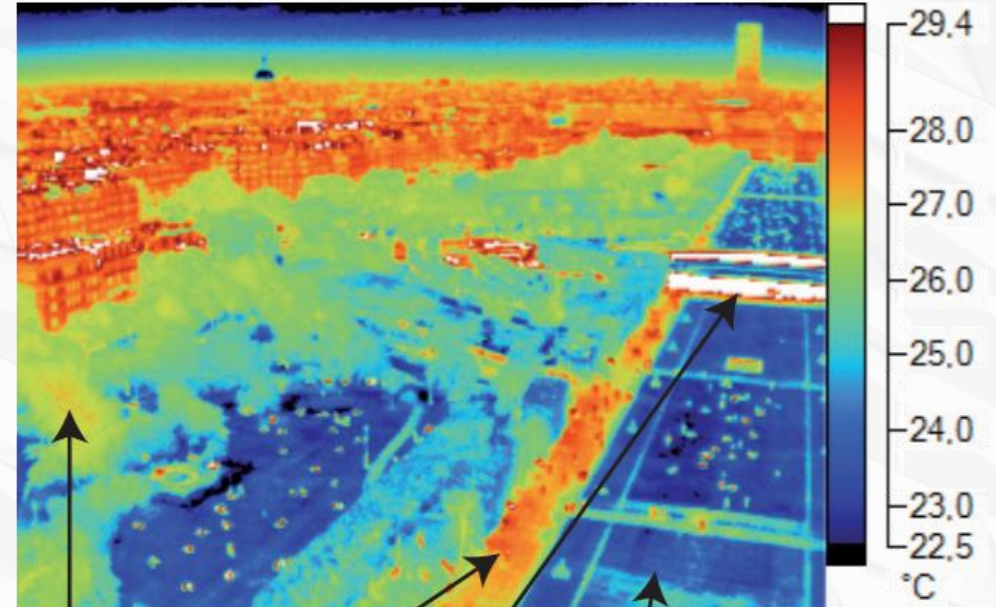
Le verdissement est probablement le moyen de lutte contre les îlots de chaleur urbains le plus évident, en raison de sa simplicité, de son impact sur les températures ambiantes, et du maximum de bénéfices environnementaux qui peut en être tiré.

Le phénomène d'évapotranspiration, la présence d'une zone humide, l'humidité, l'évaporation, l'effet d'ombrage et la réflexion du rayonnement solaire, tous ces éléments permettent de limiter le réchauffement de la surface du sol, tout en étant support de biodiversité, filtrant le vent et les bruits, et agissant positivement pour le bien-être.



1/ LA THEORIE

Contre l'effet d'îlot de chaleur urbain : 1-La végétalisation



La canopée des arbres possède encore la marque de l'irradiation solaire, de la journée

Les circulations piétonnes en « stabilisé » viennent juste de passer à l'ombre, leur niveau de température, encore élevé, s'estompera rapidement au fil des heures

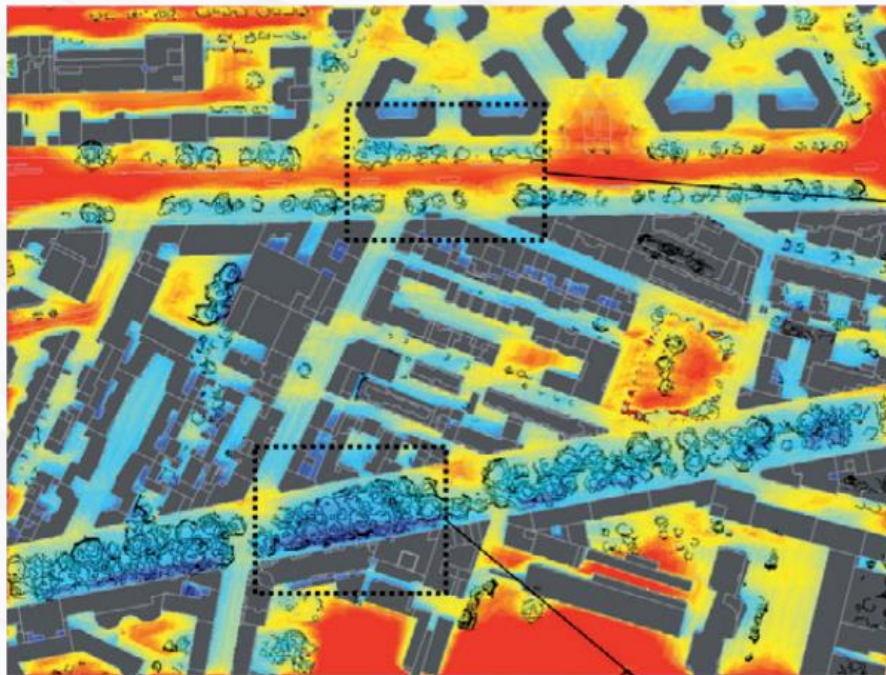
Les revêtements bitumineux ont abondamment stocké de l'énergie solaire en cours de journée, ils resteront à des niveaux de températures élevés une partie de la nuit

La pelouse apparaît déjà fraîche, l'ensoleillement subi dans la journée n'a pas été stocké par le végétal

1/ LA THEORIE

Calcul de confort thermique en moyenne journalière un 21 juin

Comparaison de deux alignements de platanes dans le 18^e arrondissement

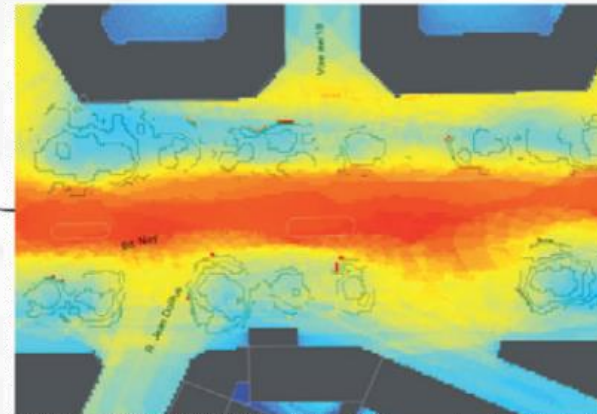


60°C

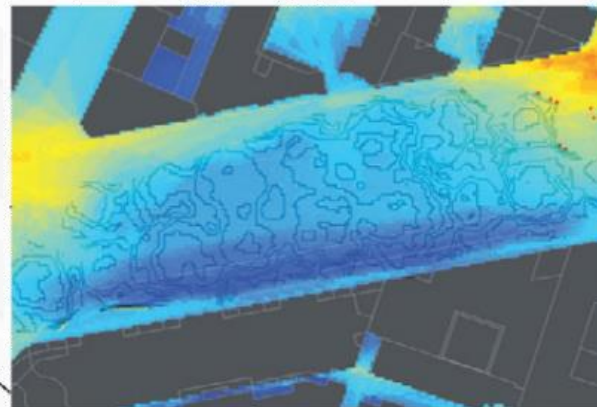


33°C

Température
ressentie en
moyenne
journalière
un 21 juin



Alignement de platanes très espacés bd Ney : l'espace public est relativement mal protégé par les arbres dont la présence est trop diffuse pour garantir une protection solaire suffisante.



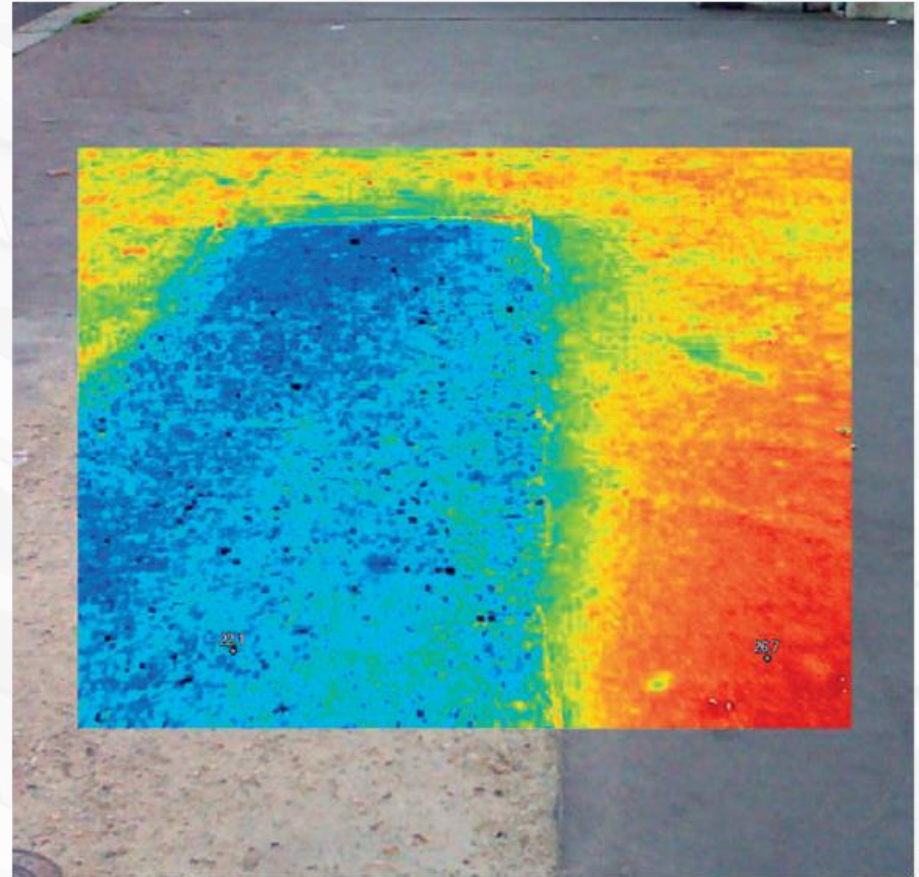
Alignement très dense de platanes rues Leibnitz et Belliard : l'espace public est bien protégé par les arbres tout au long de la journée.

1/ LA THEORIE

Contre l'effet d'îlot de chaleur urbain : 2- les revêtements



Mise à nue de la couche de béton sous l'asphalte du trottoir après réfection d'une canalisation



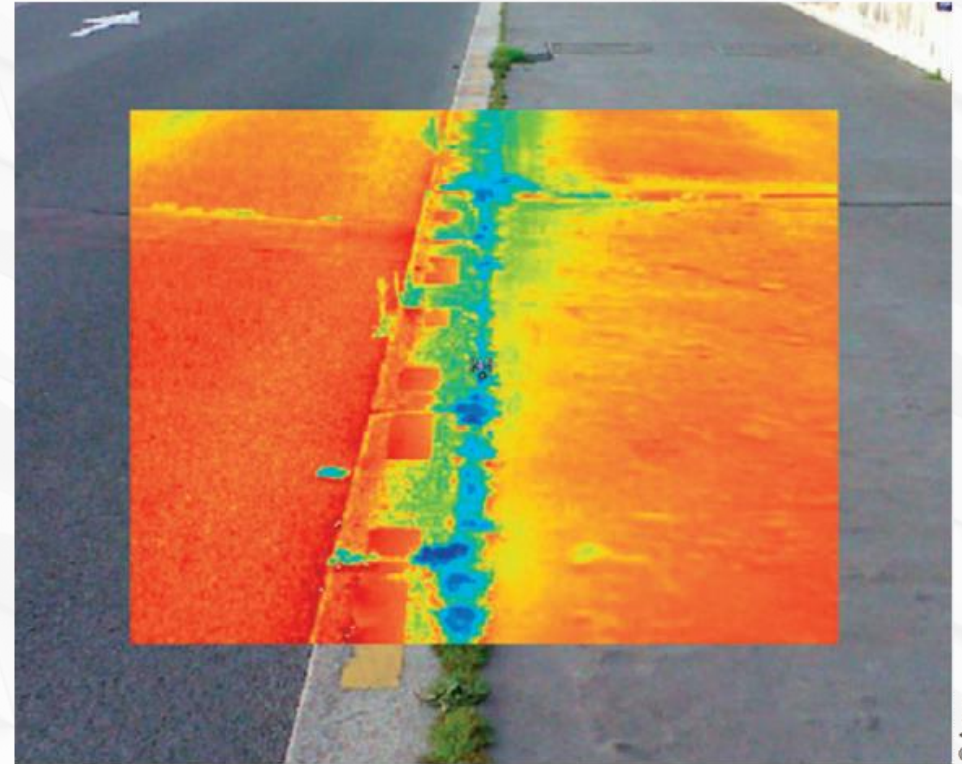
Après travaux la couche de béton est recouverte de gravillons. Le comportement thermique est drastiquement modifié, il est semblable à un stabilisé.

1/ LA THEORIE

Contre l'effet d'îlot de chaleur urbain : 2- les revêtements



Végétation spontanée sur une voie peu circulée

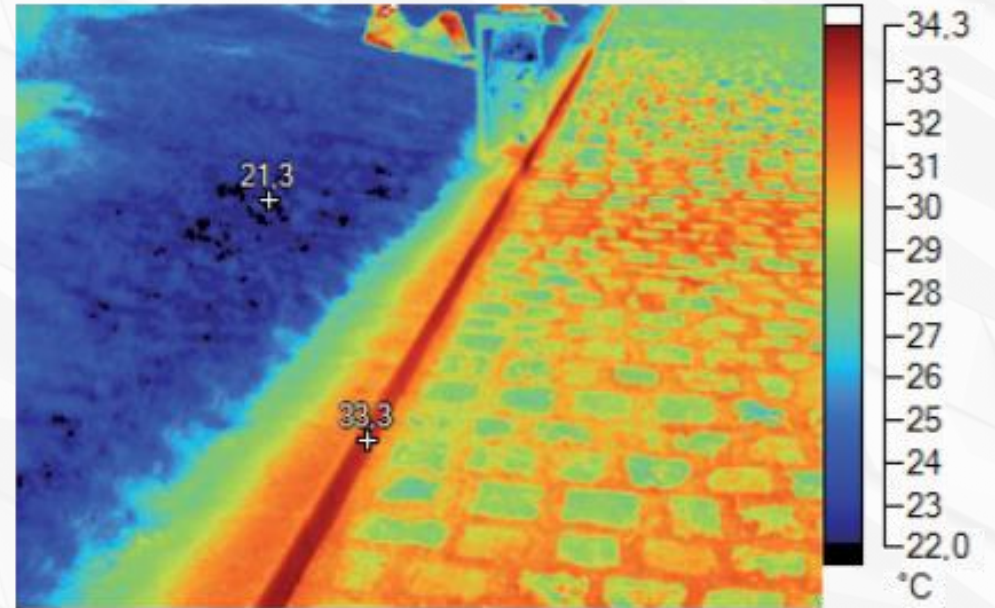


Végétation spontanée entre bordure granit et trottoir asphalte

1/ LA THEORIE

Contre l'effet d'îlot de chaleur urbain : 2- les revêtements

TEMPÉRATURE DE REVÊTEMENT DE L'ESPACE PUBLIC



1/ LA THEORIE

Contre l'effet d'îlot de chaleur urbain : 3-les matériaux employés

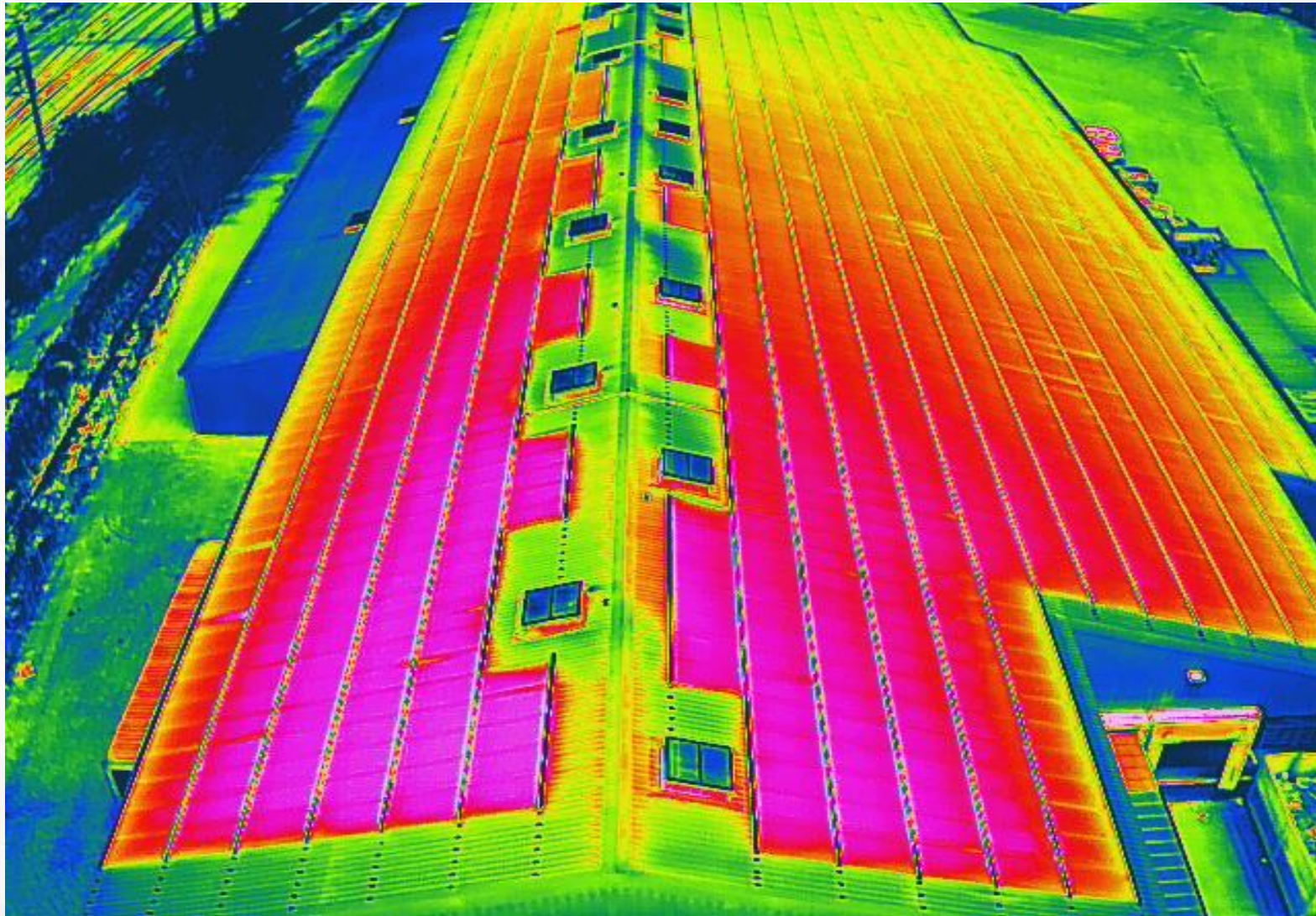
Les revêtements utilisés sur les façades parisiennes posent des questions similaires à celles rencontrées sur l'espace public.

À l'inverse leur grande inertie leur donnera de grandes capacités de stockage de l'énergie solaire, et donc en fera de bons pièges à calories.



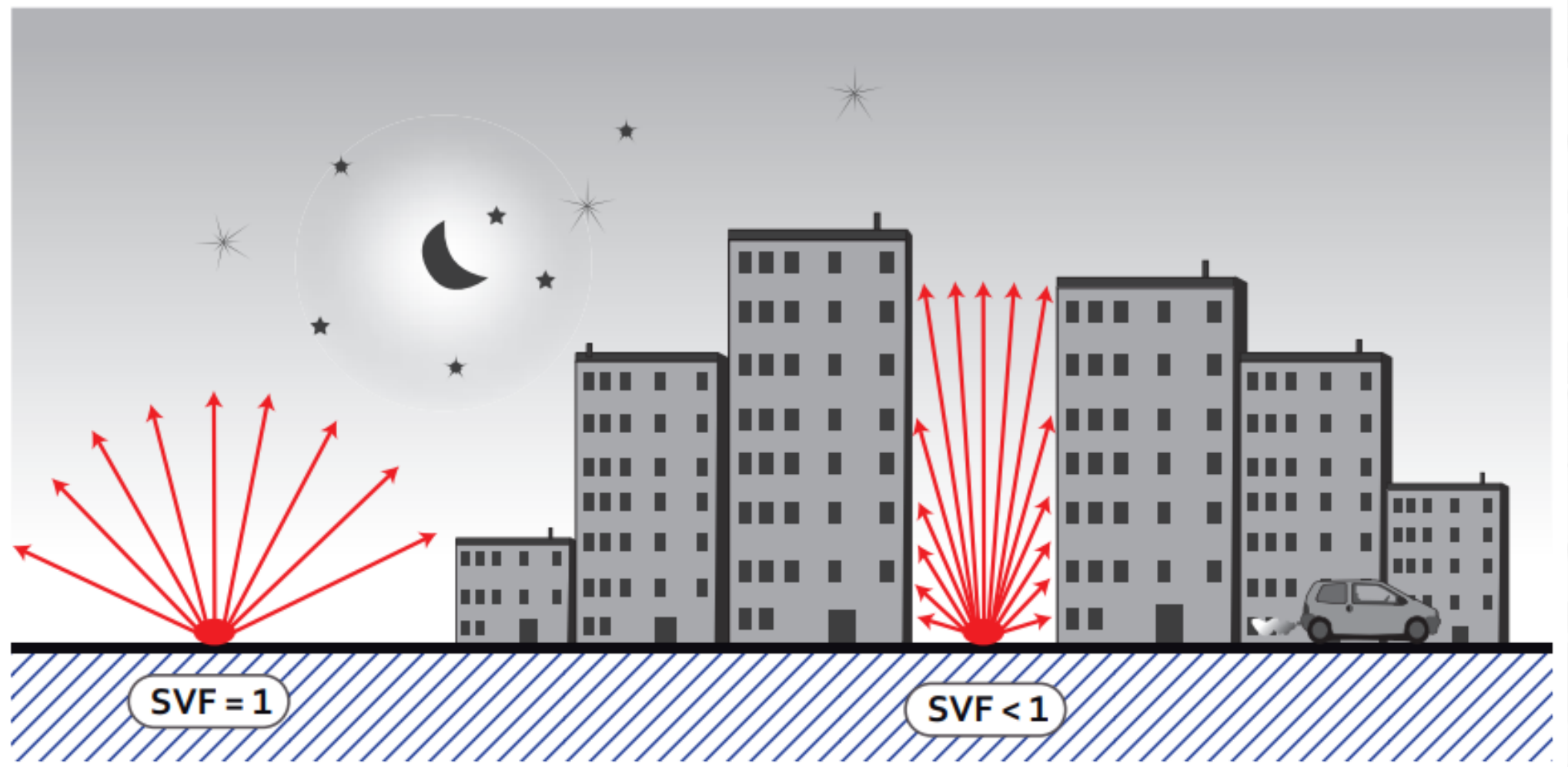
1/ LA THEORIE

Contre l'effet d'îlot de chaleur urbain : 3-les matériaux employés



1/ LA THEORIE

Contre l'effet d'îlot de chaleur urbain : 4-la forme urbaine



1/ LA THEORIE

Contre l'effet d'îlot de chaleur urbain : 4-la forme urbaine



Parvis de Beaubourg : Vue dégagée sur le ciel (SFV>80%)



Rue Geoffroy Langevin : Peu de vue sur le ciel (SFV<40%)

1/ LA THEORIE

Contre l'effet d'îlot de chaleur urbain : 4-la forme urbaine













Vue hémisphérique, avenue de l'Opéra (8^e), $H/L = 0,5$
Forte perméabilité solaire du tissu



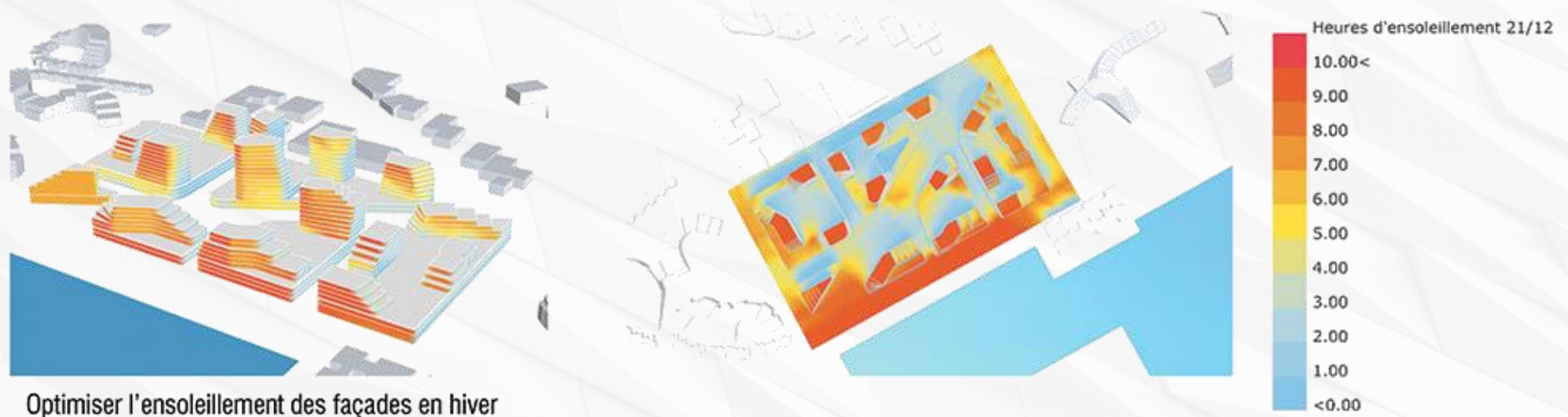
Vue hémisphérique, rue Saintonge (3^e), $H/L = 3$
Faible perméabilité solaire du tissu

Typologies des voiries parisiennes

Largeurs de voies	< 8 m	10 et 11 m	12 à 19 m	20 m	> 30 m
H / L	> 3	2	1	1,5	< 0,5
Rues	rue de Bretonvilliers (1 ^{er})	rue Vieille du Temple (3 ^e)	rue du Faubourg du Temple (11 ^e)	rue de Rivoli (4 ^e)	bd de Sébastopol (3 ^e)
Photos					
Vues hémisphériques vers le ciel					

1/ LA THEORIE

Contre l'effet d'îlot de chaleur urbain : 4-la forme urbaine



Les vues

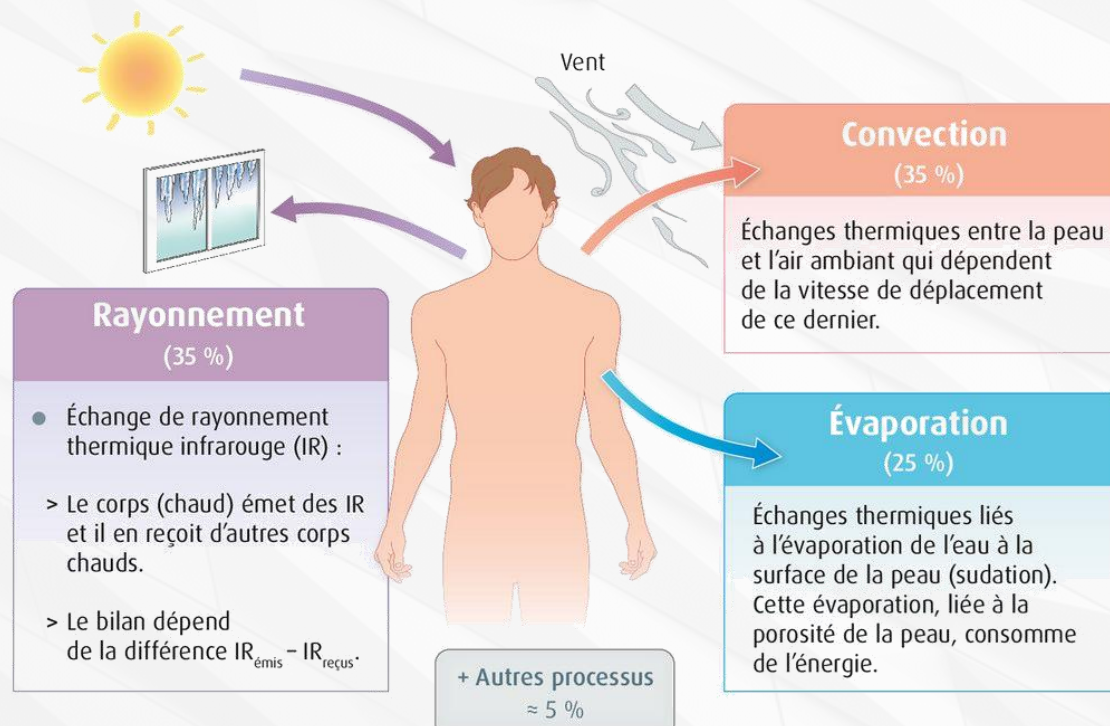


1/ LA THEORIE

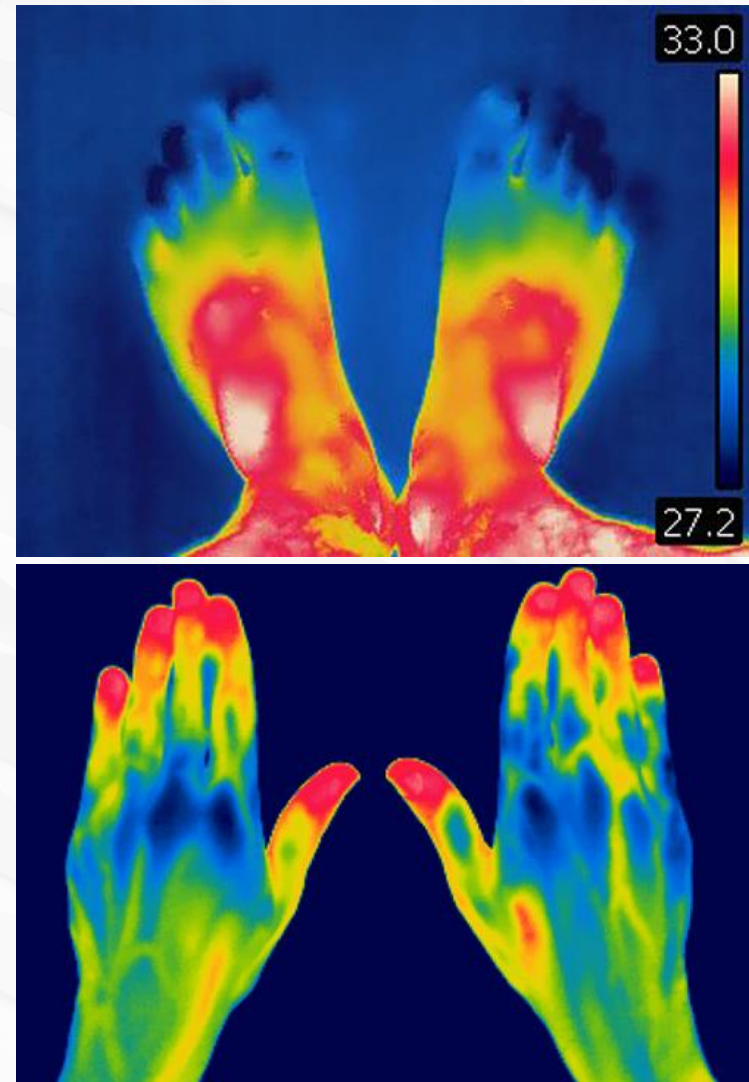
Le confort thermique

La notion de confort thermique est le plus souvent appliquée à l'être humain, bien qu'elle puisse s'appliquer à tout être vivant. Sur un plan physique, le confort thermique correspond à un état d'équilibre thermique entre le corps humain (nature homéotherme 37°C) et les conditions d'ambiance.

Généralement, les températures d'air de consigne chaud/froid varient de 19°C à 26°C. Le dimensionnement des terminaux doit être calibré sur ces conditions.



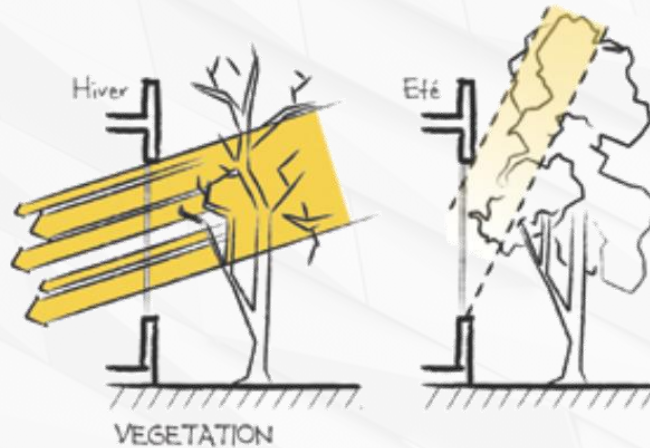
VIDEO EXPERIENCE



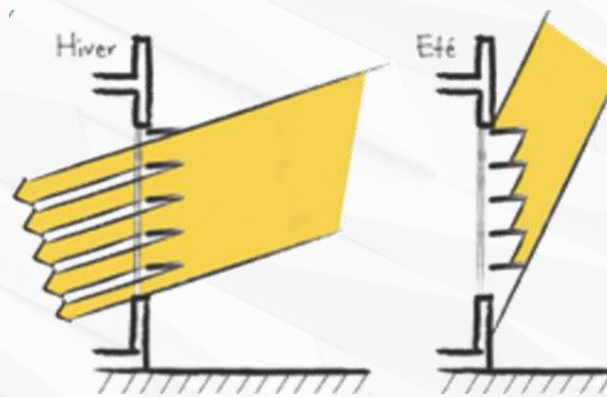
1/ OBJECTIFS & APPROCHE

Typologies de protection de la lumière

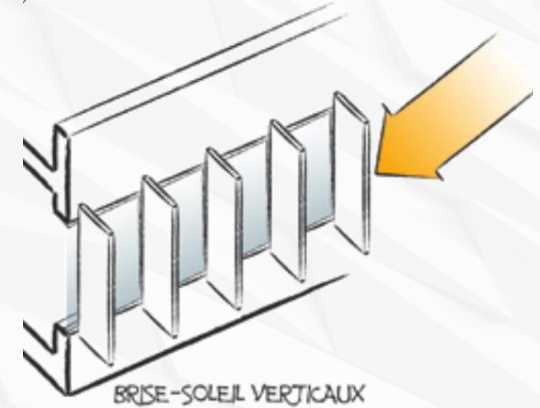
1/ La végétation



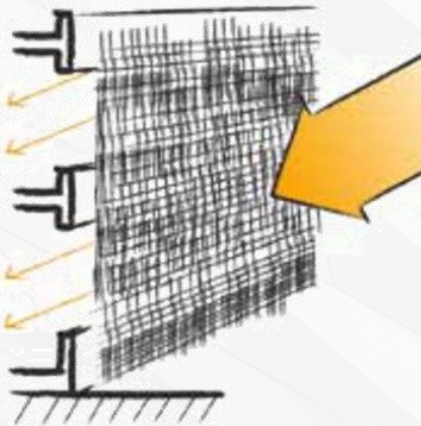
2/ Brise-soleil horizontaux



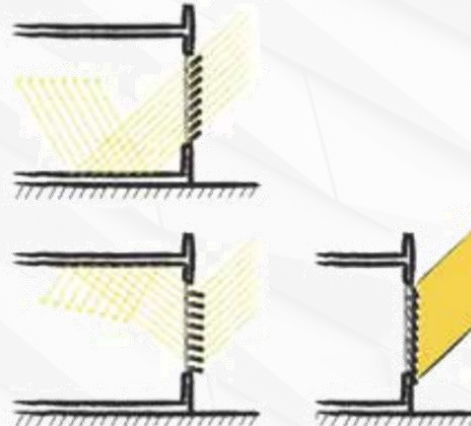
3/ Brise-soleil verticaux



4/ La résille



5/ Stores à lames horizontales



6/ Stores toiles



7/ Stores à projection en toile



1/ LA THEORIE

Comparatif global

Types isolants

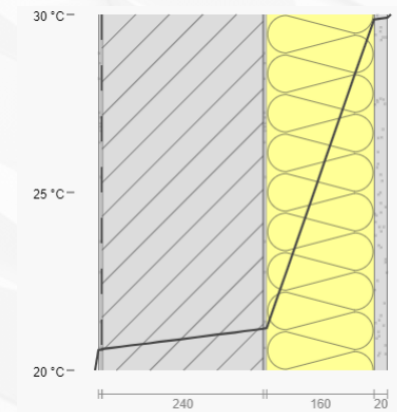
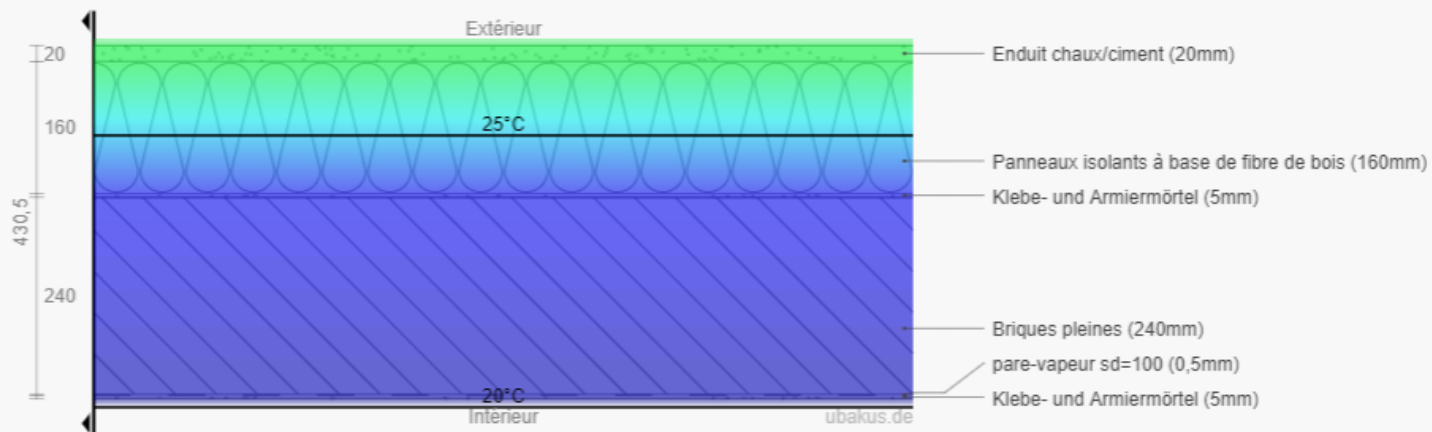
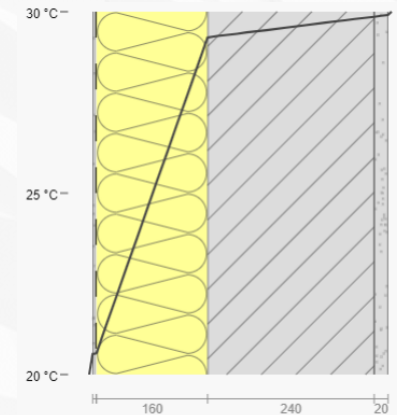
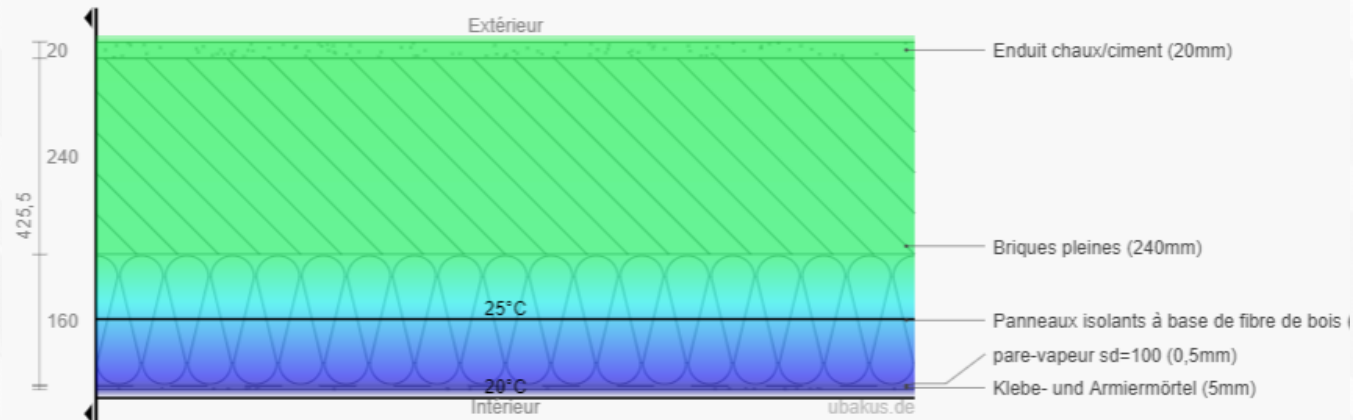
Origine Isolants Conditionnement

			Utilisation					Caractéristiques isolantes			Caractéristiques techniques				Bilan environnemental ^(a)	
			Mur	Plancher / comble perdu	Rampant	Support de couverture	Sol - Sous chape	Lambda en W/m.K	Épaisseur pour R=5 en cm	Prix TTC indicatif pour R=5	Capacité hygroscopique	Résistance à la vapeur d'eau (μ)	Classement au feu	Temps de déphasage (en heure pour 20 cm)	Énergie primaire (kWh Ep/UF) ^(b)	Effet de serre (kgCO ₂ eq/UF) ^(b)
Isolants synthétiques	Polystyrène expansé PSE	Panneaux	●	●	●	●	●	0,037 à 0,040	18 à 20	15 à 20 €	Non	30 à 100	B	6	142,6	16,9
Laines minérales	Laine de verre	Rouleaux	●	●	●	●	●	0,035	17	6 à 16 €	Non	1	A à B	6	59,4	9
	Laine de roche HD	Rouleaux	●	●	●	●	●	0,040	20	6 à 10 €	Non	1	A à B	6	184	46,8
Isolants d'origine végétale	Fibre de bois	Panneaux souples	●	●	●			0,038 à 0,040	19 à 20	24 à 38 €	Faible	1 à 2	E	7,5	51,5	-5,5
		Panneaux denses	●	●	●	●	●	0,037 à 0,046	18 à 23	36 à 75 €	Faible	3 à 8	E	15	173,3	-18,6
	Ouate de cellulose	Vrac insufflé	●	●	●			0,038 à 0,044	19 à 22	10 à 15 €	Moyenne	1 à 2	B à E	10	17,1	-4,4
		Vrac déversé		●				0,037 à 0,040	18 à 20	10 à 15 €	Moyenne	1 à 2	B à E	10	17,1	-4,4
		Panneaux	●	●	●			0,039	20	38 à 42 €	Moyenne	2	E	12	50,8	-3,5
	Liège	Vrac	●	●			⊙	0,040 à 0,045	20 à 22	28 à 42 €	Faible	5 à 30	E	9	41,4	-25,6
		Panneaux	●	●	●	●	●	0,036 à 0,042*	18 à 21	45 à 71 €		5 à 30	E	13	41,4	-25,6
	Laine de chanvre	Rouleaux	●	●	●			0,038 à 0,042	19 à 21	25 à 36 €	Moyenne	1 à 2	E	7	60,8	5,1
		Panneaux	●	●	●			0,038 à 0,042	19 à 21	20 à 40 €	Moyenne	1 à 2	E	7	60,8	5,1
	Chênevotte	Vrac	⊙	●	●		⊙	0,048	24	17 à 30 €	Moyenne	1 à 2	E	8,5	15,5	-48,9
Isolants d'origine animale	Laine de lin	Rouleaux	●	●	●			0,037	19	35 à 40 €	Moyenne	1 à 2	C à D	6	56,7	0,7
		Panneaux	●	●	●			0,037 à 0,047	18 à 23	22 à 25 €	Moyenne	1 à 2	C à D	6	56,7	0,7
	Laine de mouton	Rouleaux	●	●	●			0,035 à 0,042	17 à 21	20 à 28 €	Forte	1 à 2	C	5	24,5	0,2
		Panneaux	●	●	●			0,035 à 0,040	17 à 20	28 à 36 €	Forte	1 à 2	C	5	24,5	0,2



1/ LA THEORIE

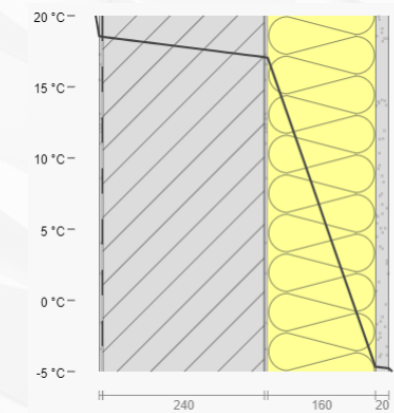
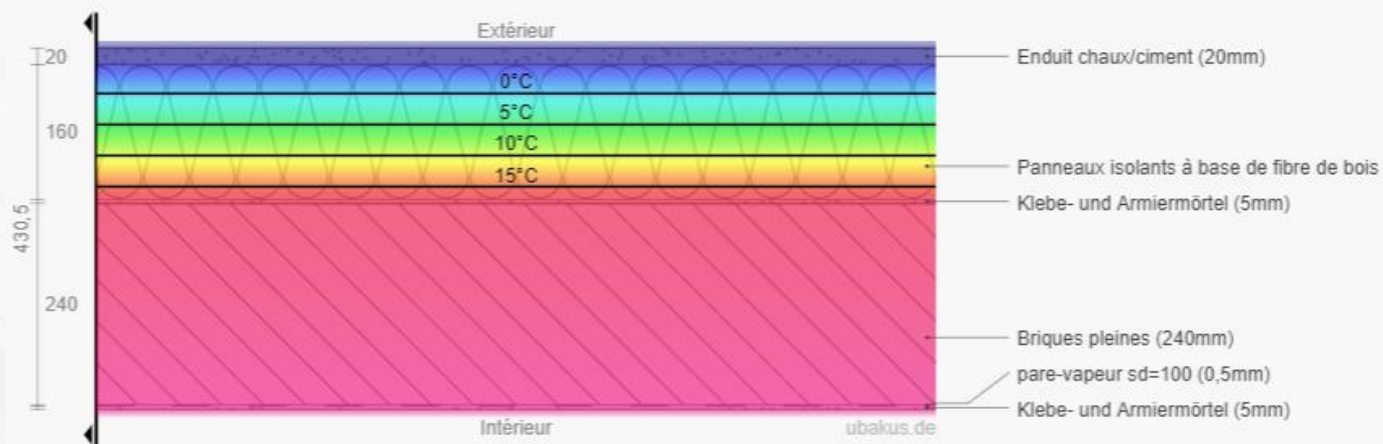
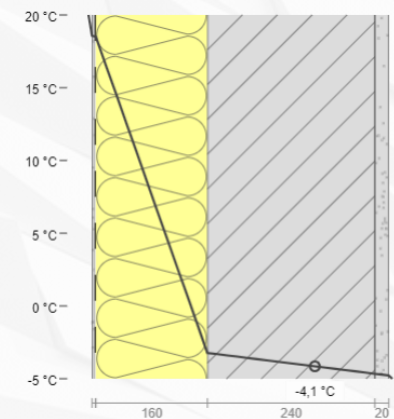
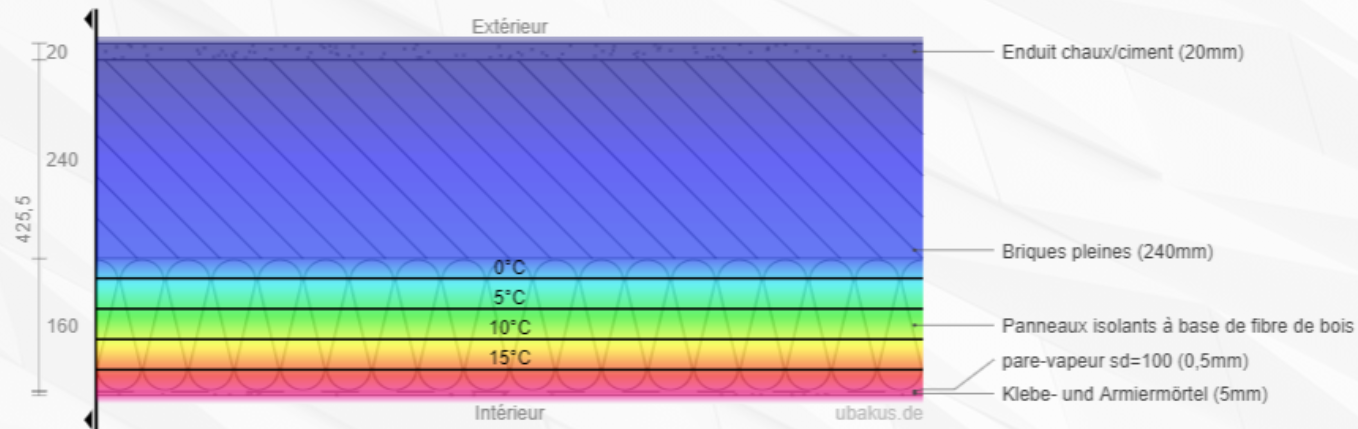
Température dans les parois – Isolant int/ext – cas ÉTÉ



<https://www.ubakus.com/fr/calculateur-valeur-u/index.php?>

1/ LA THEORIE

Température dans les parois – Isolant int/ext – cas HIVER



2/ EXEMPLES D'OPTIMISATION

PROJET 1

GARE RAYNAL



Toulouse (31)

2/ EXEMPLES D'OPTIMISATION

Projet 1 : Toulouse – Étude d'exposition pollution



Qualité de l'air

-  Zones de dépassement des valeurs limites en dioxyde d'azote (NO₂) pour la protection de la santé
-  Zones soumises au classement sonore des infrastructures de transports terrestres (par arrêté)

2/ EXEMPLES D'OPTIMISATION

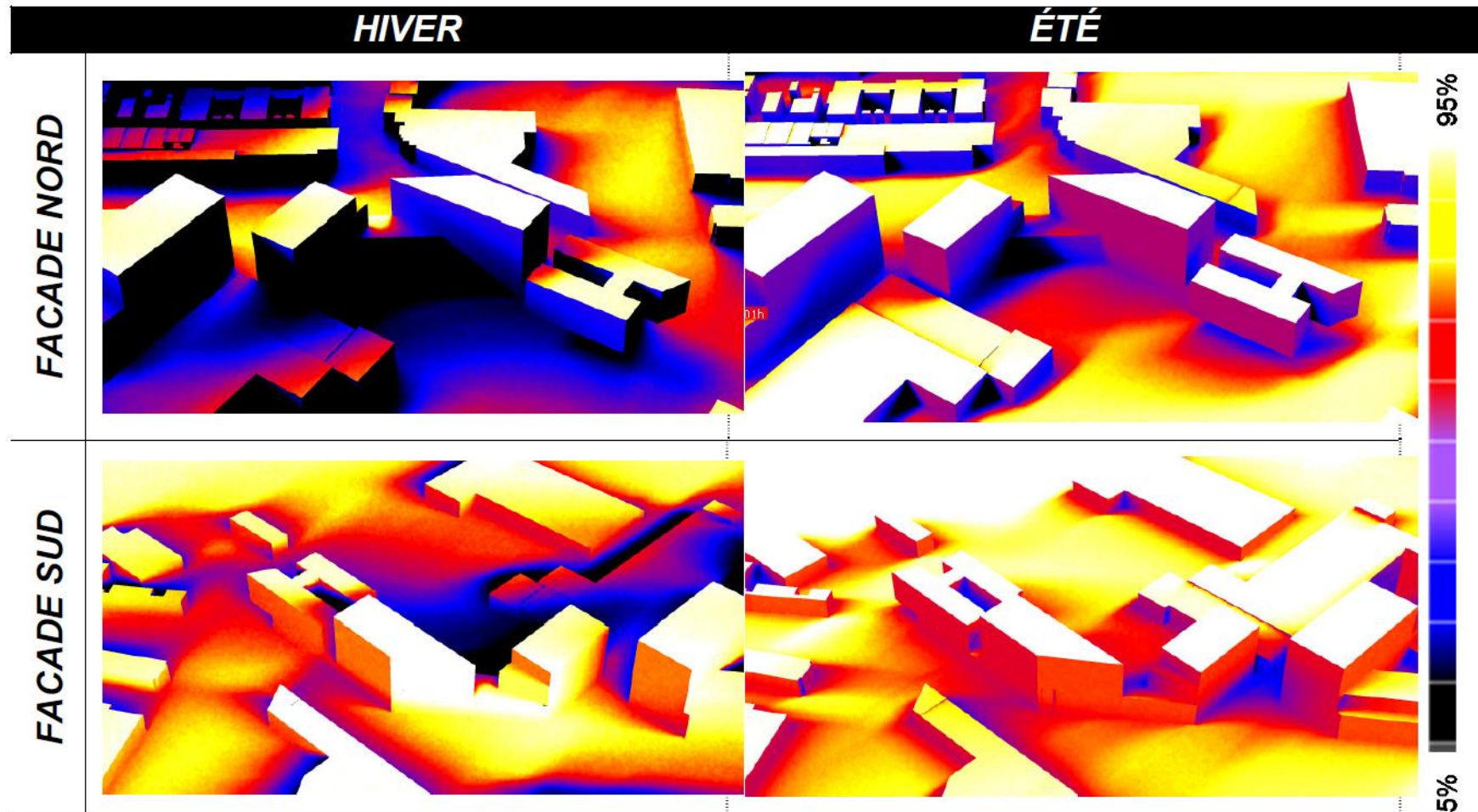
Projet 1 : Toulouse – Étude d'exposition aux bruits



- de 55 à 60 décibels
- de 60 à 65 décibels
- de 65 à 70 décibels
- de 70 à 75 décibels
- sup. à 75 décibels

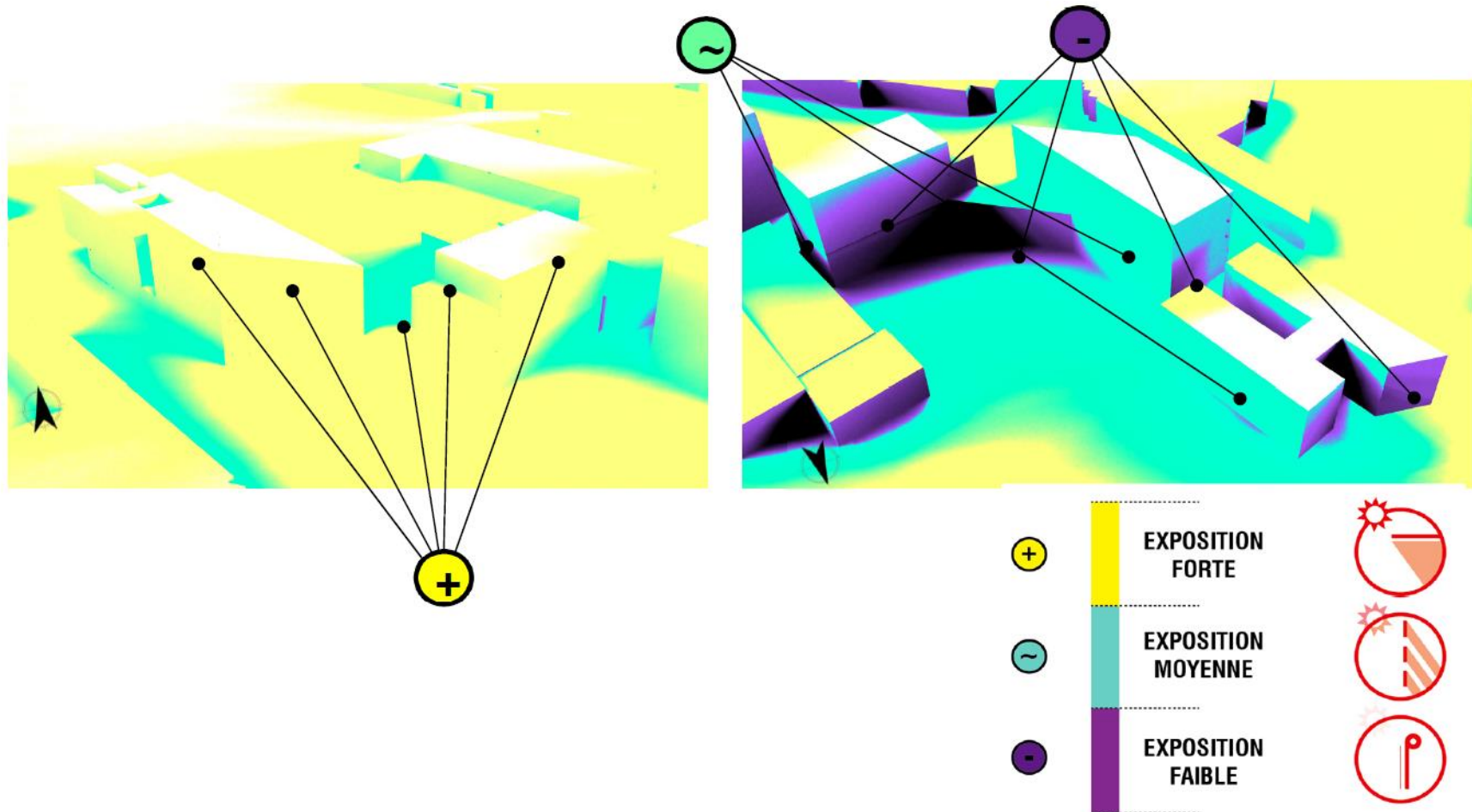
2/ EXEMPLES D'OPTIMISATION

Projet 1 : Toulouse – Étude d'exposition solaire de la morphologie



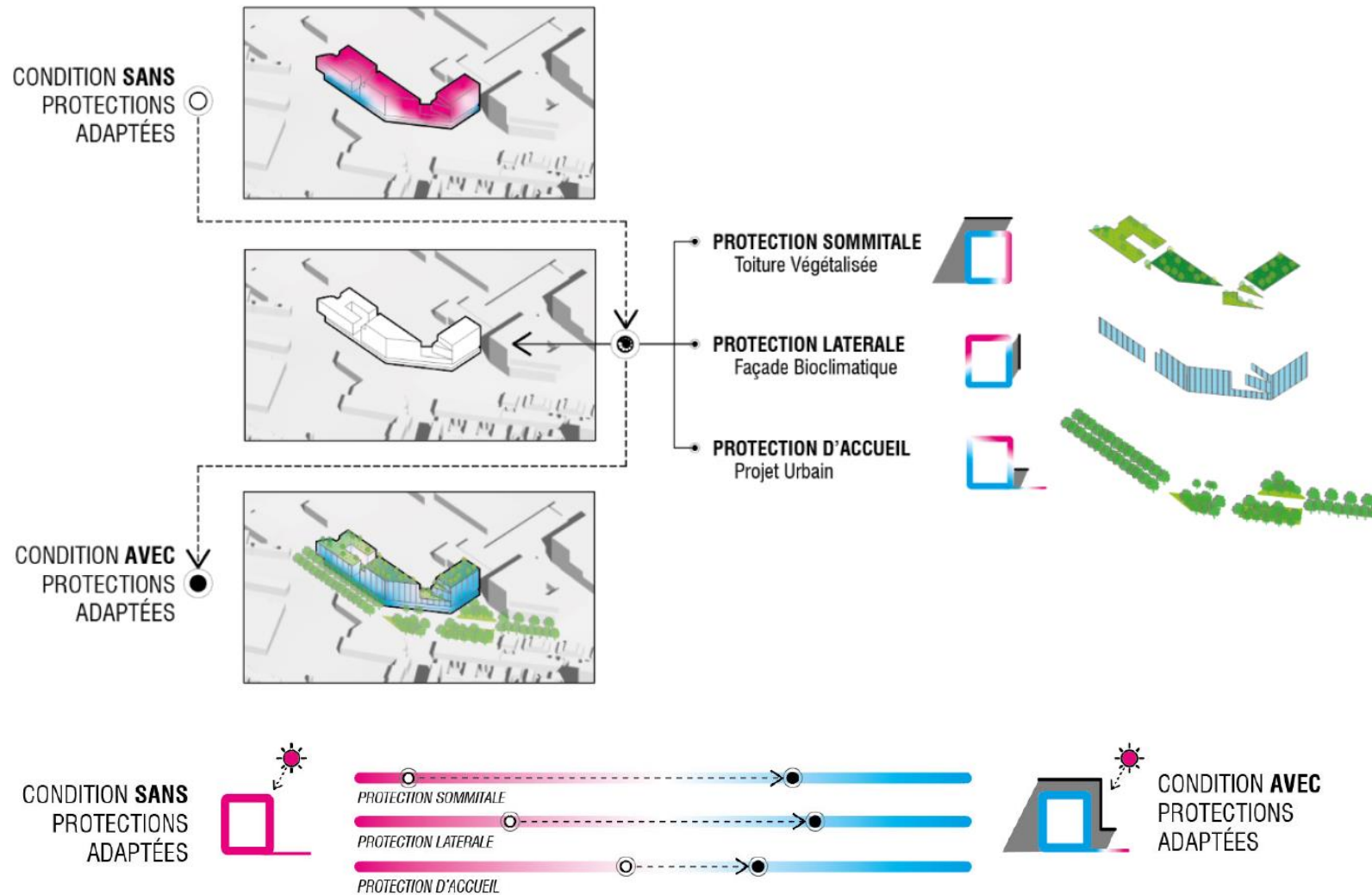
2/ EXEMPLES D'OPTIMISATION

Projet 1 : Toulouse – Étude d'exposition solaire de la morphologie



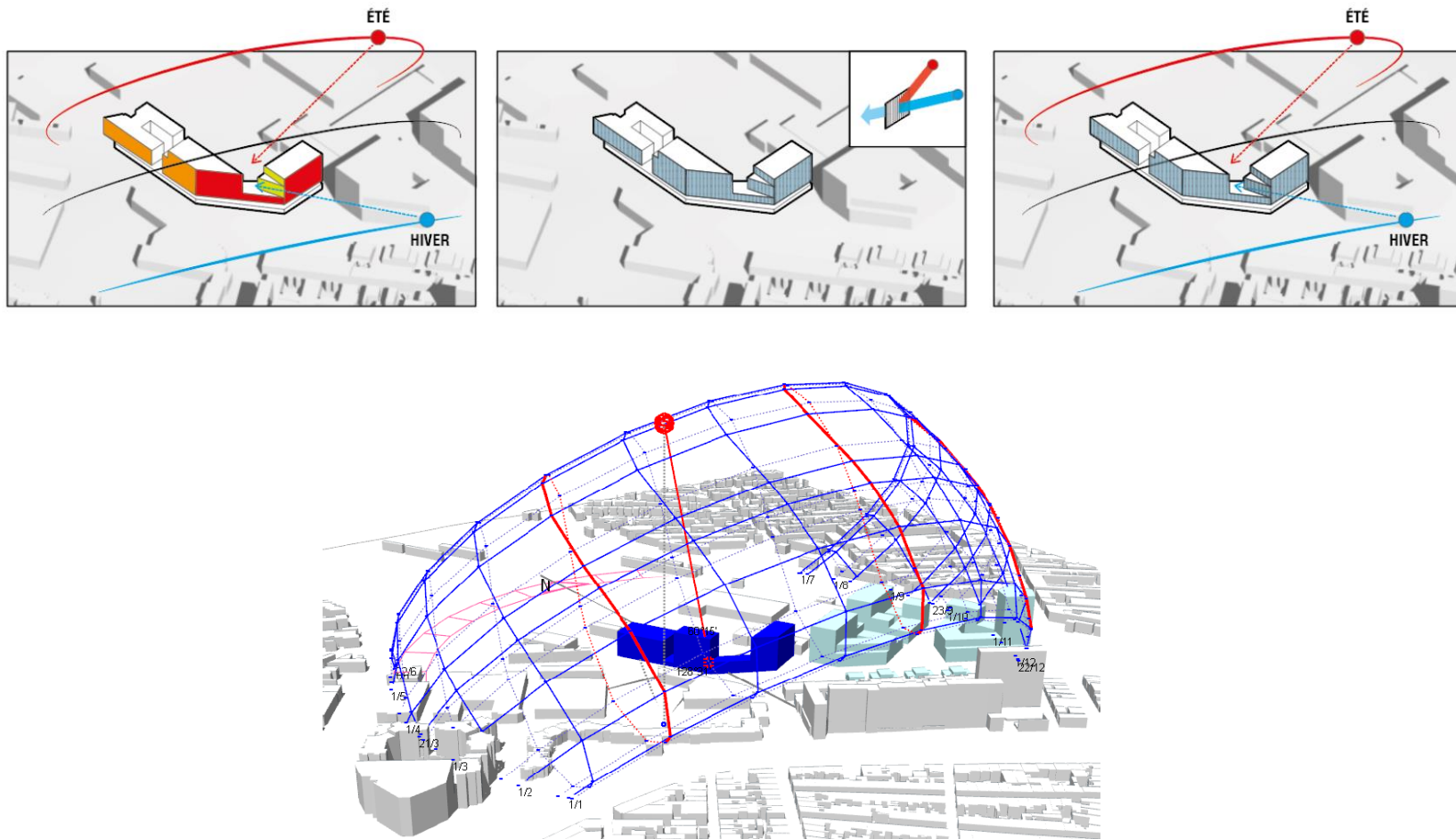
2/ EXEMPLES D'OPTIMISATION

Projet 1 : Toulouse – Stratégie bioclimatique



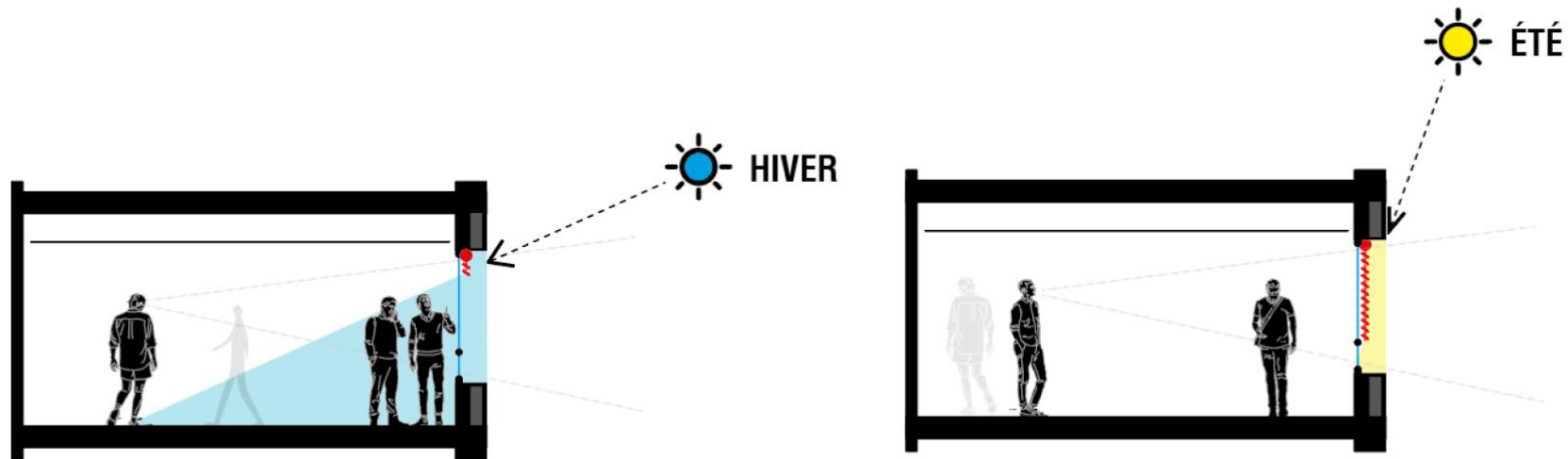
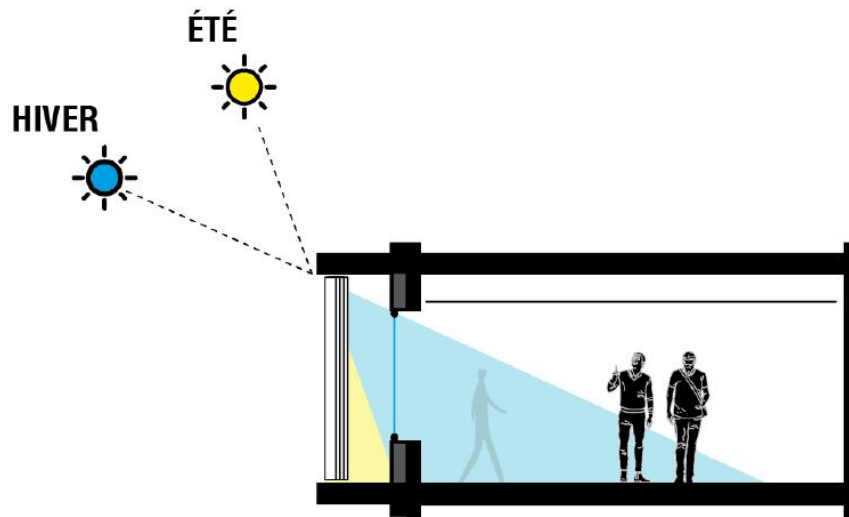
2/ EXEMPLES D'OPTIMISATION

Projet 1 : Toulouse – Stratégie bioclimatique



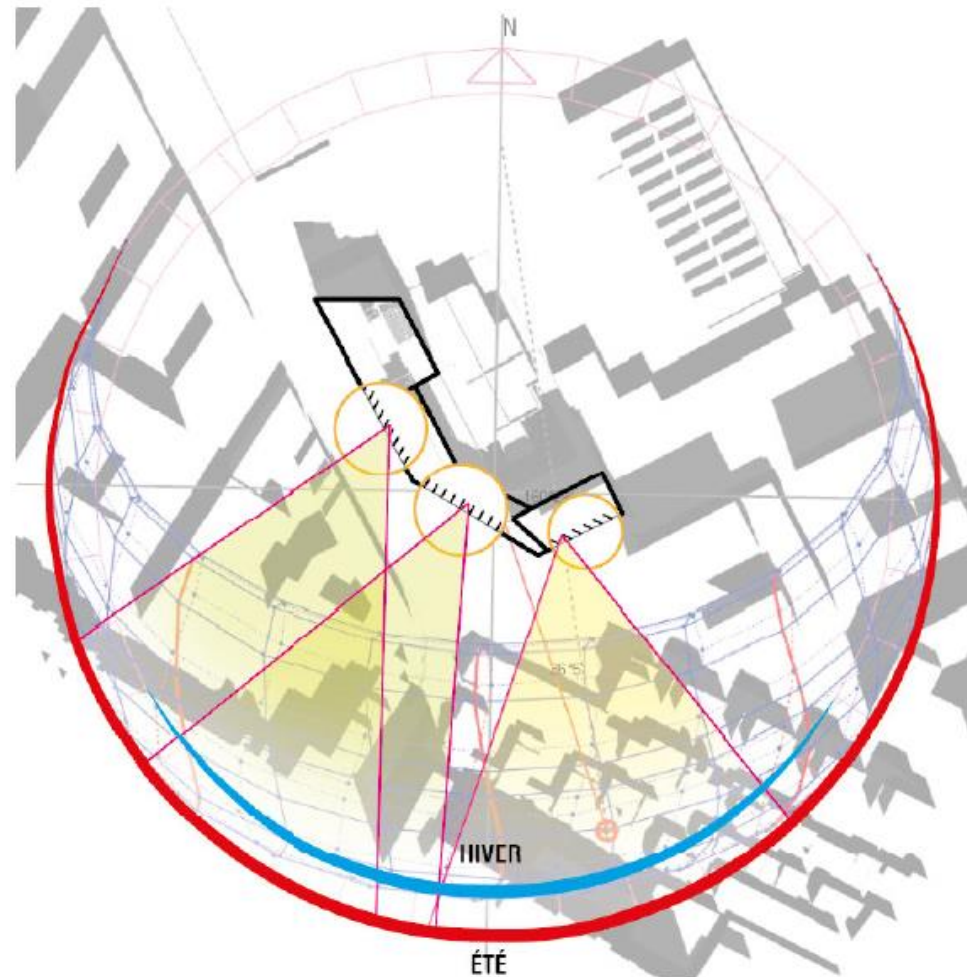
2/ EXEMPLES D'OPTIMISATION

Projet 1 : Toulouse – Stratégie bioclimatique



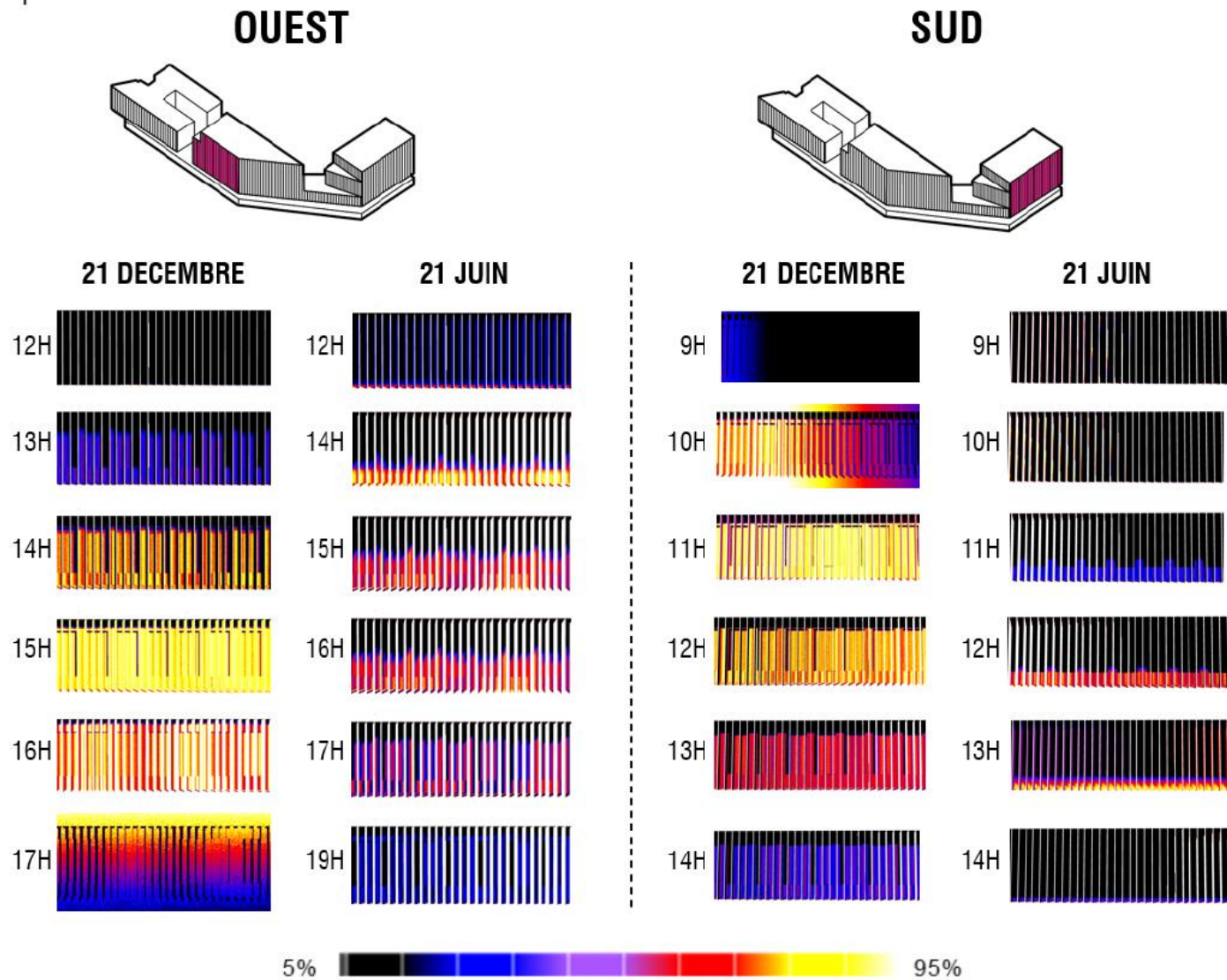
2/ EXEMPLES D'OPTIMISATION

Projet 1 : Toulouse – Stratégie bioclimatique



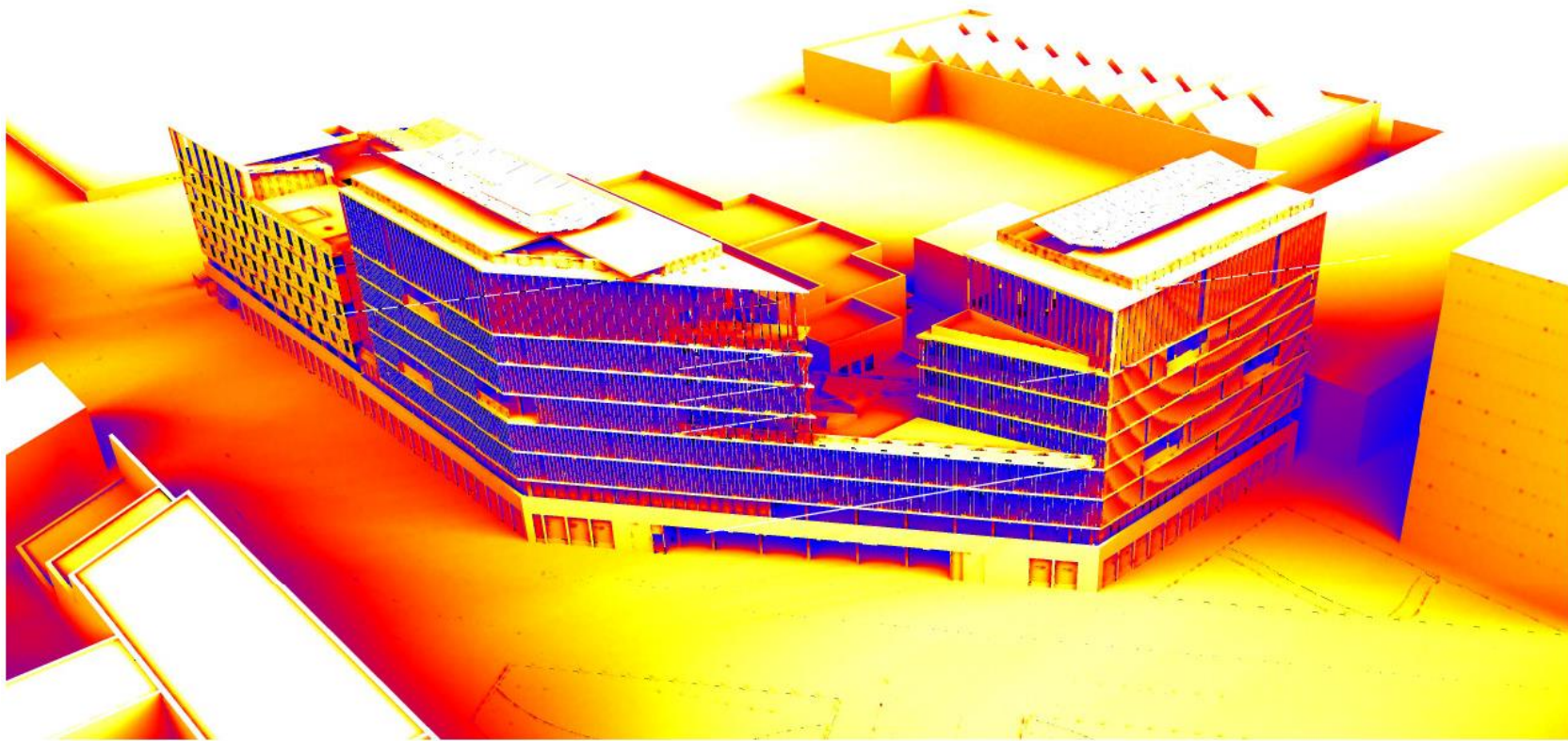
2/ EXEMPLES D'OPTIMISATION

Projet 1 : Toulouse – Stratégie bioclimatique



2/ EXEMPLES D'OPTIMISATION

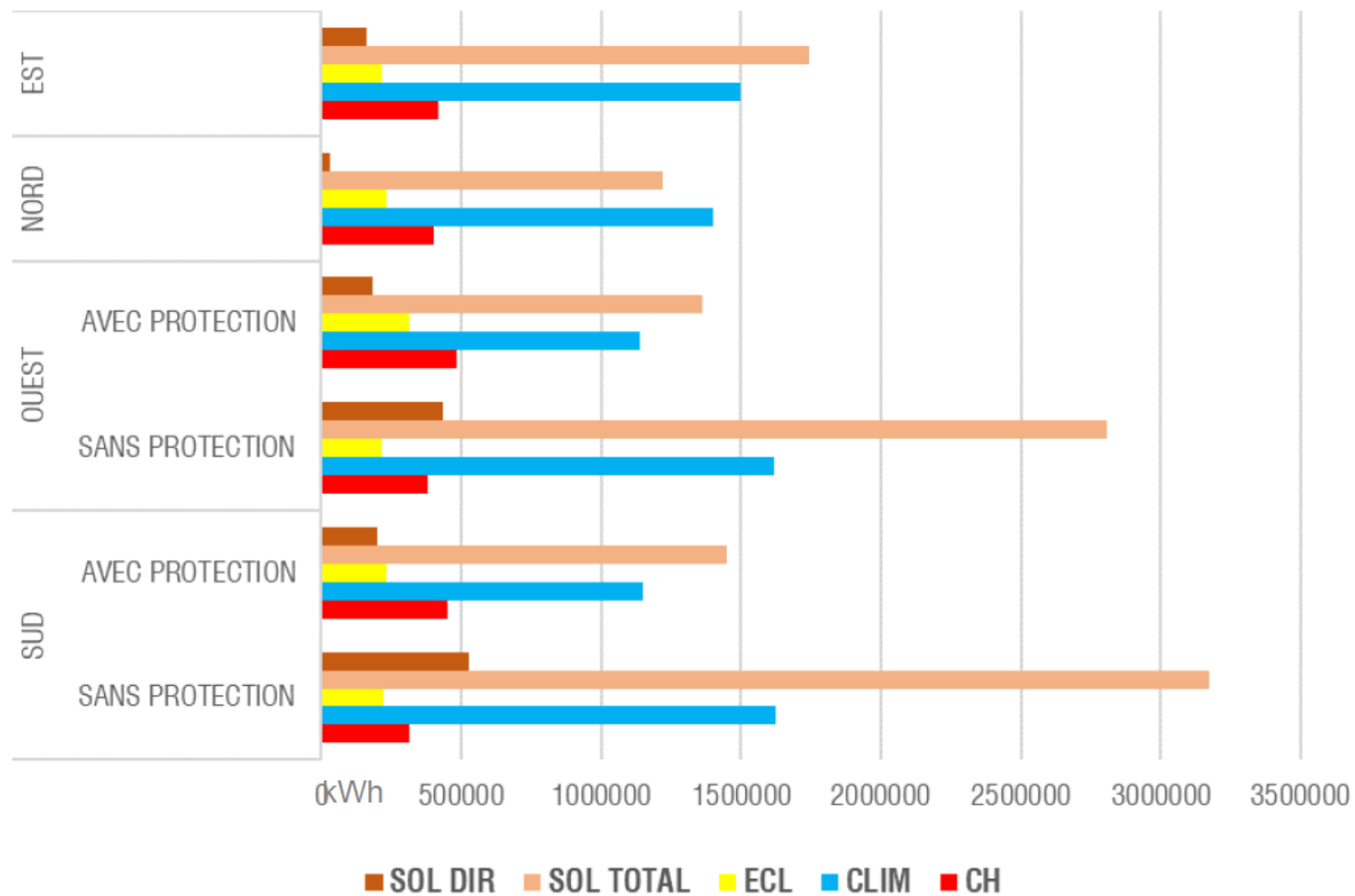
Projet 1 : Toulouse – Étude d'exposition solaire annuelle



5%  95%

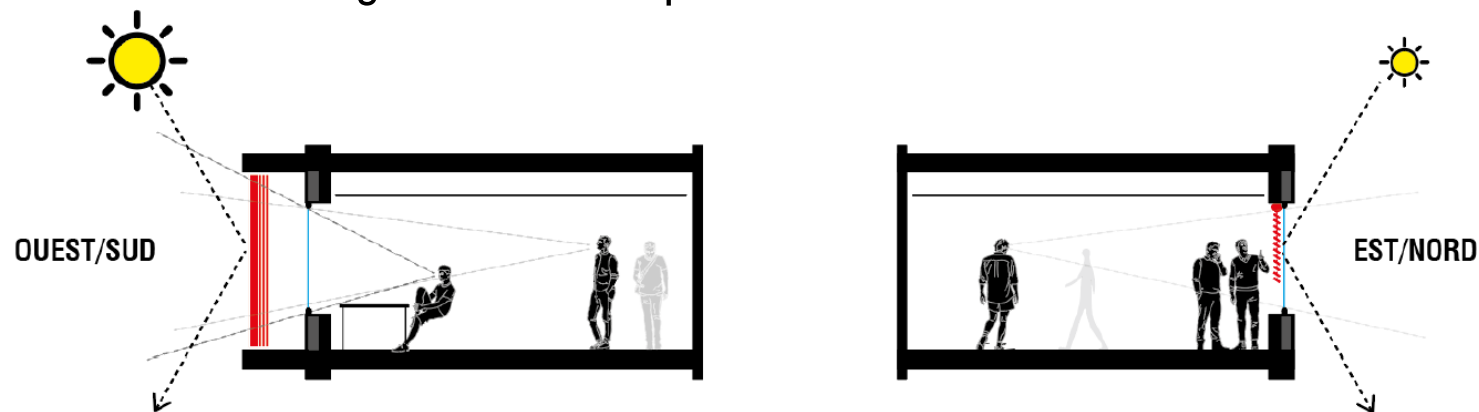
2/ EXEMPLES D'OPTIMISATION

Projet 1 : Toulouse – Étude d'exposition solaire des baies

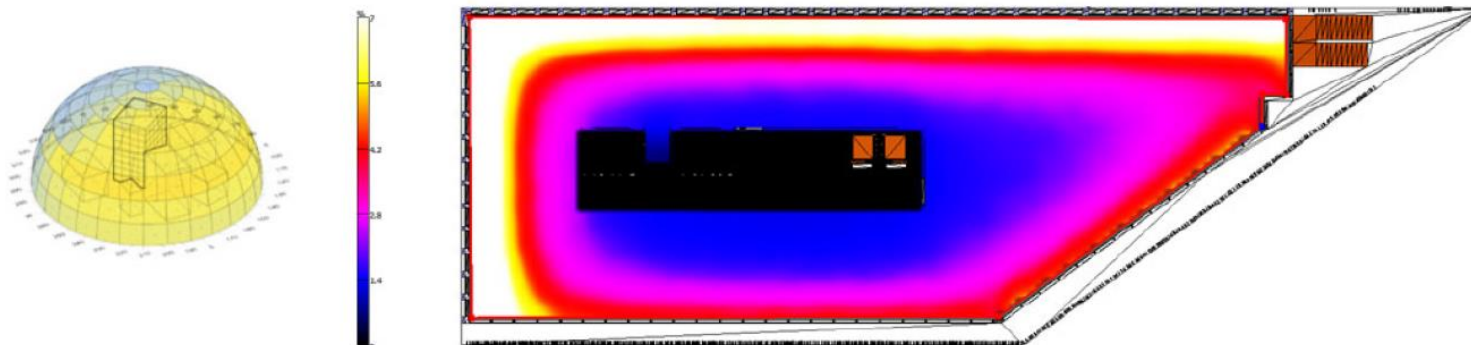


2/ EXEMPLES D'OPTIMISATION

Projet 1 : Toulouse – Étude réglementaire de pénétration de la lumière

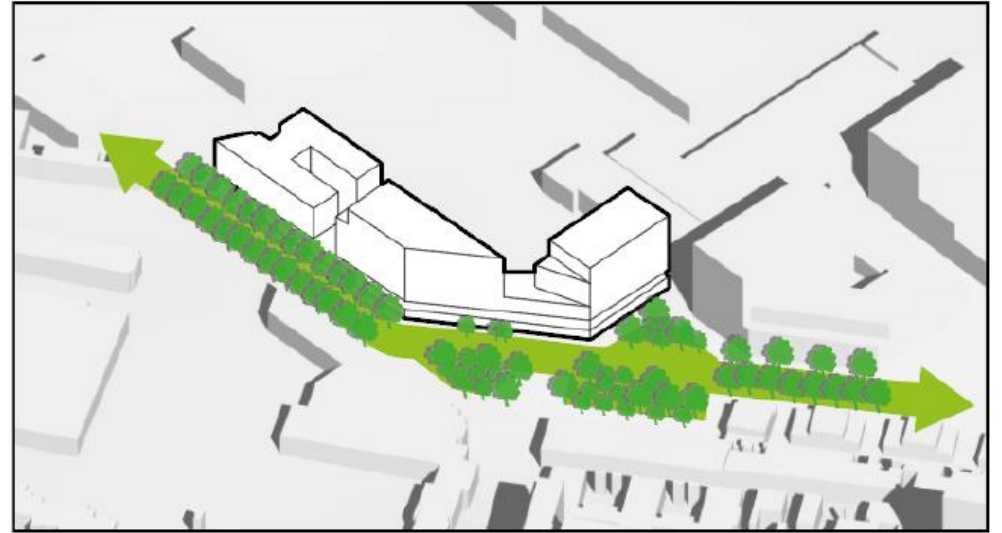
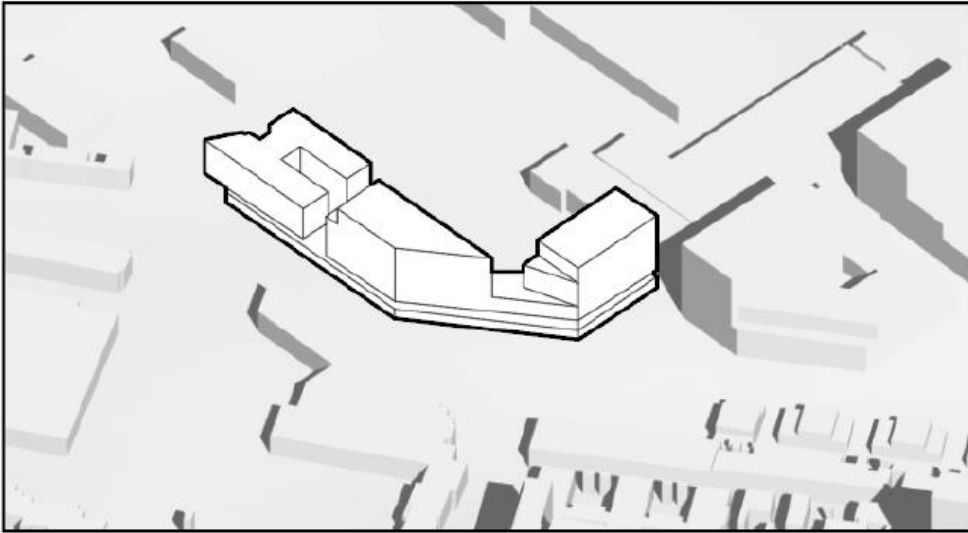


Localisation		HQE		BREEAM					
		ALJ		FLJ					
		sur 80% de la surface	Classe	FLJ Min	FLJ Moy	FLJ Max	UNI	FLJ OK	UNI OK
Bioclimatique	O	46,2%	B	0,4%	1,7%	3,0%	0,3	Oui	Oui
SNCF	E	39,2%	C	0,6%	2,1%	7,2%	0,3	Oui	Oui
SNCF	N	30,6%	C	0,6%	2,1%	7,0%	0,3	Oui	Oui
Bioclimatique	S	49,7%	B	0,5%	1,7%	3,4%	0,3	Oui	Oui



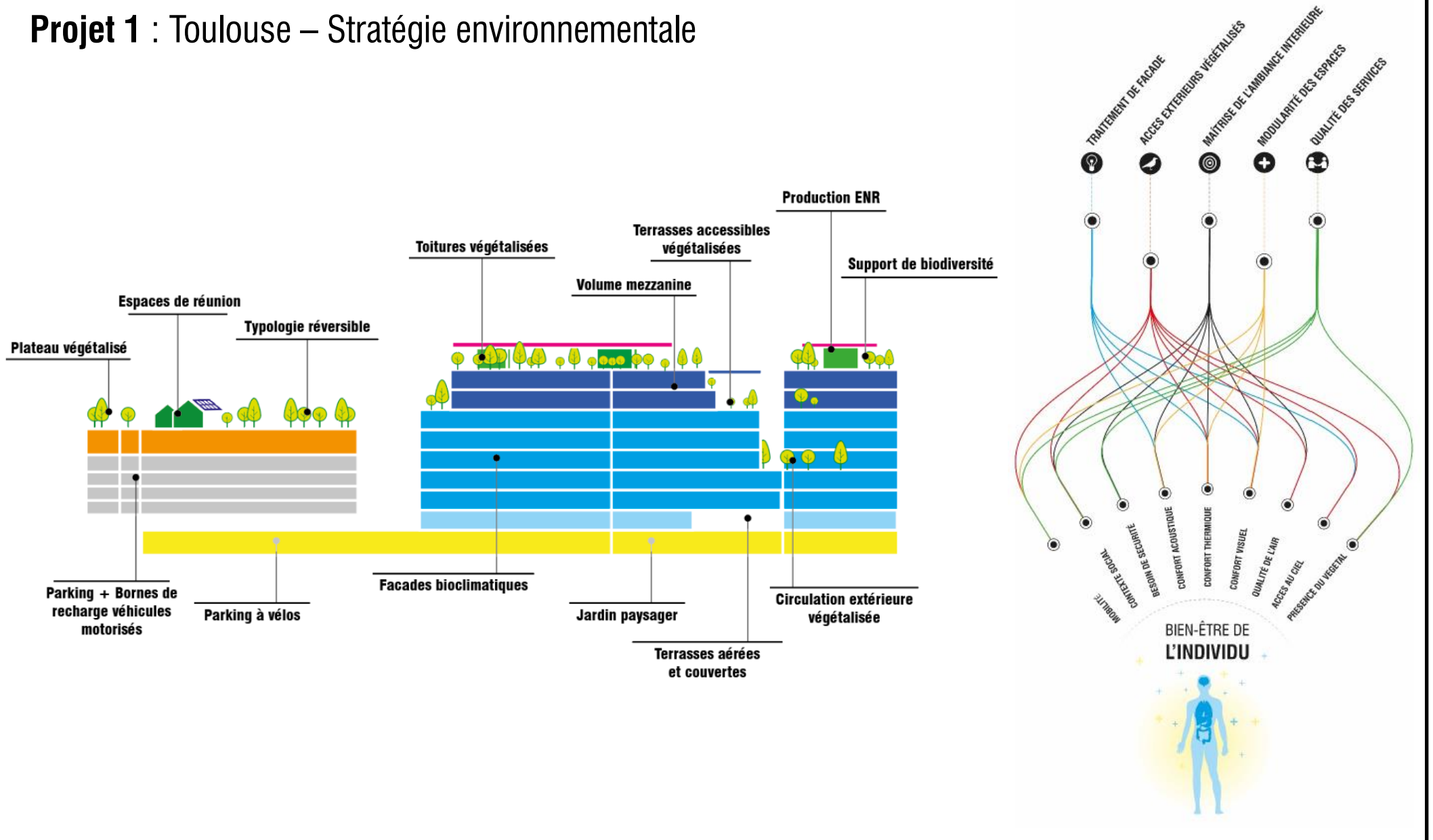
2/ EXEMPLES D'OPTIMISATION

Projet 1 : Toulouse – Stratégie de déploiement de la végétation



2/ EXEMPLES D'OPTIMISATION

Projet 1 : Toulouse – Stratégie environnementale









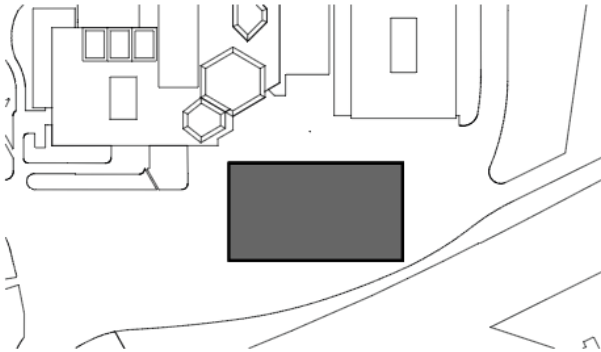
PROJET 2

UNIL
Lausanne

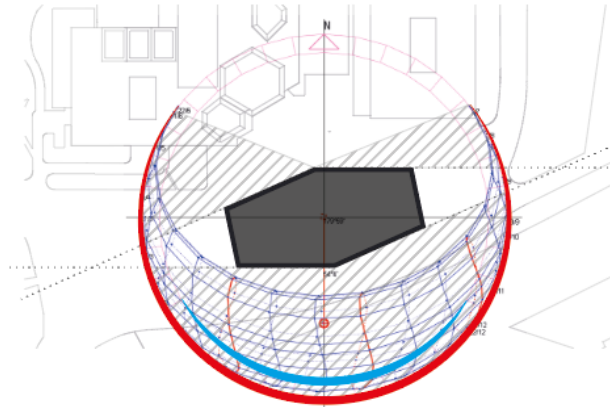
2/ EXEMPLES D'OPTIMISATION

Projet 2 : Lausanne – Stratégie morphologique

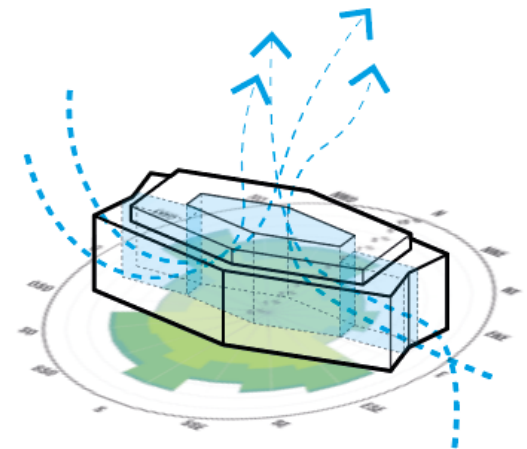
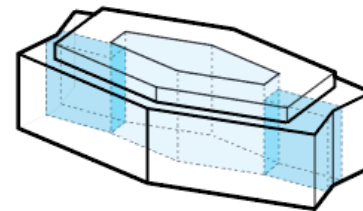
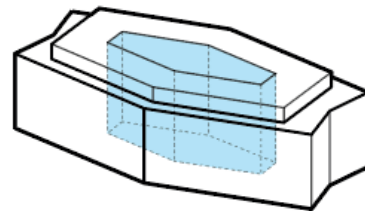
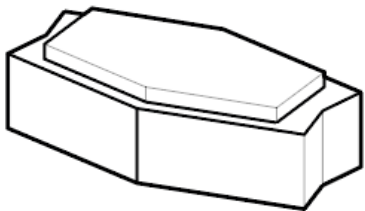
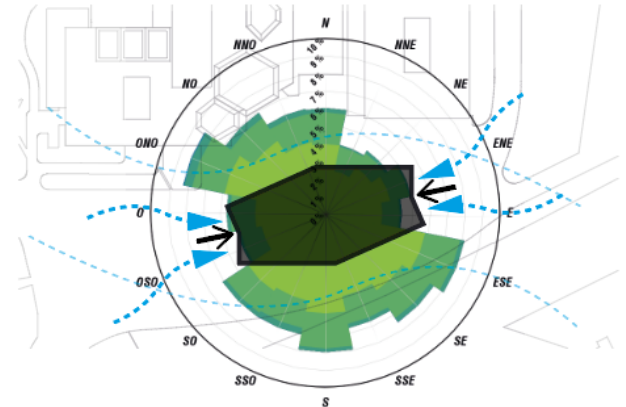
EMPRISE



SOLARISATION

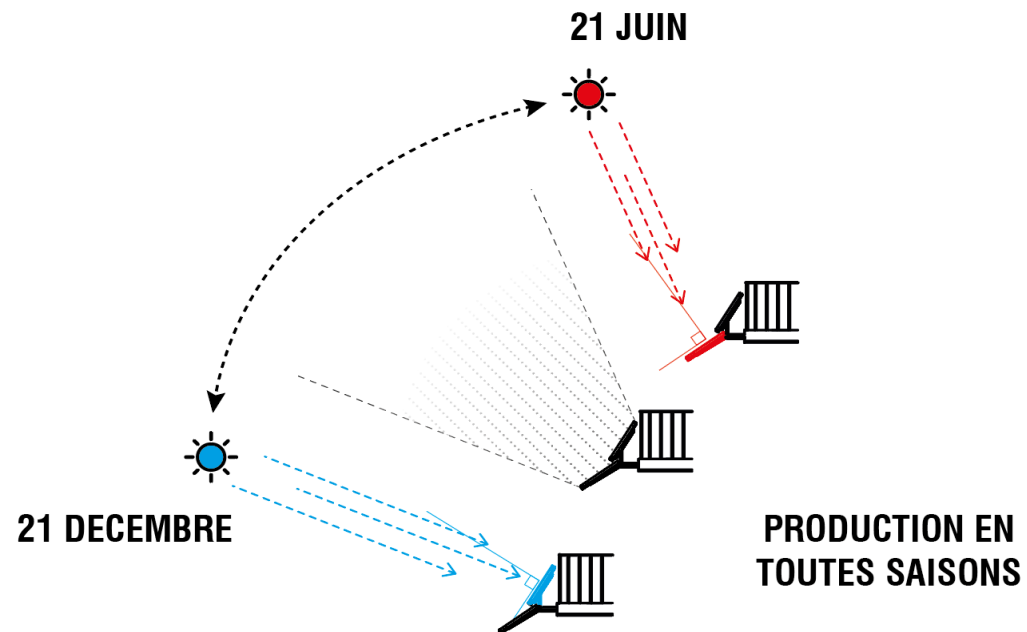
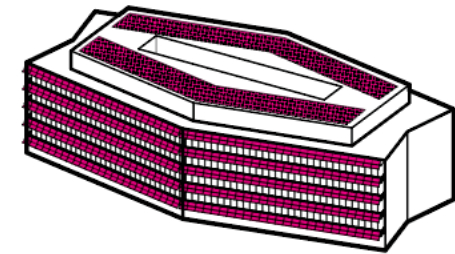
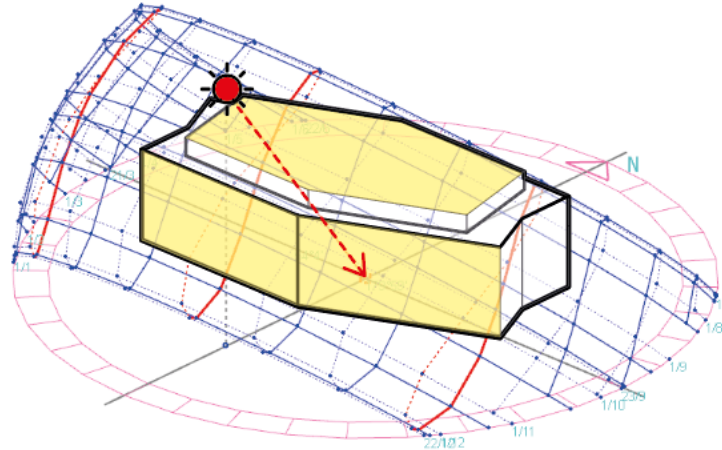
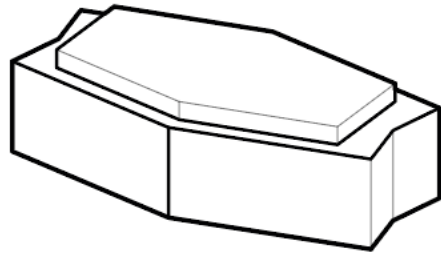


AERAILIQUE



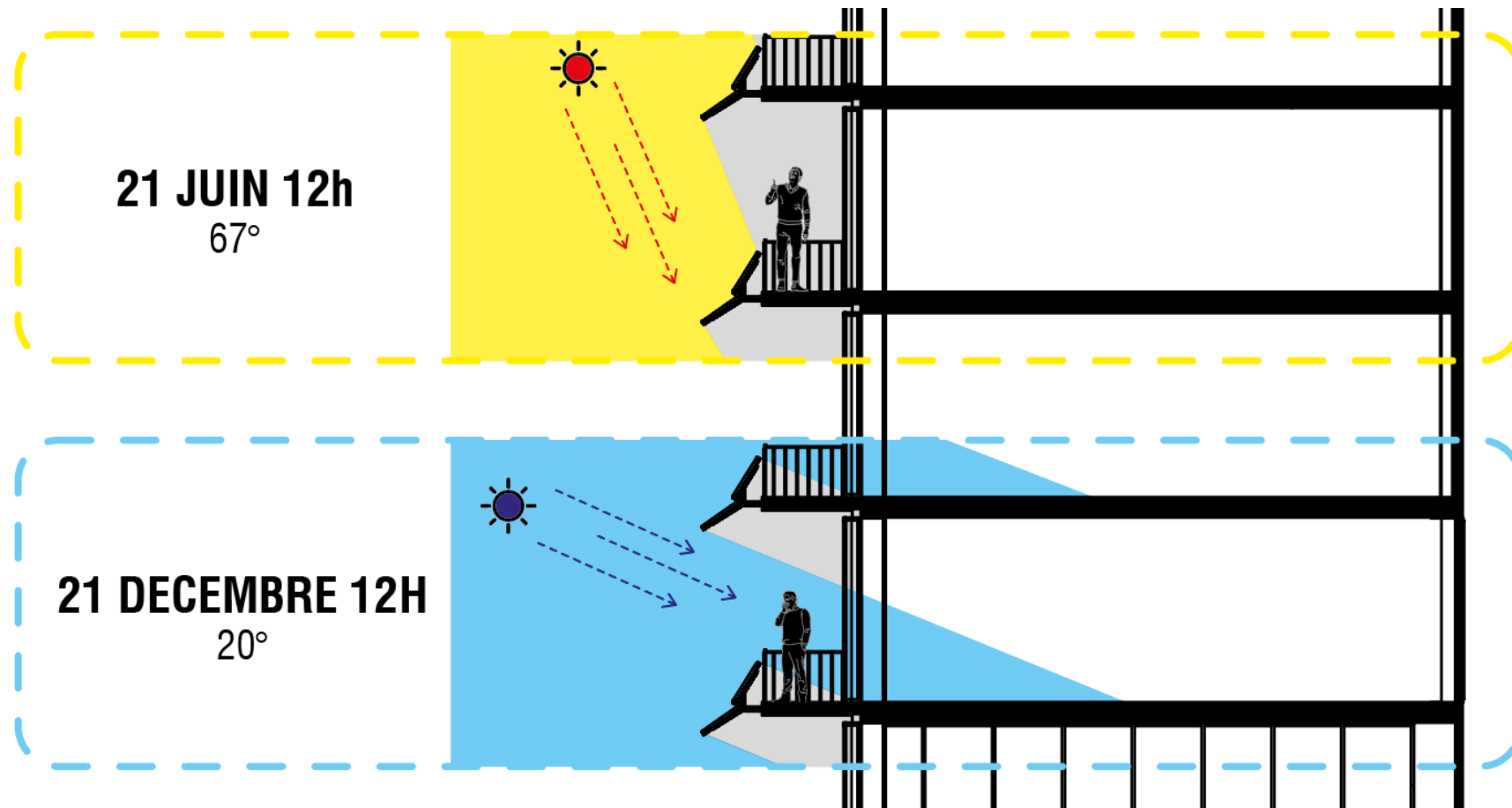
2/ EXEMPLES D'OPTIMISATION

Projet 2 : Lausanne – Stratégie bioclimatique productrice



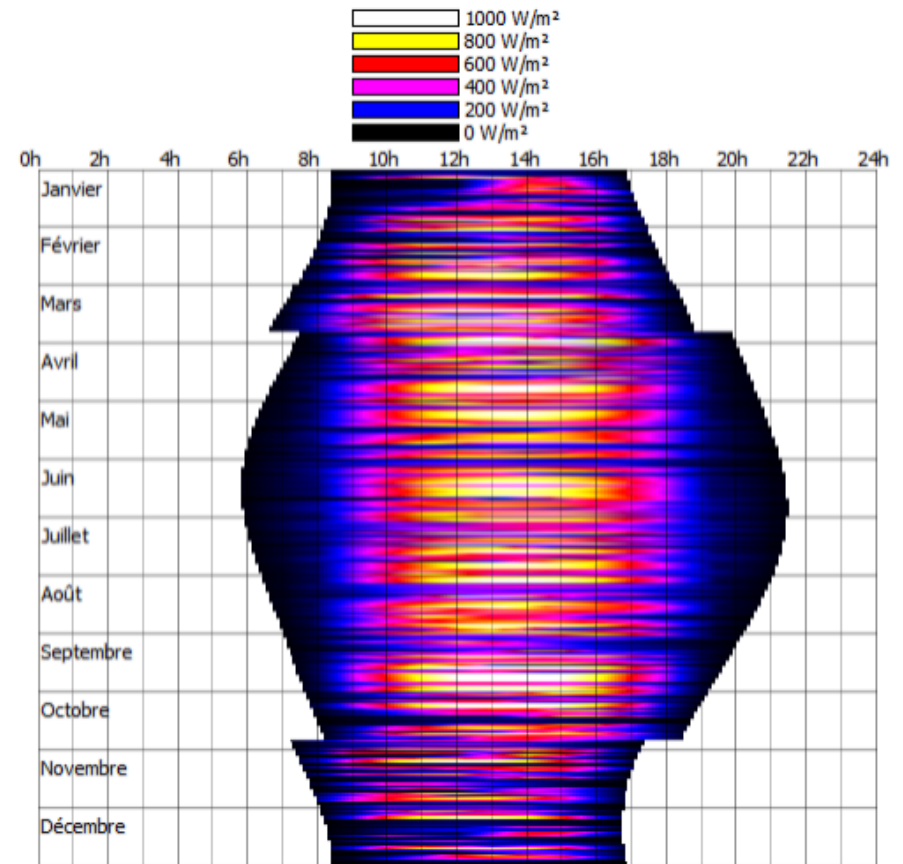
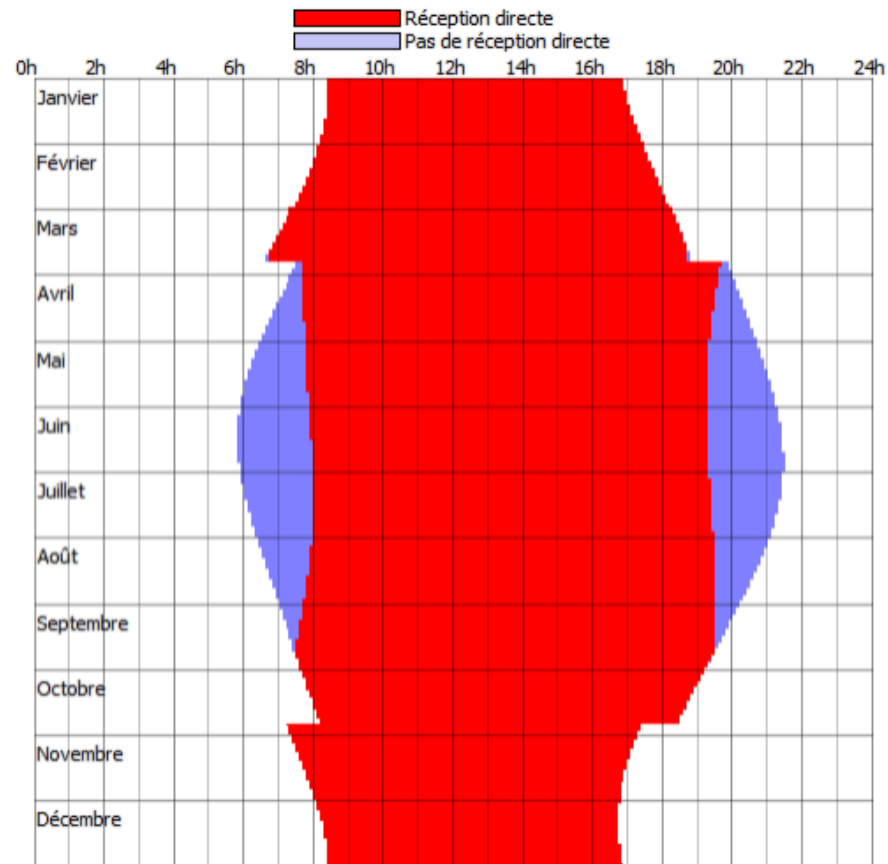
2/ EXEMPLES D'OPTIMISATION

Projet 2 : Lausanne – Stratégie bioclimatique productrice



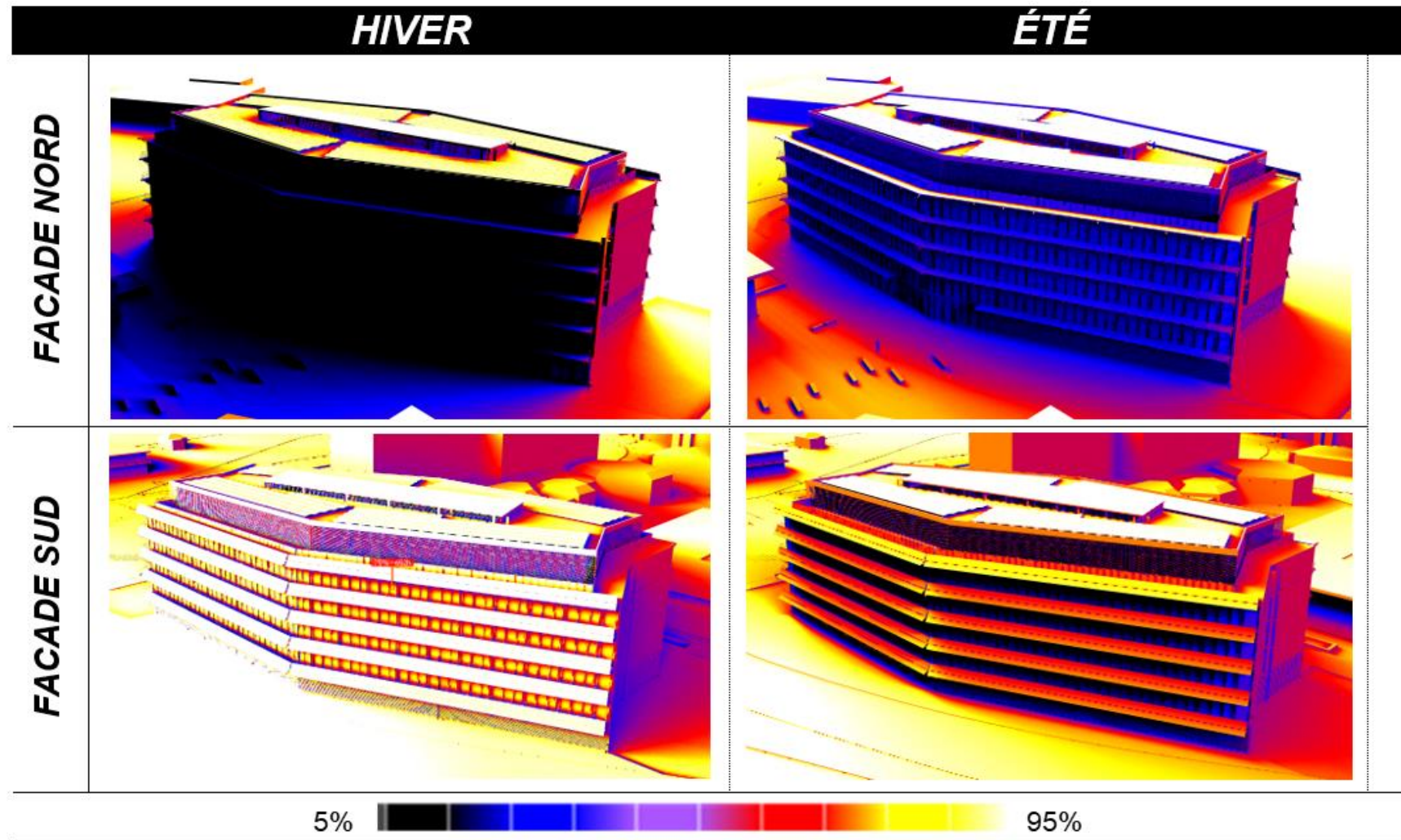
2/ EXEMPLES D'OPTIMISATION

Projet 2 : Lausanne – Étude d'exposition solaire Sud



2/ EXEMPLES D'OPTIMISATION

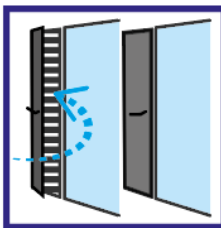
Projet 2 : Lausanne – Étude d'exposition solaire



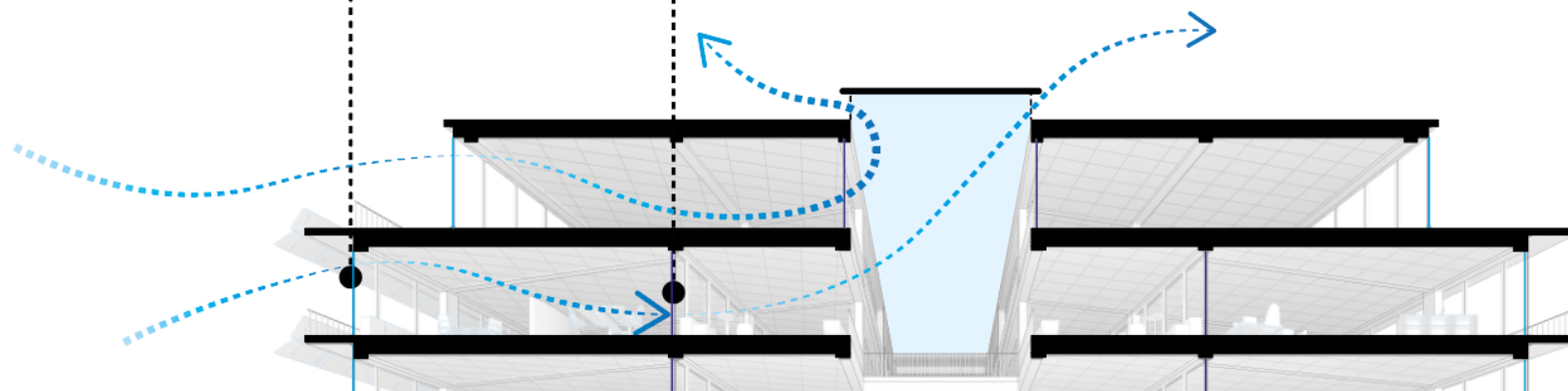
2/ EXEMPLES D'OPTIMISATION

Projet 2 : Lausanne – Stratégie de renouvellement d'air de l'atrium

- MENUISERIE BOIS
- TRIPLE VITRAGE SOLAIRE
- OUVERTURE POUR VENTILATION

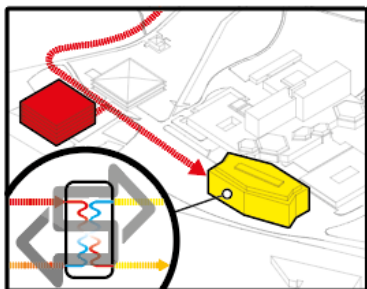


- MENUISERIE BOIS
- DOUBLE VITRAGE ACOUSTIQUE
- CAISSON D'OUVERTURE POUR VENTILATION TRAVERSANTE



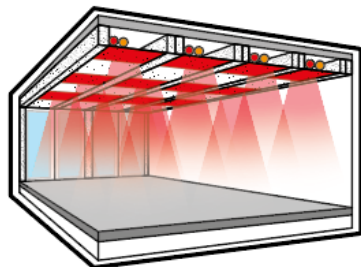
PRODUCTION

PAR RACCORDEMENT AU RESEAU DE CHALEUR



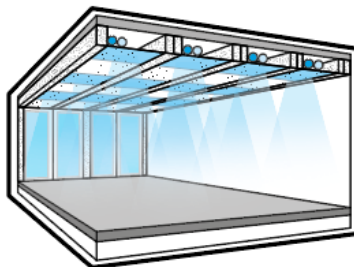
CHAUFFAGE

PAR PLAFONDS RAYONNANTS



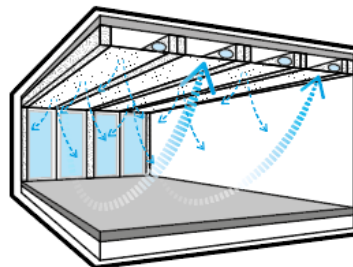
RAFRAICHISSEMENT

POSSIBLE PAR BOUCLE D'EAU TEMPERÉE



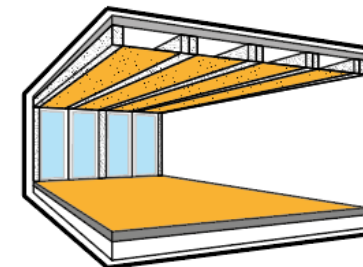
RENOUVELLEMENT D'AIR

DOUBLE-FLUX AVEC RECUPERATION D'ENERGIE



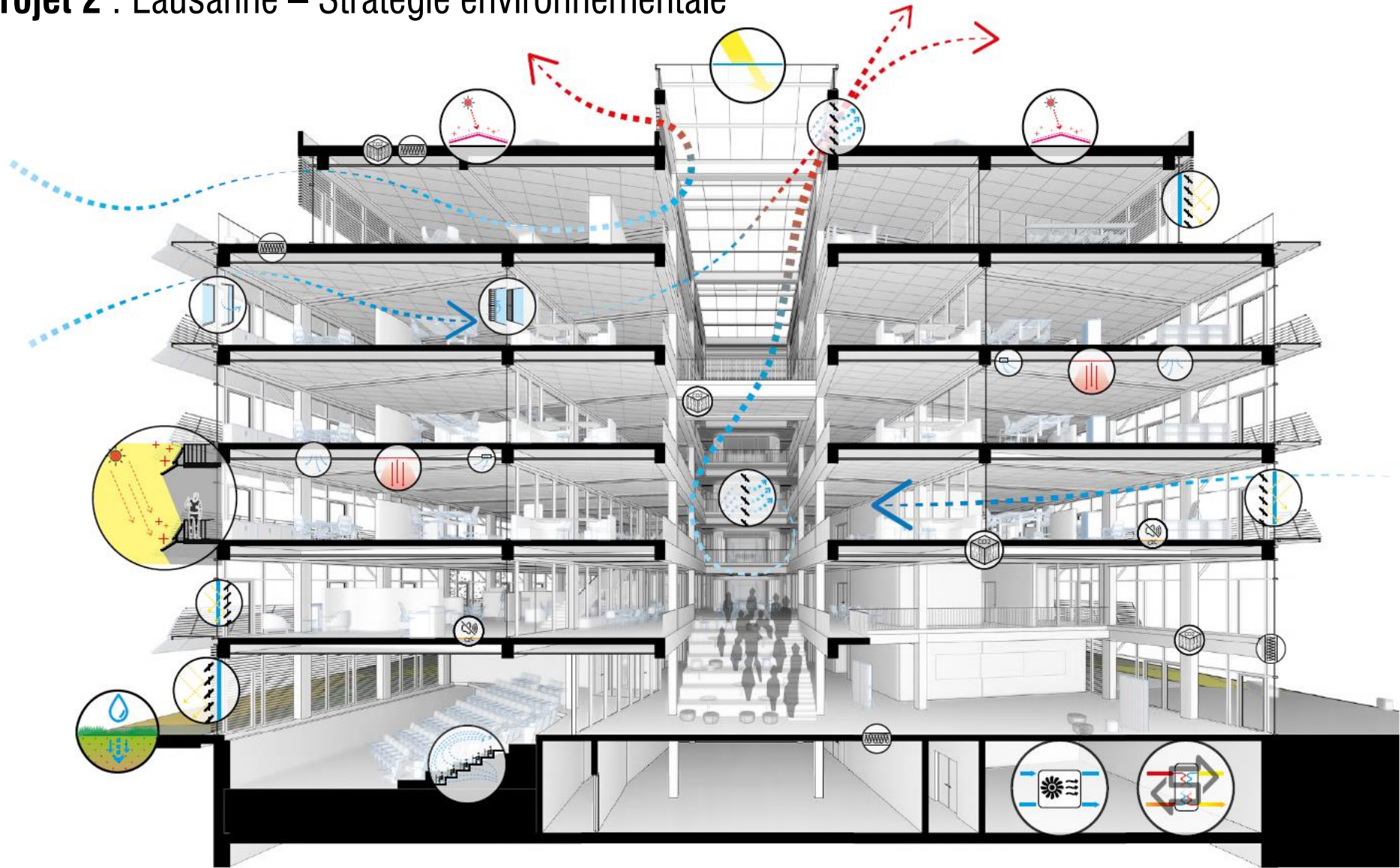
ACOUSTIQUE

REVÊTEMENTS ABSORBANTS



2/ EXEMPLES D'OPTIMISATION

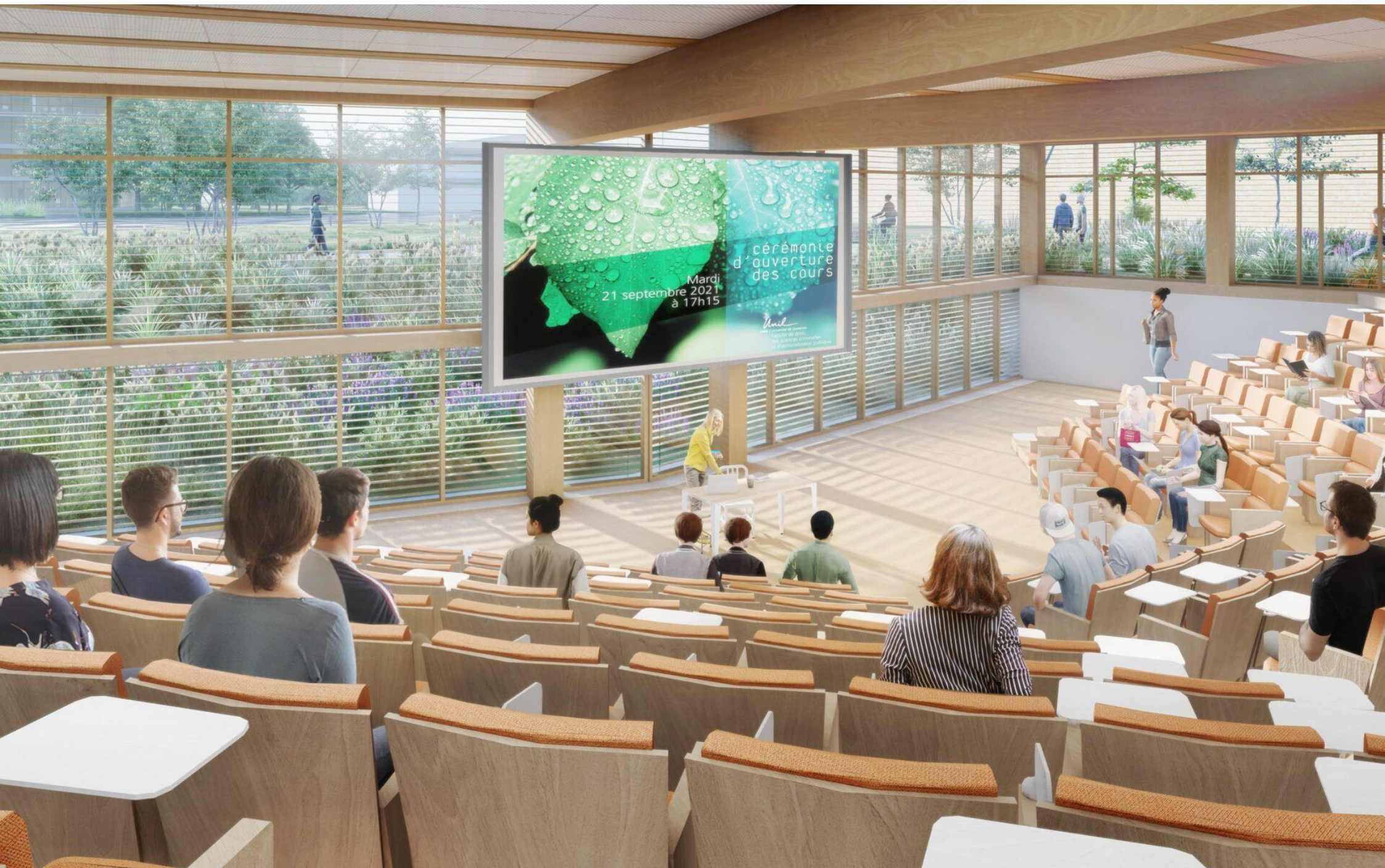
Projet 2 : Lausanne – Stratégie environnementale











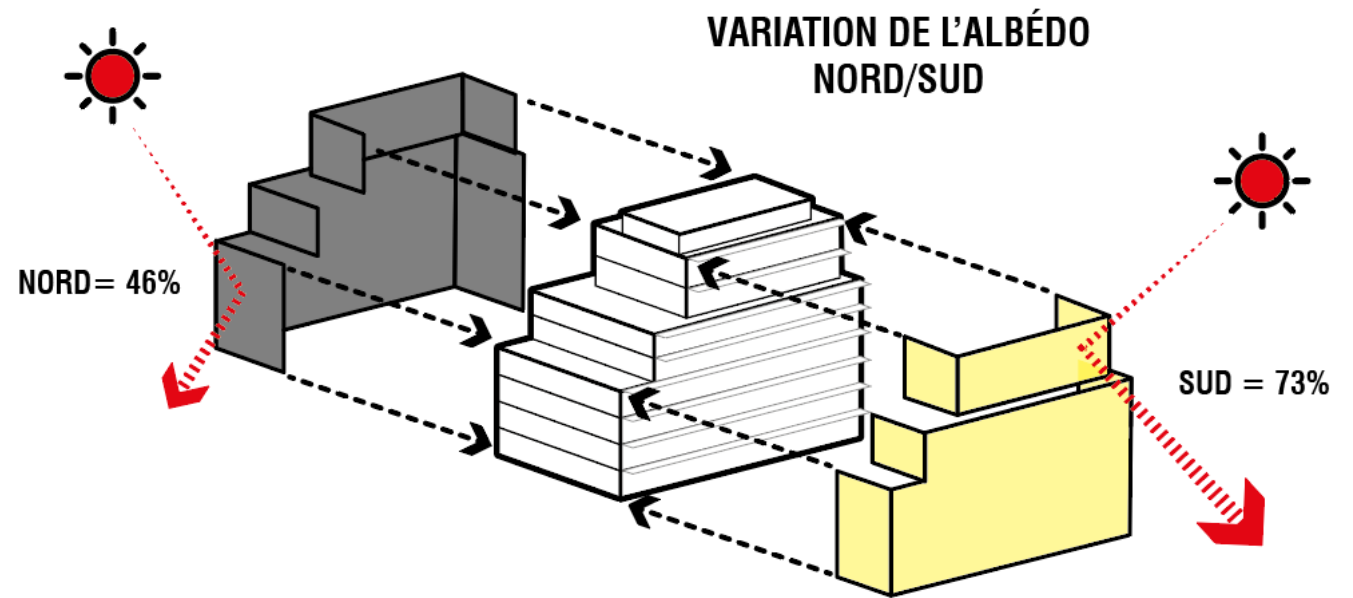
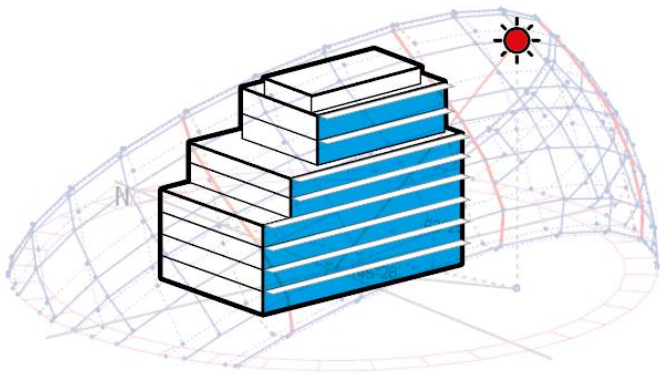
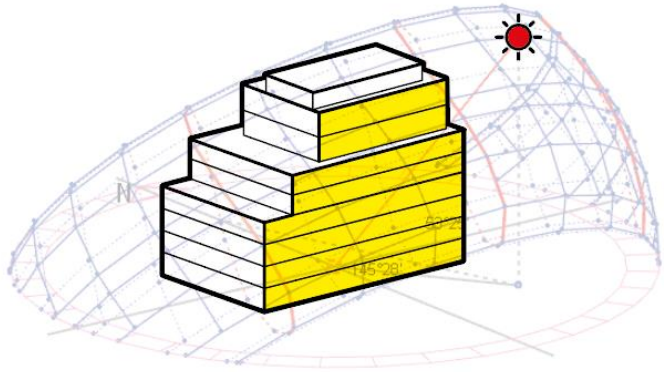
PROJET 3

Campus 2

Dijon (21)

2/ EXEMPLES D'OPTIMISATION

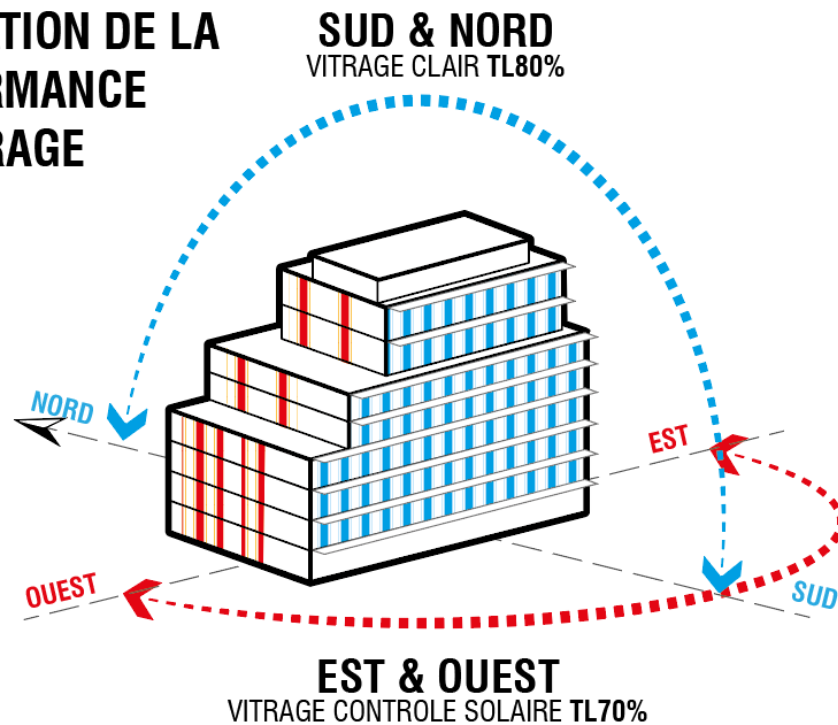
Projet 4 : Campus 2 - Dijon (21) –



2/ EXEMPLES D'OPTIMISATION

Projet 4 : Campus 2 - Dijon (21) –

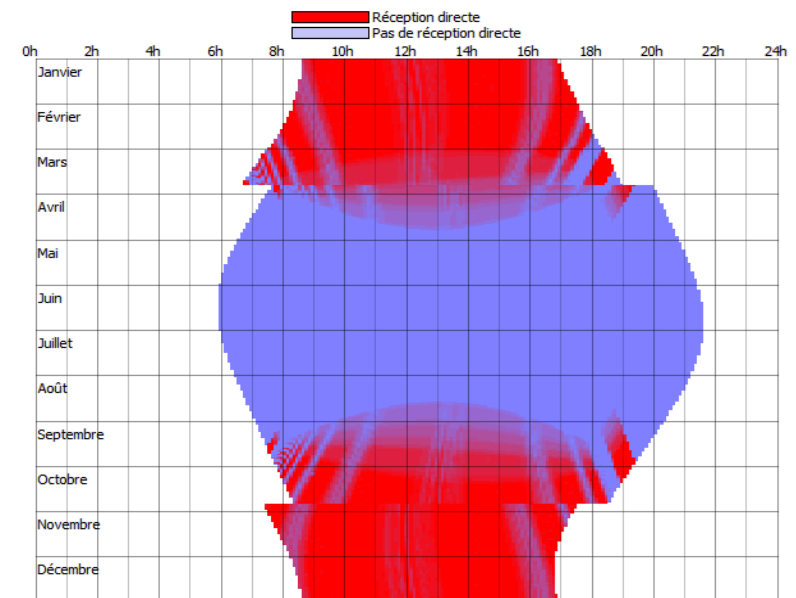
ADAPTATION DE LA PERFORMANCE DU VITRAGE



Double et triple vitrage avec PLANITHERM® XN

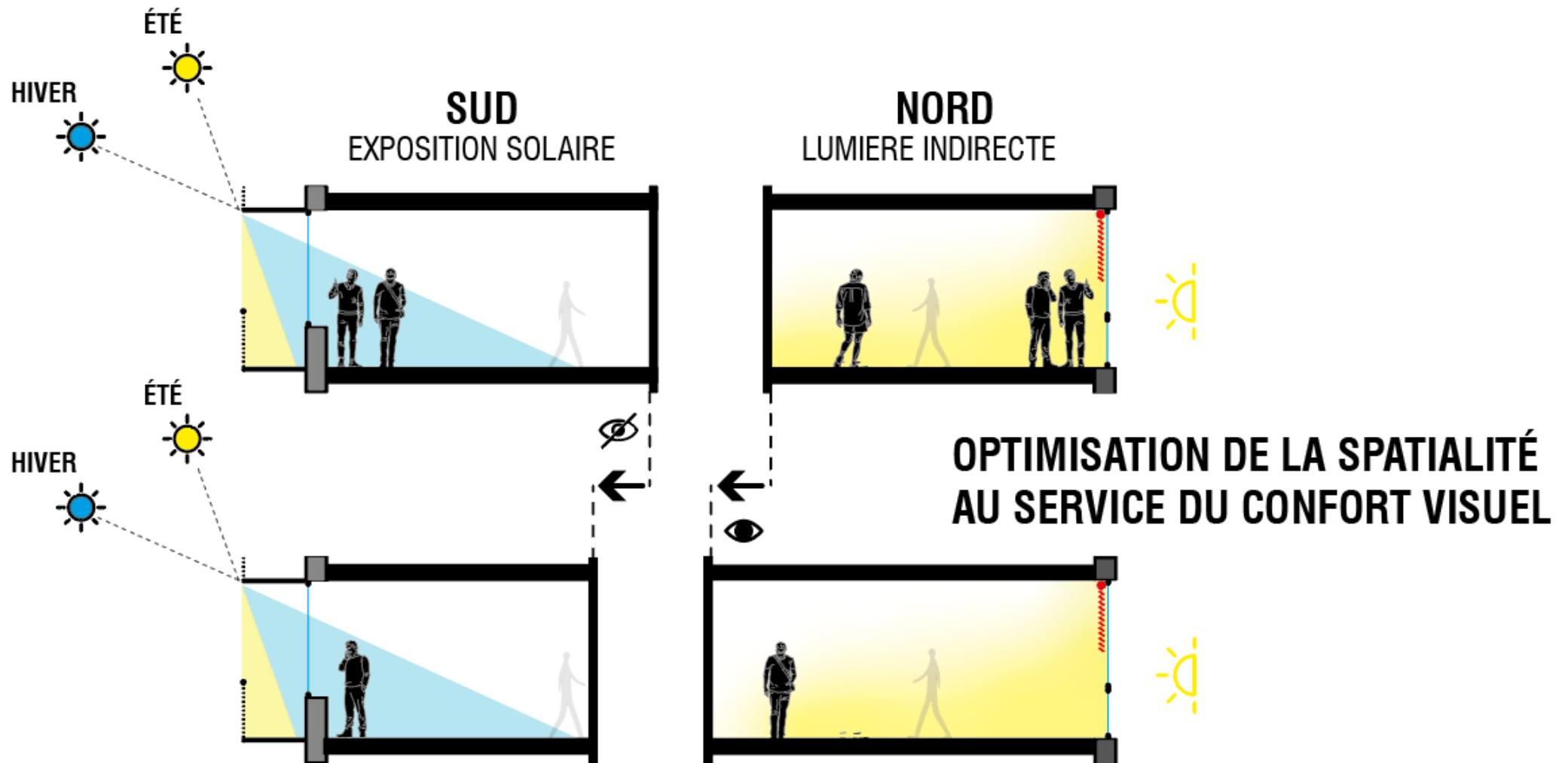
Composition (mm)	Gaz de remplissage	Valeur U_g W/(m ² .K)	Transmission lumineuse (%)	Facteur solaire	Réflexion lumineuse (%)
4/16/*4	Argon > 90 %	1,1	82	0,65	12

Verre extérieur		PLANISTAR® SUN	BIOCLEAN® PLANISTAR® SUN
Transmission lumineuse	TL (%)	72	68
Réflexion lumineuse extérieure	RL _{ext} (%)	14	17
Facteur solaire	g	0,38	0,36
Coefficient de transmission thermique	U_g (W/m ² .K)	1,0	1,0



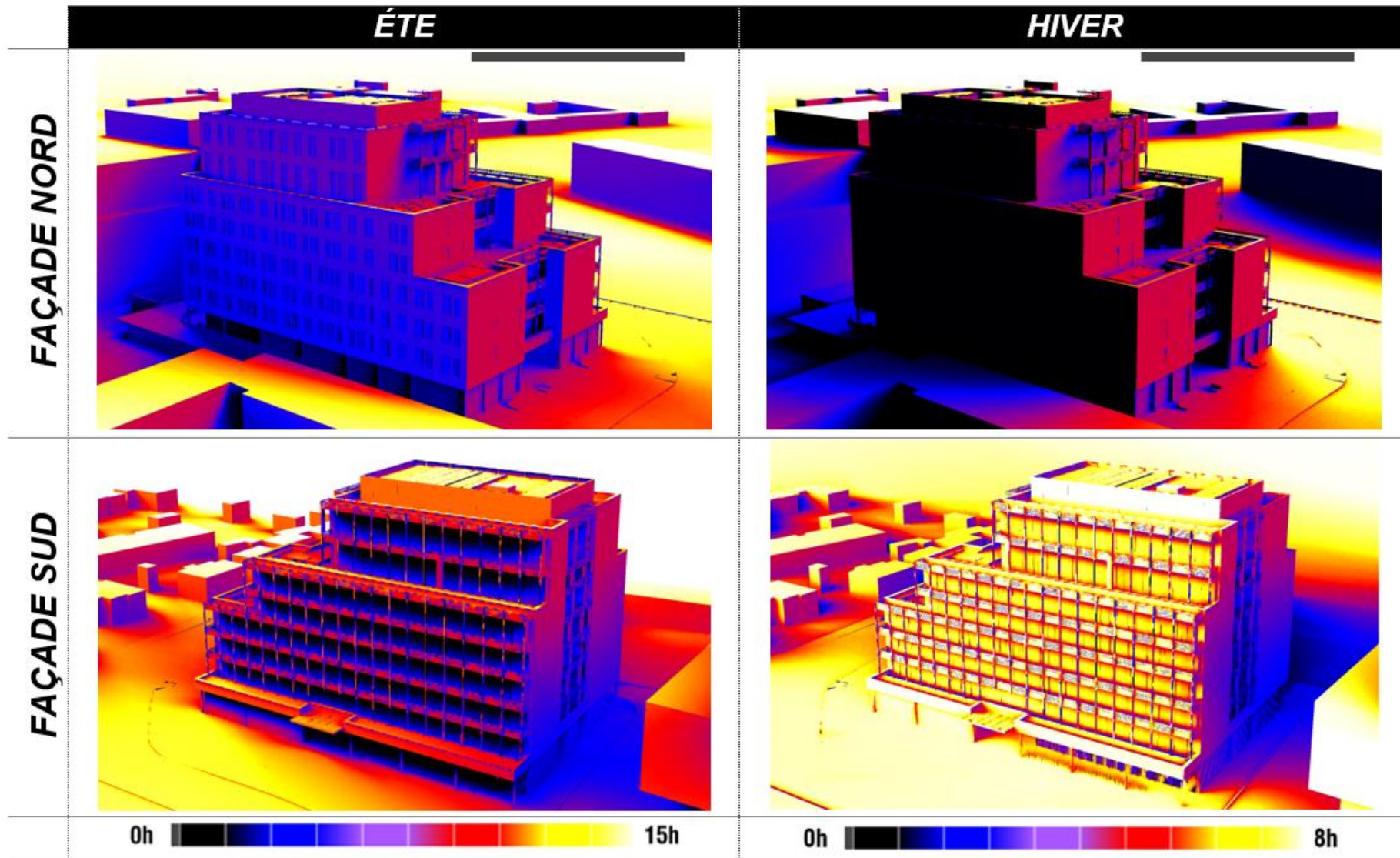
2/ EXEMPLES D'OPTIMISATION

Projet 4 : Campus 2 - Dijon (21) –



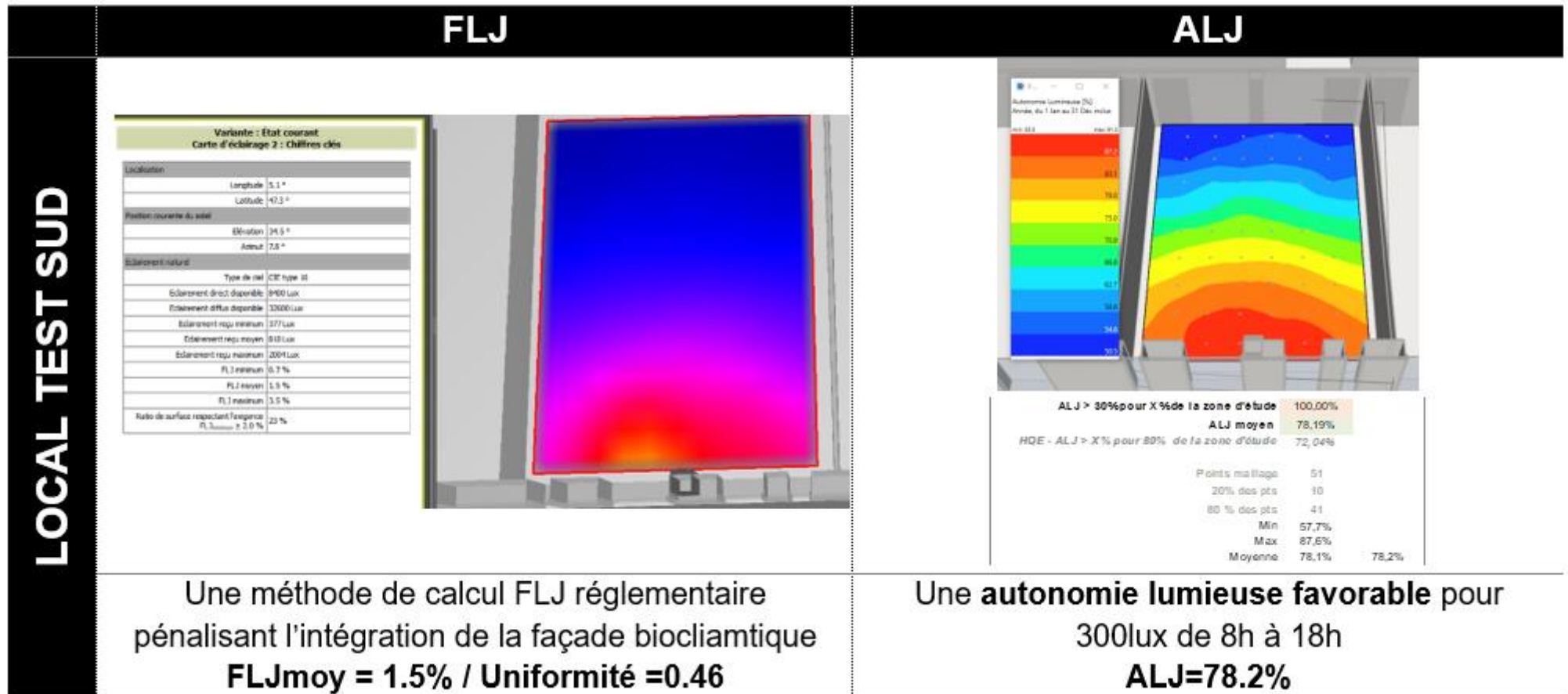
2/ EXEMPLES D'OPTIMISATION

Projet 4 : Campus 2 - Dijon (21) –



2/ EXEMPLES D'OPTIMISATION

Projet 4 : Campus 2 - Dijon (21) –

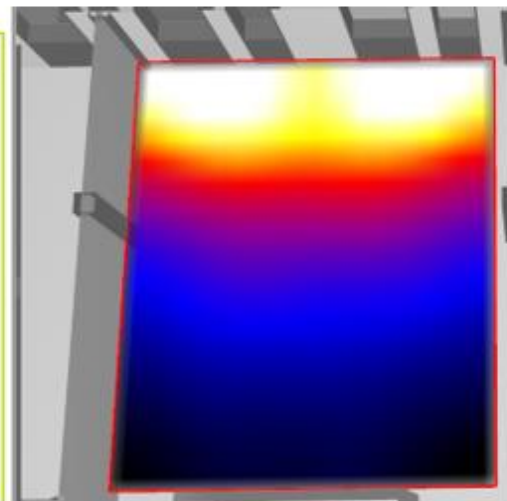


2/ EXEMPLES D'OPTIMISATION

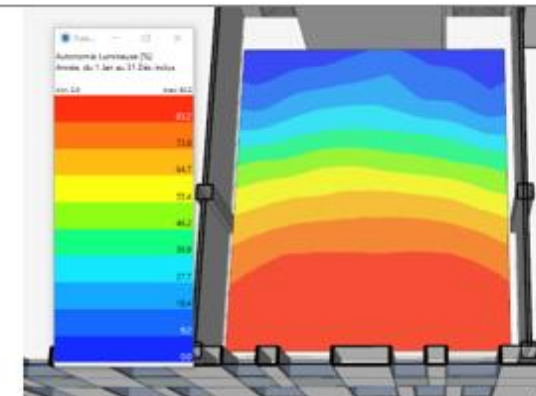
Projet 4 : Campus 2 - Dijon (21) –

LOCAL TEST NORD

Variante : Etat courant	
Carte d'éclairage 1 : Chiffres clés	
Localisation	
Longitude	5.5 °
Latitude	47.3 °
Position courante du soleil	
Elevation	34.5 °
Azmut	1.8 °
Eclairement naturel	
Type de ciel	CIE type 1b
Eclairement direct disponible	8400 Lux
Eclairement diffus disponible	12800 Lux
Eclairement requis minimum	1277 Lux
Eclairement reçu moyen	885 Lux
Eclairement reçu maximum	1079 Lux
PLJ minimum	1.0 %
PLJ moyen	2.6 %
PLJ maximum	6.2 %
Ratio de surface respectant l'exigence	53 %
PLJ minimum R 2.0 %	



Une méthode de calcul FLJ réglementaire qui valorise les ouvertures en façade nord
FLJmoy = 2.6% / Uniformité = 0.38



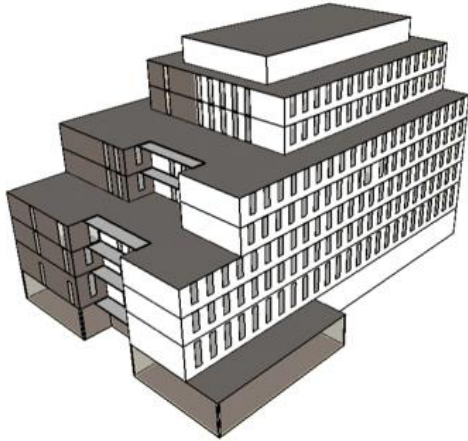
ALJ > 30% pour X% de la zone d'étude	73,19%
ALJ moyen	56,45%
HQE - ALJ > X% pour 80% de la zone d'étude	25,54%
Points maillage	72
20% des pts	14
80 % des pts	58
Min	5,8%
Max	92,5%
Moyenne	56,9%
	56,4%

Une **autonomie lumineuse ALJ=56.4%**
pour 300lux de 8h à 18h

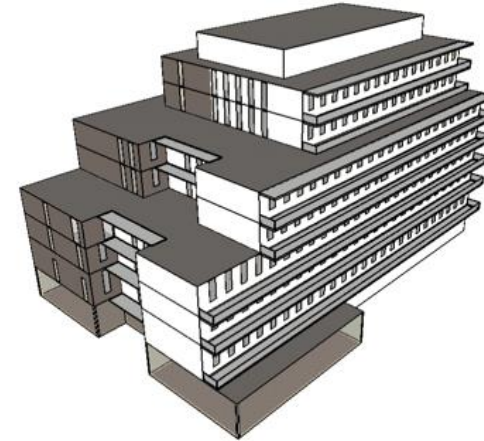
2/ EXEMPLES D'OPTIMISATION

Projet 4 : Campus 2 - Dijon (21) –

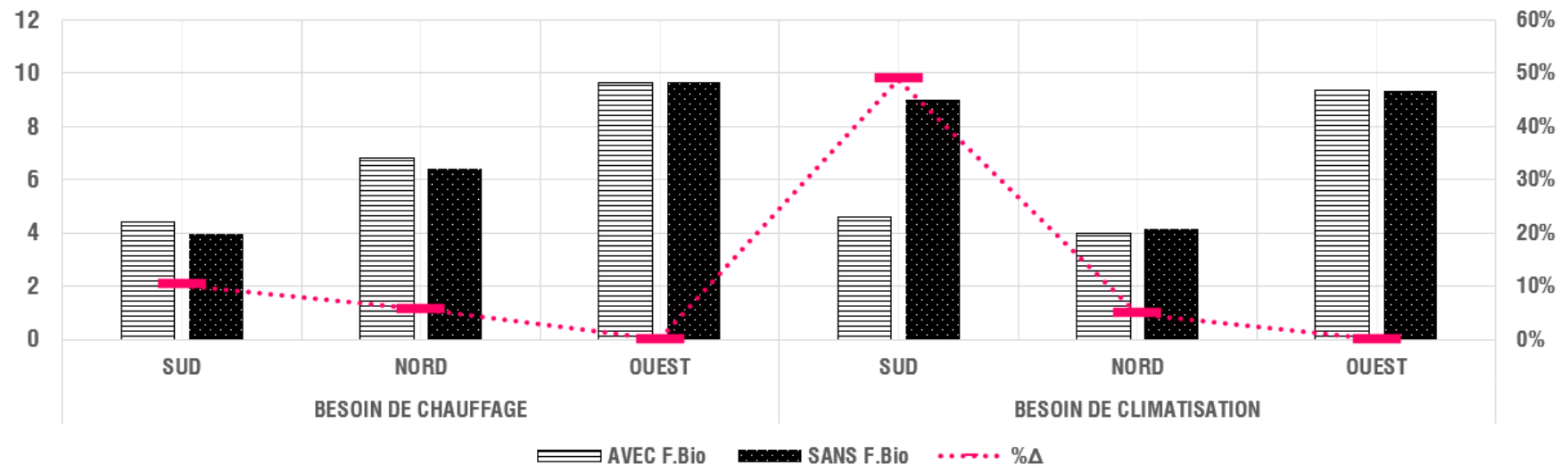
SANS FACADE BIOCLIMATIQUE



AVEC FACADE BIOCLIMATIQUE

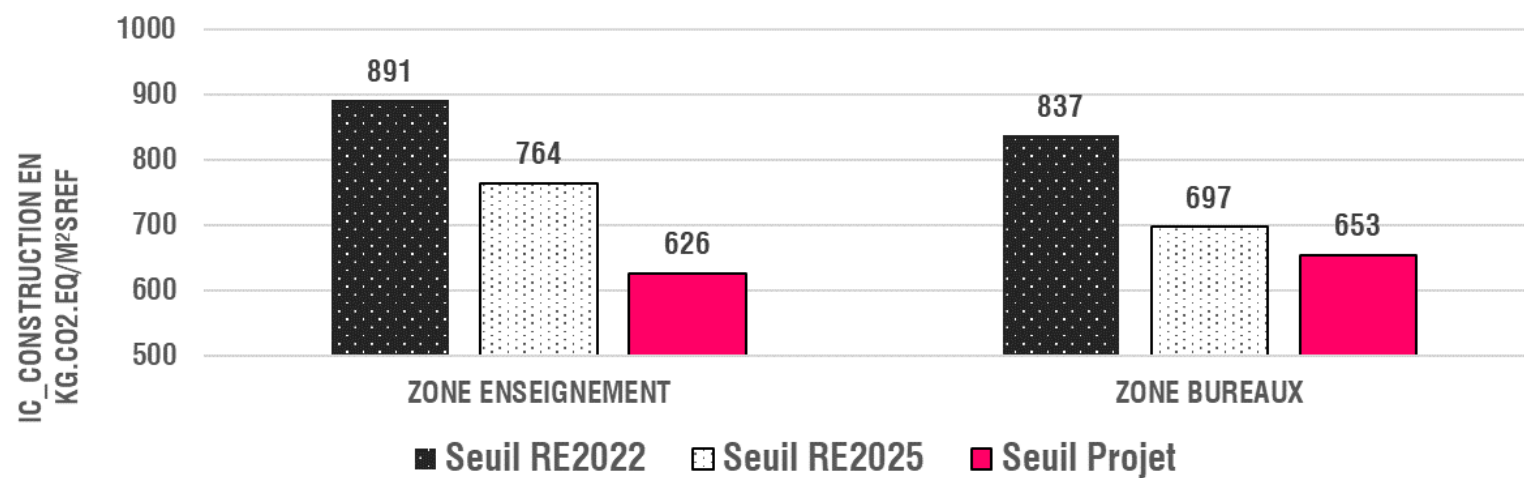


ETUDE ÉNERGÉTIQUE LOCAUX TESTS - 3 ORIENTATIONS

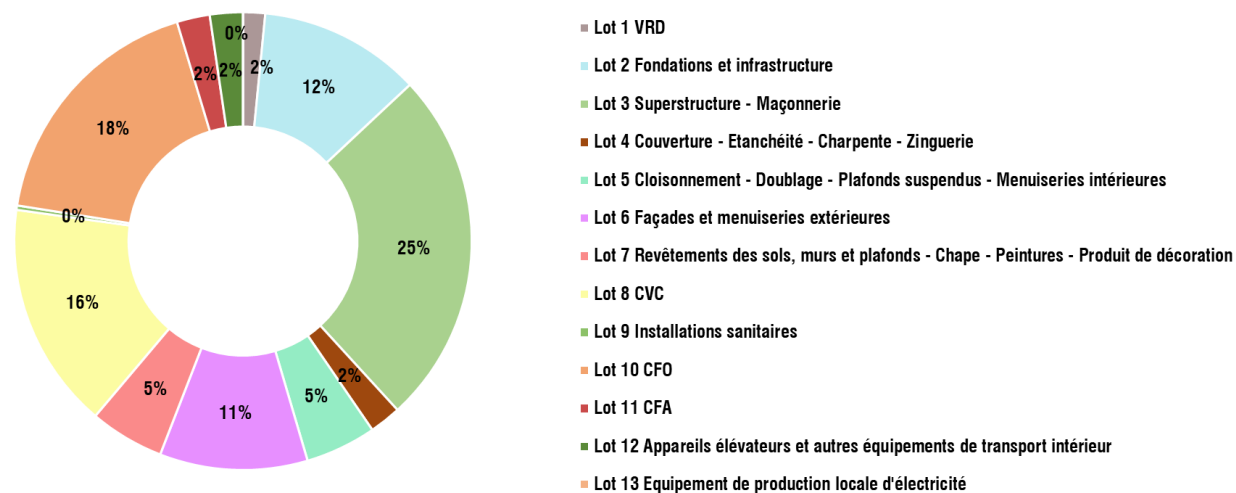


2/ EXEMPLES D'OPTIMISATION

Projet 4 : Campus 2 - Dijon (21) –



Répartition de l'impact carbone du bâtiment selon l'allotissement RE2020





FIN
MERCI

Aymeric Bemer

