

Étude

Juin 2017

Les îlots de chaleur urbains (ICU)



Remerciements : **Juliette ACCADEBLED (Maison de l'Habitat Durable), Marie-Lise BARAUD (MEL) et Dominique POISSONNIER (Météo France)**

Directrice de publication : **Marie DEFAY**

Responsable de publication : **Guy CHAUTARD**

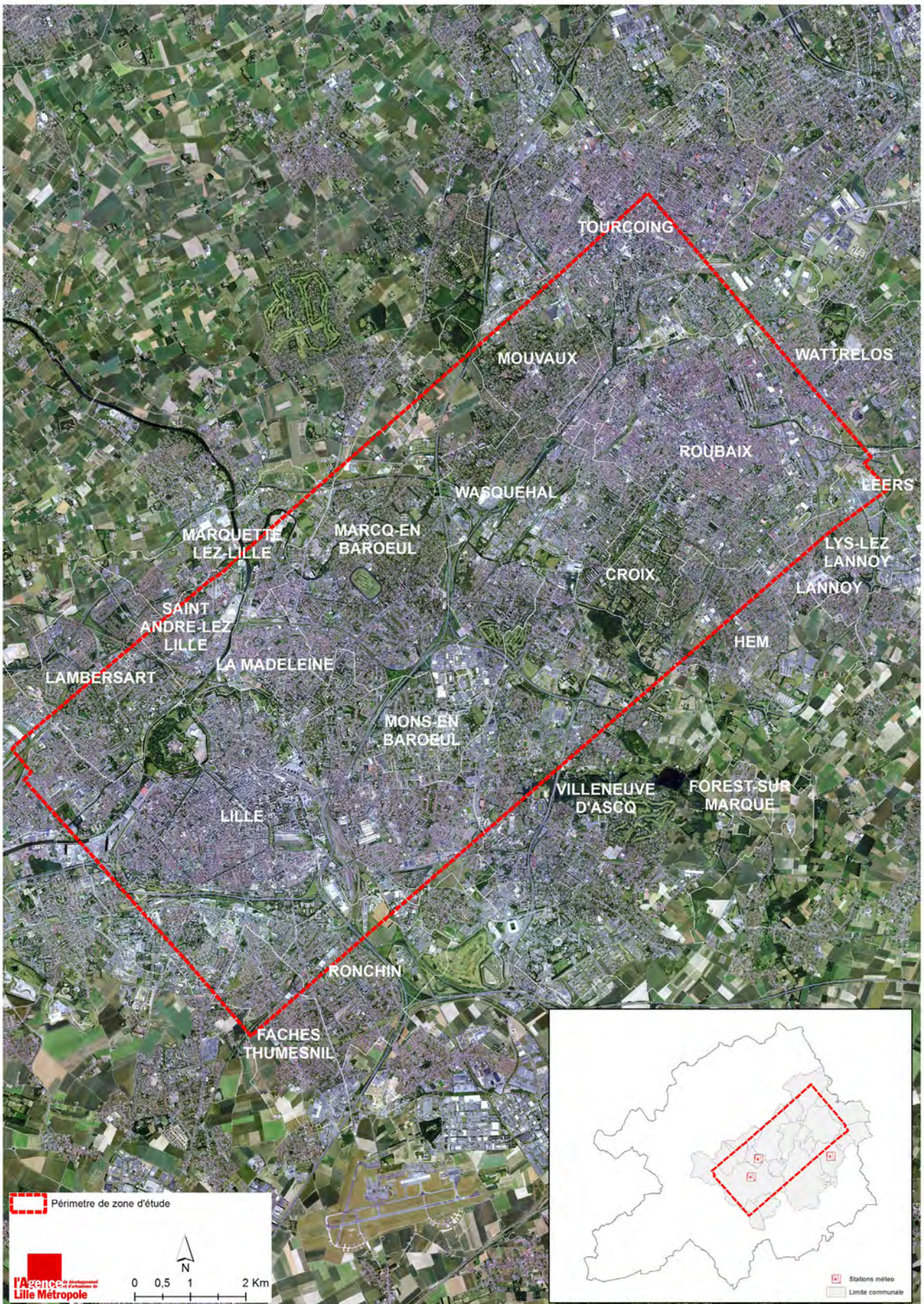
Photographie : **ADULM**

Etude réalisée par l'Agence de développement et d'urbanisme de Lille Métropole

Impression : **AD Concept**

Les îlots de chaleur urbains (ICU)

01. Objet de l'étude.....	3
Les ICU : un enjeu d'adaptation au changement climatique.....	3
La définition des îlots de chaleur urbain (ICU).....	3
Méthodologie.....	4
02. L'identification territoriale des îlots de chaleur et de fraîcheur	7
Identification à partir des stations météorologiques.....	7
Identification à partir des photos thermiques	9
Description de la zone d'étude.....	9
Données thermiques par commune.....	12
L'effet " îlot de fraîcheur " de la couverture végétale.....	17
Limite de l'interprétation de la photo aérienne thermique : les parois réfléchissantes et la couverture arborée.....	18
L'effet matériaux.....	22
L'effet orientation.....	31
Le profil thermique territorial des ICU.....	35
03. L'approche typo-morphologique.....	37
La notion de zone climatique (ZCL).....	37
Analyse des zones climatiques locales	43
04. Les enjeux et préconisations.....	47
Redéployer l'eau et le végétal au cœur des aménagements urbains : la nature en ville.....	47
Un urbanisme résilient.....	49
05. Annexes.....	51
Bibliographie.....	51
Cartes et tableaux.....	52



01.

OBJET DE L'ÉTUDE

LES ICU : UN ENJEU D'ADAPTATION AU CHANGEMENT CLIMATIQUE

Selon l'Agence américaine atmosphérique et océanique (National Oceanic and Atmospheric Administration - NOAA), l'année 2016 a été la plus chaude sur la planète depuis le début des relevés de températures en 1880 marquant le troisième record annuel consécutif de chaleur.

Ce constat est conforme à la projection du modèle climatique présenté par le GIEC (Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat) suivant lequel la température devrait augmenter de 1,1 à 6,4°C au cours du XXI^e siècle.

Nous assistons également à une accélération du réchauffement climatique, puisque l'élévation moyenne de la température sur la période 1905-2006 est de 0,74°C, dont 0,56°C pour la seule période 1956-2006.

Concernant la métropole lilloise, une étude de Météo France montre une évolution similaire.

Ainsi, depuis 1945, on observe une tendance à la baisse du nombre de jours de gel et un gain de journées caniculaires, soit respectivement -4 jours et +1,5 jours par décennie.

En moyenne, la température augmente de 0,26°C par décennie à Lille (station Lille-Lesquin).

Au regard de cette évolution, le nombre de journées caniculaires devrait s'accroître y compris dans la métropole lilloise. Suivant cette anticipation de l'évolution du climat, la chaleur dans les villes devrait augmenter de façon plus importante qu'à la campagne. Il s'agit d'un phénomène spécifique du climat urbain connu sous le terme d'îlots de chaleur urbains (ICU). La présente étude se donne donc pour objectif de vérifier la présence d'ICU dans la métropole, de réaliser un état des lieux cartographiques, de le mesurer, le caractériser à partir de l'occupation territoriale et d'aboutir à des préconisations d'adaptation.

LA DÉFINITION DES ÎLOTS DE CHALEUR URBAINS (ICU)

L'îlot de chaleur urbain désigne précisément l'élévation localisée des températures enregistrées en milieu urbain par rapport aux températures moyennes régionales ou aux zones rurales et forestières. La mesure de la différence des températures porte sur les températures maximales diurnes et nocturnes.

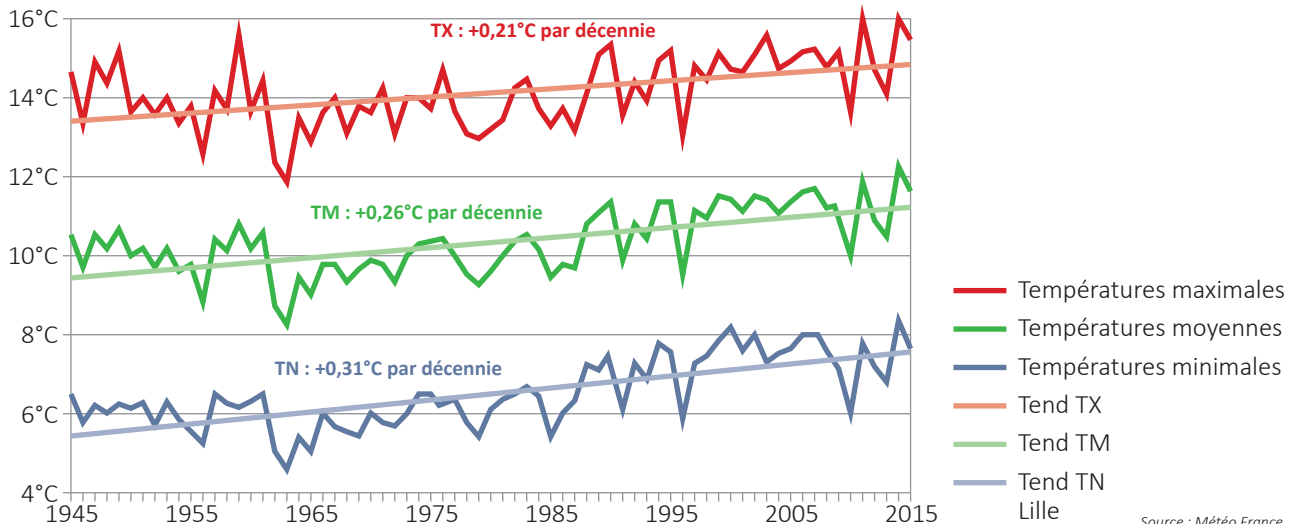
Les ICU sont donc des microclimats artificiels opérant un effet de dôme thermique, influencé par la nature de l'occupation du sol (végétal, minéral, milieu urbain...), les coloris des revêtements (albédo : pourcentage de lumière solaire réfléchi), ainsi que les conditions géographiques (relief naturel et urbain, orientation du bâti et exposition aux vents) et climatiques (temps et saisons).

Une autre définition, inspirée de l'ONERC (Observatoire National sur les Effets du Réchauffement Climatique), insiste sur l'intensification du phénomène dans le temps : « les villes se réchauffent plus vite que le reste du territoire ».

Bien que les différentes études sur les ICU aient montré la complexité du phénomène, deux causes explicatives sont bien identifiées : d'une part la concentration, en milieu urbain, d'activités humaines telles que les moteurs à explosion (trafic routier dense), les systèmes de chauffage (chaudières), les systèmes de climatisation, les réseaux d'eau chaude (égouts...). D'autre part, l'artificialisation de l'occupation des sols (revêtements goudronnés, bâtis à partir de matériaux tels que le verre, le ciment ou le fer...) qui augmente l'inertie thermique des villes.

De par leur minéralité et leur densité, les villes absorbent une partie de l'énergie solaire. De par leur coloris, les villes en réfléchissent également une partie, mesurée par l'albédo. De manière générale, la ville-centre absorbe pendant la journée de 15 à 30% d'énergie de plus que l'aire urbaine plus vaste. Cette énergie est ensuite lentement restituée la nuit, constitutive de l'effet ICU.

ÉVOLUTION DES TEMPÉRATURES À LILLE



Source : Météo France

La forme urbaine influence également la circulation des vents : ainsi, une rue étroite et encaissée forme un canyon urbain créant alors un phénomène de vortex ou de canalisation d'air chaud.

Cette perturbation des masses d'air est également une cause explicative de l'intensité des précipitations considérées plus violentes en milieu urbain. Le nombre de journées d'orage peut ainsi augmenter de 20 à 30% (cf. Morgane Colombert, « Contribution à l'analyse de la prise en compte du climat urbain dans les différents moyens d'intervention sur la ville »).

MÉTHODOLOGIE

Pour mettre en évidence un écart de température entre les centres urbains et leur périphérie, il existe deux méthodes : la prise de température ambiante de l'air (à 2 mètres du sol) ou celle des objets mesurée à partir d'une thermographie aérienne indiquant les températures des toits et des sols. Ces méthodes sont complémentaires et font la jonction entre les domaines du climatologue et du géographe.

Pour le premier type d'observation, l'Agence a fait l'acquisition de trois stations météo de la marque Netatmo situées

à des endroits représentatifs du tissu urbain métropolitain : Lille (maison de villes située Rue du Molinel), La Madeleine (Logements collectifs à proximité d'un parc boisé, rue Christophe Colomb) et Hem (Pavillonnaire peu dense, rue de la Vallée).

Pour le deuxième type d'observation (la thermographie), l'Agence s'est équipée d'une caméra thermique Fluke modèle TIS20 pour les prises de vue au sol (échelle micro-urbaine) et a fait appel à un prestataire (Aérodatabase France/ITC) pour l'obtention des données thermiques aériennes.

Les données thermiques aériennes ont été fournies sous forme d'orthothermoplans à 50 centimètres (format TIFF/JPG RGF93/L93). Cette base de données a permis une modélisation des ICU basée sur l'atlas des tissus urbains (approche typo-morphologique).

Les données thermiques au sol complètent la photo aérienne (prises de vue du sol à l'échelle macro) et offrent une possibilité d'illustration visuelle à portée davantage pédagogique.

Pour observer les ICU, l'Agence a retenu les conditions météorologiques suivantes adaptées à la situation lilloise :

EXEMPLE DE CLICHÉ THERMIQUE AU SOL (AMÉNAGEMENT EN DALLE BÉTON RUE DE L'ASIE À LILLE)

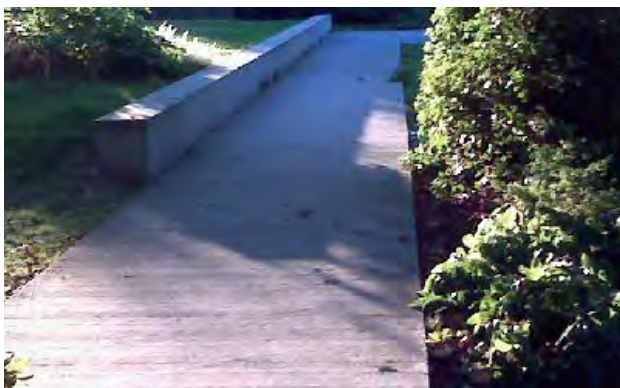
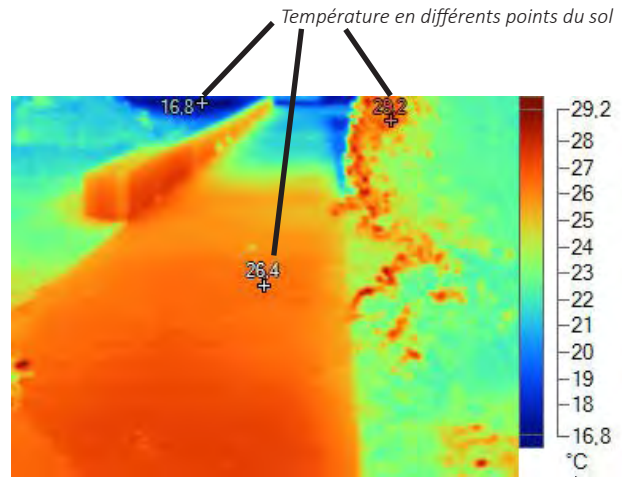


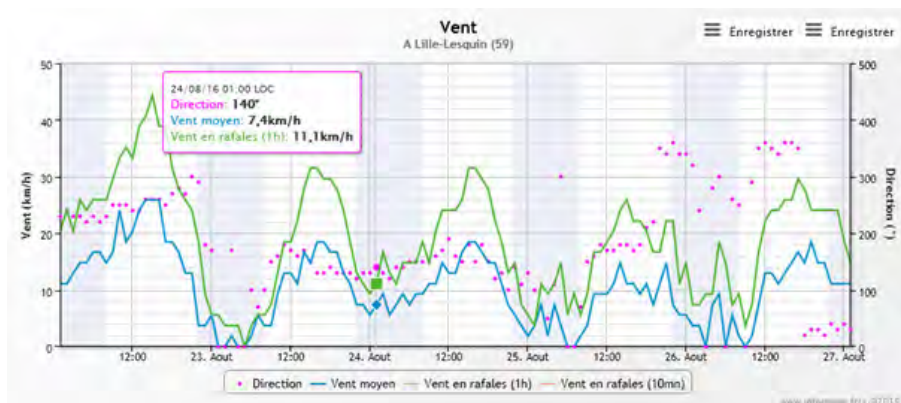
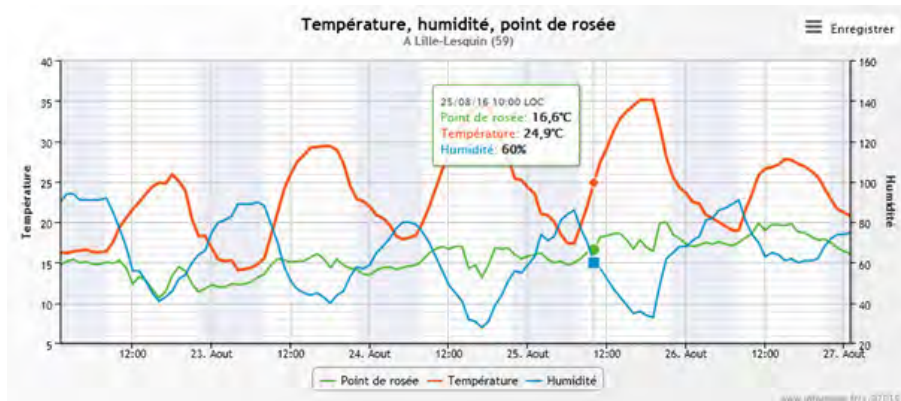
Photo d'origine



Thermographie infrarouge

Echelle de température

COURBES DES TEMPÉRATURES ET DU VENT - DU 23 AU 27 AOÛT 2016 - STATION MÉTÉO FRANCE LILLE-LESQUIN



- › ciel dégagé ;
- › température minimale durant 2 nuits consécutives de 17,5 °C minimum ;
- › température minimale durant 3 jours consécutifs de 25°C minimum ;
- › vitesse du vent au sol inférieure très faible (inférieure à 10 Km/h).

Ces conditions ont été vérifiées dans la nuit du 24 au 25 août 2016 :

- › avec une température diurne maximale de 34,3°C à 17H00 et une température minimale nocturne de 17,5°C à 5H00 (source : www.infoclimat.fr ; station Lille-Lesquin) ;
- › un vent inférieur à 10Km/h du 24 août 22H00 au 25 août 10H00 (source : www.infoclimat.fr ; station Lille-Lesquin).

L'aire d'étude a été définie (cf carte page 2) selon une

double contrainte :

- › un budget limitant la surface d'étude à 80 Km² ;
- › l'observation privilégiée des centres urbains sur un axe Lille/Roubaix/Tourcoing comprenant leurs franges périurbaines et une partie des zones d'activités censées être plus chaudes le jour et plus froides la nuit (espaces plus aérés).

L'observation des données aériennes thermiques s'est effectuée à partir de deux vols : l'un en fin de journée afin d'observer un pic des températures par rayonnement et l'autre en fin de nuit au moment le plus froid (respectivement de 22h50 et 4h20).

La durée des vols est identique, soit 55 minutes. Les 10 axes de survol de la zone d'étude ont été parcourus dans le même ordre protocolaire afin de respecter une homogénéité dans les méthodes d'observation (écart de temps identique en chaque point) .

CHRONOLOGIE DU RAPPORT DES VOLS DANS LA NUIT DU 24 AU 25 AOÛT 2016

Heure	Événement	Température d'air relevée par l'équipage	Température au sol (Infoclimat)
22H05	Décollage de Rouen	-	22,2°C
22H50	Début d'enregistrement des données – 1 ^{er} vol	28°C (interne au scanner à 3 200 pieds)	25,2°C
23H45	Fin d'enregistrement – 1 ^{er} vol	28,7°C (interne au scanner à 3 200 pieds)	24,5°C
00H30	Atterrissage- Rouen	-	19,8°C
03H30	Décollage de Rouen	-	18,5°C
04H20	Début d'enregistrement des données – 2 nd vol	26,6°C (interne au scanner à 3 200 pieds)	19,5°C
05H15	Fin d'enregistrement – 2 nd vol	27,4°C (interne au scanner à 3 200 pieds)	18,0°C
06H00	Atterrissage- Rouen	-	17,3°C

02.

L'IDENTIFICATION TERRITORIALE DES ÎLOTS DE CHALEUR ET DE FRAICHEUR

A partir des outils d'observation issus des photos thermiques (aériennes et au sol) et des stations météorologiques, il est possible de localiser et de mesurer précisément les îlots de chaleur et de fraîcheur de la zone d'étude (80 km²) ainsi que d'identifier les principales causes liées à l'occupation du sol.

IDENTIFICATION À PARTIR DES STATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

La métropole lilloise se caractérise par une occupation des sols fortement hétérogène, à la fois agricole et urbaine, ce dernier tissu étant lui-même fortement diversifié dans sa forme et sa composition (Atlas des tissus urbains, ADULM mai 2017).

L'emplacement des stations météo sur trois communes poursuit un double objectif : d'une part, s'assurer d'une bonne correspondance de température avec les relevés des campagnes aériennes, et, d'autre part, vérifier (et mesurer) l'écart de température entre les différents tissus représentatifs de la métropole lilloise en période caniculaire.

Pour ce faire, les trois stations météorologiques ont prélevé à rythme régulier (toutes les 8 minutes) et de façon quasi-synchronisée les températures sur l'ensemble de la période estivale 2016. Leur localisation est représentative

de la diversité du tissu urbain lillois :

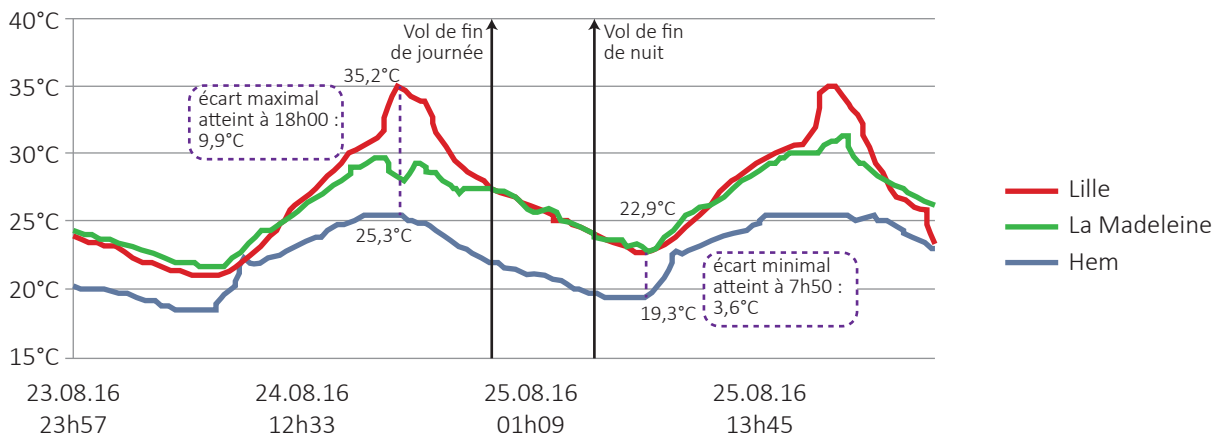
- › station de Lille : située rue du Molinel, en plein cœur du centre urbain (tissu à dominante de maisons de villes) ;
- › station de la Madeleine : située rue Christophe Colomb, au sein d'un immeuble de logements collectifs à proximité d'un grand parc boisé ;
- › station de Hem : située rue de la Vallée, représentative d'une zone pavillonnaire peu dense.

En cette journée de canicule du 24 août 2016, le relevé de températures des stations météorologiques laisse apparaître trois situations contrastées :

- › la situation lilloise qui se caractérise par la plus forte amplitude entre les températures minimale (20,9°C à 7H26) et maximale (35,2°C à 18h00), soit un écart de 14,3°C ;
- › la situation intermédiaire de la Madeleine avec une amplitude moindre entre les températures minimale (21,6°C à 7H41) et maximale (29,8°C à 17H10), soit un écart de 8,2°C ;
- › la situation hémoise avec la plus faible amplitude entre les températures minimale (18,3°C à 7H05) et maximale (25,4°C à 16H05), soit un écart de 7,1°C.

Concernant les écarts de température entre les différentes stations météorologiques, le pic est atteint à 18H00, avec une différence de près de 10°C entre Lille et Hem (cf. graphique ci-dessous). Nous constatons une convergence des situations de températures entre Lille

RELEVÉS DE TEMPÉRATURES DES STATIONS MÉTÉOS DES 24 ET 25 AOÛT 2016



et la Madeleine à partir de 22h50 et une pente de refroidissement similaire sur l'ensemble des stations (écart de température constant de 3,6°C en moyenne de 22h50 à 7h50 le lendemain).

Afin de s'assurer que ces écarts de température soient représentatifs d'un effet ICU (écart entre le centre lillois et une habitation pavillonnaire en périurbaine), nous avons comparé la situation caniculaire du 24 août 2016 en période dite de " normale saisonnière " soit la journée du 24 juillet 2016 (un mois auparavant jour pour jour) (cf. graphique ci-dessous).

Les écarts de température entre les trois stations météo se révèlent plus resserrés qu'en période caniculaire : de l'ordre de 1 degré la nuit et un écart maximal de 2,8 degrés le jour. Nous notons toutefois une tendance à échauffement plus important concernant la situation lilloise (pics

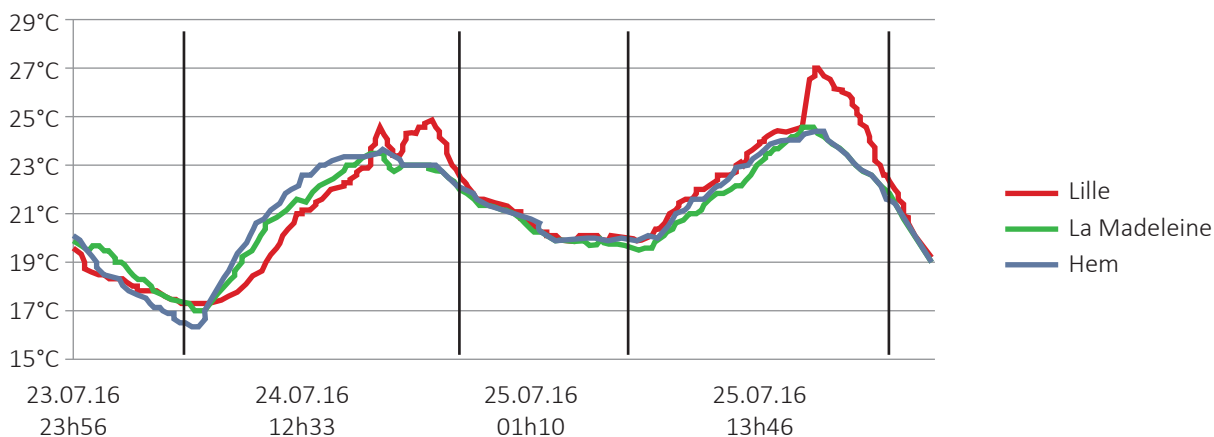
de chaleur constatés à 24,9°C et 27,2°C respectivement les 24 et 25 juillet 2016).

Les écarts de température entre les différentes stations sont donc fortement accentués en période de canicule, conformément à la définition des ICU.

Le relevé des stations météorologiques vérifierait ainsi que la minéralité (enrobés bitumeux, briques, parkings...) et une moindre végétalisation dans l'occupation des sols soient à l'origine d'un écart significatif de température entre les villes denses et leur périphérie.

Les photos aériennes thermiques réalisées en période caniculaire (24 et 25 août 2016) permettent de croiser la composition des surfaces des communes au phénomène des ICU.

RELEVÉS DE TEMPÉRATURES DES STATIONS MÉTÉOS DES 24 ET 25 JUILLET 2016



IDENTIFICATION À PARTIR DES PHOTOS THERMIQUES

Description de la zone d'étude

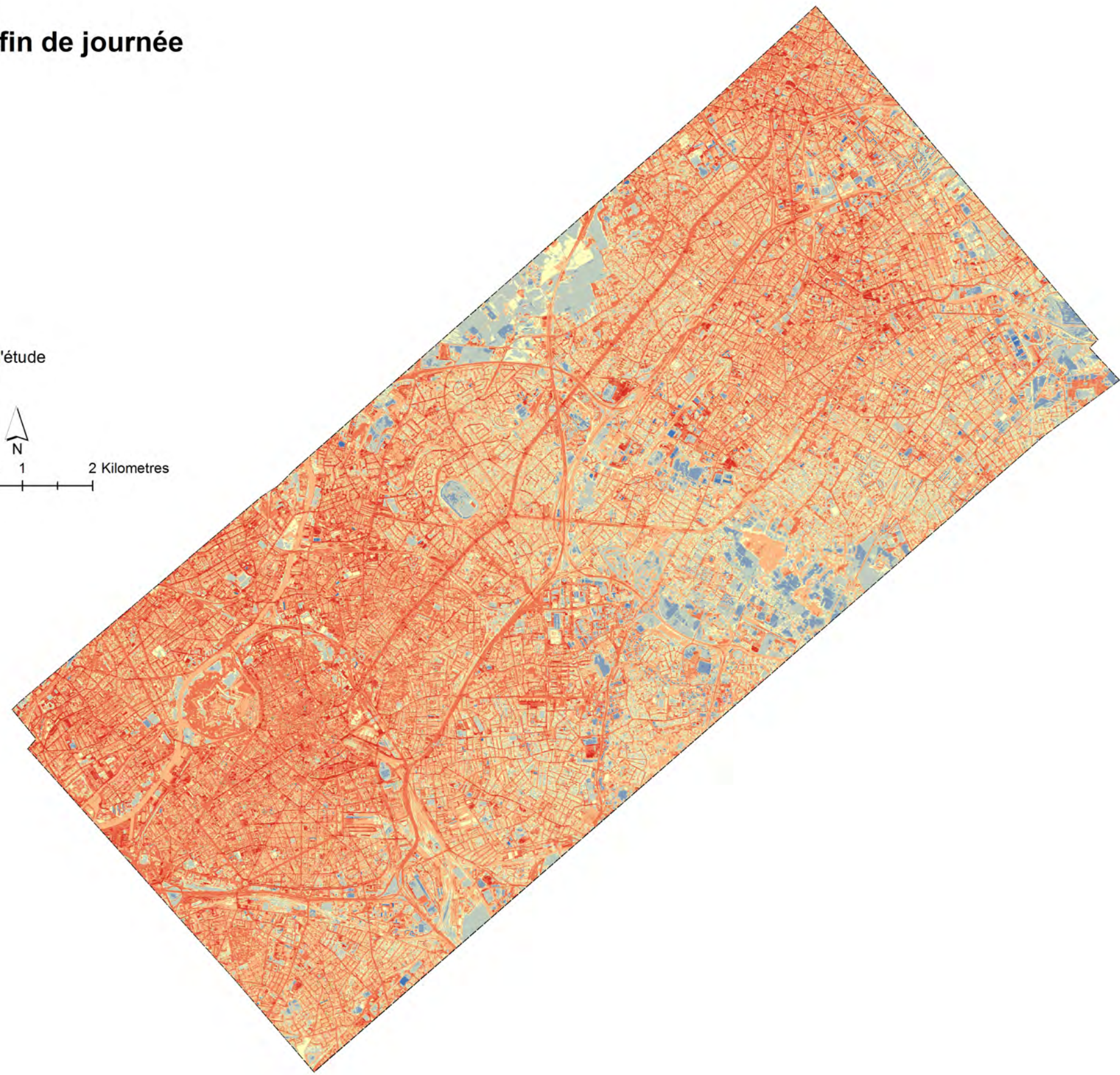
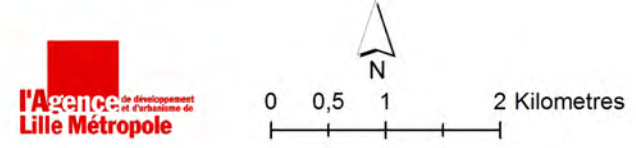
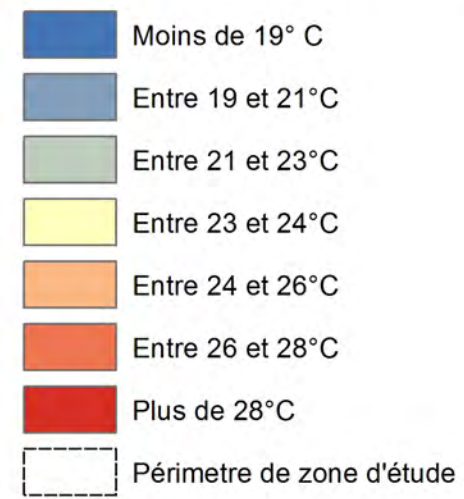
La zone d'étude concerne le cœur métropolitain, de Lille à Tourcoing, constitué de 15 communes comprises dans un périmètre d'environ 80 Km². 5 communes sont recouvertes totalement par la photo aérienne thermique : Croix, la Madeleine, Mons-en-Baroeul, Roubaix et Wasquehal.

A contrario, les communes de Bondues, Leers, Lezennes et Wattignies ne sont prises en compte que marginalement (moins de 10% de la surface de la commune recouverte par le périmètre d'étude).

TAUX DE RECOUVREMENT DES COMMUNES PAR LE PÉRIMÈTRE D'ÉTUDE

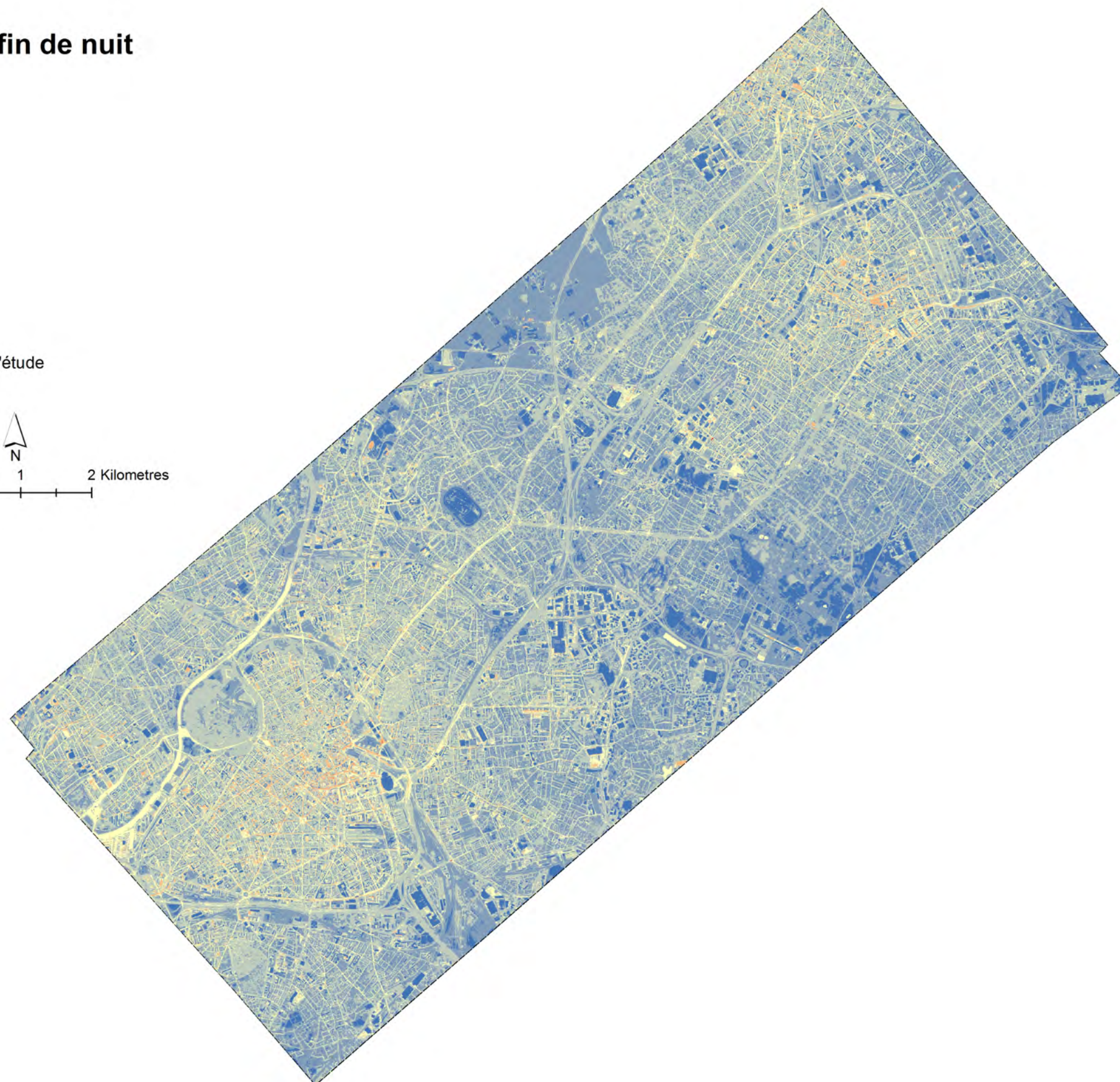
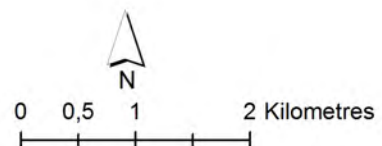
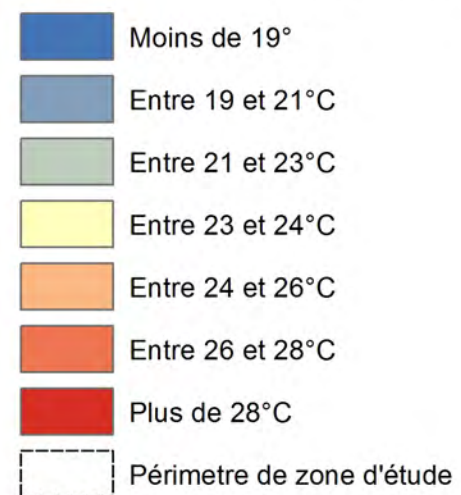
Commune	Superficie (en hectares)	Superficie de la zone d'étude (en hectares)	Taux de recouvrement de la commune par la zone d'étude (en %)
BONDUES	1310	20	1,5
CROIX	458	458	100,0
FACHES-THUMESNIL	459	160	34,8
HEM	964	251	26,1
LA MADELEINE	273	273	100,0
LAMBERSART	613	323	52,7
LEERS	545	47	8,6
LEZENNES	209	12	5,6
LILLE	3504	2483	70,9
LYS-LEZ-LANNOY	327	70	21,3
MARCQ-EN-BAROEUL	1389	1306	94,0
MARQUETTE-LEZ-LILLE	489	155	31,7
MONS-EN-BAROEUL	290	290	100,0
MOUVAUX	417	382	91,6
RONCHIN	545	162	29,8
ROUBAIX	1324	1324	100,0
SAINT-ANDRE-LEZ-LILLE	307	243	79,3
TOURCOING	1521	537	35,3
VILLENEUVE-D'ASCQ	2749	850	30,9
WASQUEHAL	698	698	100,0
WATTIGNIES	628	8	1,3
WATTRELOS	1357	236	17,4

Température de fin de journée



Carte dynamique disponible sur l'atlas interactif de l'Agence : www.adu-lille-metropole.org

Température de fin de nuit



Carte dynamique disponible sur l'atlas interactif de l'Agence : www.adu-lille-metropole.org

Les données thermiques par commune

L'observation des températures à partir des stations météorologiques a permis de chiffrer un écart significatif de près de 10°C (à 18h00) entre le centre de Lille et Hem. Les données thermiques aériennes révèlent un écart éga-

lement significatif entre les différentes communes, de près de 3°C concernant la fin de journée (22H50) et d'environ 2°C en fin de nuit (4H20).

TABLEAU DES TEMPÉRATURES PAR COMMUNE, EN FIN DE JOURNÉE ET FIN DE NUIT (MOYENNE)

Commune	Température moyenne en fin de journée	Température moyenne en fin de nuit
BONDUES	NS	NS
LEERS	23,55	20,27
HEM	24,15	20,64
VILLENEUVE-D'ASCQ	24,30	20,98
LEZENNES	24,37	20,60
WATTIGNIES	24,39	20,29
LYS-LEZ-LANNOY	24,50	21,06
WATTRELOS	24,53	21,21
RONCHIN	24,89	21,20
WASQUEHAL	25,14	21,52
CROIX	25,18	21,60
MARCQ-EN-BAROEUL	25,22	21,49
ROUBAIX	25,38	21,84
FACHES-THUMESNIL	25,52	21,37
MOUVAUX	25,60	21,84
MARQUETTE-LEZ-LILLE	25,62	21,65
MONS-EN-BAROEUL	25,66	21,82
TOURCOING	25,97	22,24
LILLE	26,04	22,23
SAINT-ANDRE-LEZ-LILLE	26,25	22,01
LAMBERSART	26,36	22,12
LA MADELEINE	26,41	22,23

De manière générale, nous distinguons les communes les plus urbanisées comme étant les plus chaudes en fin de journée (température moyenne supérieure à 25°C) et en fin de nuit (mais de moindre ampleur). Il s'agit des communes de la Madeleine, Lambersart, Saint-André-lez-Lille, Lille, Tourcoing, Mons-en-Barœul, Marquette, Mouvaux, Faches-Thumesnil, Roubaix, Marcq-en-Barœul, Croix et Wasquehal.

Toutefois, il s'agit de températures moyennes et la prise en compte de l'écart-type (écart à la moyenne) dénote d'une certaine hétérogénéité au sein même des communes, notamment Lezennes, Wattrelos, Leers, Marquette-lez-Lille et Villeneuve d'Ascq.

TABLEAU DES TEMPÉRATURES PAR COMMUNE, EN FIN DE JOURNÉE ET FIN DE NUIT (MOYENNE ET ÉCART-TYPE)

Commune	Température moyenne en fin de journée	Ecart-type des températures de fin de journée	Température moyenne de fin de nuit	Ecart-type
BONDUES	NS	NS	NS	NS
WATTIGNIES	24,40	1,44	20,29	1,12
FACHES-THUMESNIL	25,53	1,70	21,37	1,53
LAMBERSART	26,36	1,73	22,12	1,48
MOUVAUX	25,60	1,80	21,84	1,43
LA MADELEINE	26,41	1,82	22,24	1,63
SAINT-ANDRE-LEZ-LILLE	26,25	1,82	22,01	1,46
CROIX	25,18	1,83	21,60	2,12
LILLE	26,04	1,84	22,23	1,86
MONS-EN-BAROEUL	25,66	1,90	21,82	1,80
LYS-LEZ-LANNOY	24,50	1,91	21,05	1,50
HEM	24,15	1,91	20,64	2,96
WASQUEHAL	25,14	1,94	21,52	1,50
MARCQ-EN-BAROEUL	25,22	1,95	21,49	1,54
TOURCOING	25,97	1,96	22,24	1,70
ROUBAIX	25,38	1,99	21,84	1,75
RONCHIN	24,89	2,02	21,20	2,28
VILLENEUVE-D'ASCQ	24,30	2,03	20,98	1,60
MARQUETTE-LEZ-LILLE	25,62	2,13	21,66	1,62
LEERS	23,55	2,17	20,27	2,30
WATTRELOS	24,53	2,24	21,21	2,23
LEZENNES	24,37	2,30	20,60	1,94

Les écarts-types laissent transparaître des occupations des sols communales hétérogènes en fonction du taux de surface bâti, la couverture végétale, les routes et réseaux ferrés, et les espaces artificialisés délaissés.

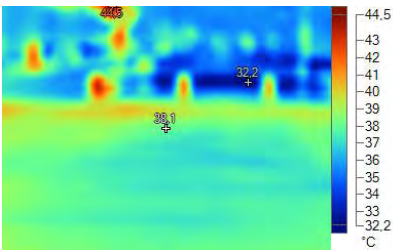
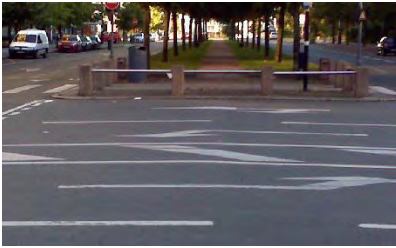
Une première analyse croisée des données fait clairement apparaître **une température moyenne plus élevée dans les communes les plus denses et minérales** (la Madeleine, Lambersart, Saint-André-lez-Lille, Lille, Tourcoing, Mons-en-Barœul, Marquette, Mouvaux, Faches-Thumesnil, Roubaix et Marcq-en-Barœul).

Inversement, **les communes qui connaissent un plus fort taux d'espaces délaissés et de surface herbacée sont les communes les moins chaudes** (Leers, Hem, Villeneuve-d'Ascq, Lezennes, Wattignies, Lys-lez-Lannoy, Wattrelos, Ronchin, Wasquehal et Croix).

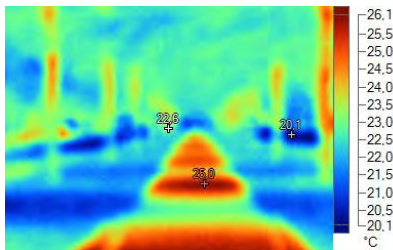
Nous vérifions donc bien la relation établie par la définition des ICU suivant laquelle les centres urbains plus minéraux sont en moyenne plus chauds que l'aire urbaine plus vaste.

CORRÉLATION DES TEMPÉRATURES DE FIN DE JOURNÉE ET OCCUPATION DES SOLS

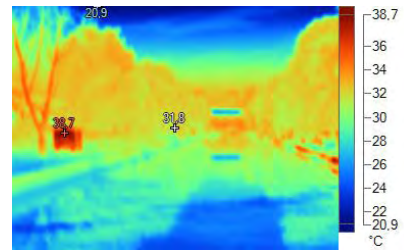
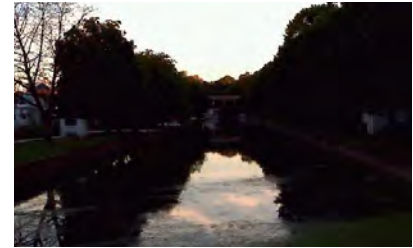
Commune	Température fin de journée	Taux de surface bâtie	Taux de surface arborée	Taux de surface herbacée	Taux de surface aquatique	Taux de surfaces voiries et réseaux ferrés	Espaces délaissés et artificialisés publics et privés
LEERS	23,55	15,21	1,31	21,01	1,26	8,15	53,05
HEM	24,15	12,45	17,05	36,53	0,27	11,09	22,60
VILLENEUVE-D'ASCQ	24,31	14,13	22,60	26,09	1,05	12,34	23,79
LEZENNES	24,37	36,73	0,00	0,00	0,00	15,75	47,51
WATTIGNIES	24,40	5,78	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
LYS-LEZ-LANNOY	24,51	23,30	6,46	24,24	0,00	11,17	34,82
WATTRELOS	24,53	20,06	6,40	23,18	0,50	13,44	36,42
RONCHIN	24,89	21,44	14,08	17,80	0,00	24,47	22,21
WASQUEHAL	25,14	15,24	21,38	21,16	1,91	21,32	18,99
CROIX	25,18	18,51	22,94	22,71	0,31	9,31	26,23
MARCQ-EN-BAROEUL	25,22	14,12	18,94	30,70	0,83	16,12	19,29
ROUBAIX	25,38	29,37	8,71	13,30	1,10	14,40	33,13
FACHES-THUMESNIL	25,53	23,95	12,51	20,69	0,00	11,99	30,86
MOUVAUX	25,60	17,92	25,28	24,09	0,21	10,72	21,78
MARQUETTE-LEZ-LILLE	25,62	11,29	17,43	20,32	5,13	9,65	36,18
MONS-EN-BAROEUL	25,66	20,78	20,39	17,18	0,00	17,25	24,40
TOURCOING	25,97	30,09	10,89	11,06	1,21	17,74	29,02
LILLE	26,04	26,26	15,24	11,72	1,46	22,06	23,26
SAINT-ANDRE-LEZ-LILLE	26,25	17,34	15,71	18,40	4,59	15,29	28,68
LAMBERSART	26,36	20,76	22,76	16,67	1,45	12,38	25,98
LA MADELEINE	26,41	27,12	14,10	13,90	0,60	20,57	23,71
moyenne	25,19	20,09	14,01	18,61	1,04	14,06	27,71
coefficient de corrélation		0,30	0,49	-0,17	0,36	0,42	-0,25



Allée boisée - Boulevard Hoover - fin de journée



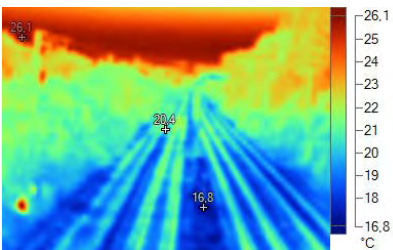
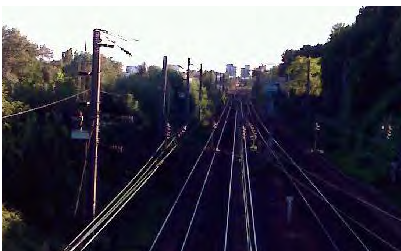
Allée boisée - Boulevard Hoover - fin de nuit



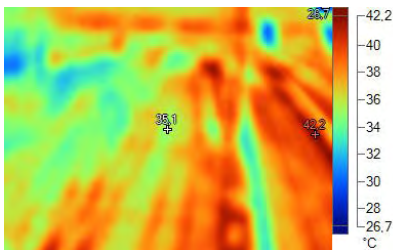
Canal de la citadelle à Lille - fin de journée

A partir des corrélations, nous établissons une relation négative entre les températures et, d'une part, le taux de surface herbacée et les espaces délaissés (bien souvent zone verte rase). Il s'agit de l'effet « îlot de fraîcheur » de **la couverture végétale** (photos ci-dessus). Inversement

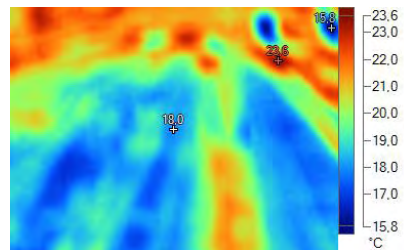
nous établissons une relation positive entre les températures et le cadre bâti, **la couverture arborée, l'eau** (photos ci-dessus, à droite), et **les voiries et réseaux ferrés** (photos ci-dessous). Il s'agit des effets « matériaux et orientation ».



Délaissés et réseau ferré (vue Rue de Flers à Hellemmes) - fin de nuit



Réseau ferré (rue du Pont de Flandres à Lille) - fin de journée



Réseau ferré (rue du Pont de Flandres à Lille) - fin de nuit

CORRÉLATION DES TEMPÉRATURES DE FIN DE NUIT ET OCCUPATION DES SOLS

Commune	Température fin de nuit	Taux de surface bâtie	Taux de surface arborée	Taux de surface herbacée	Taux de surface aquatique	Taux de surfaces voiries et réseaux ferrés	Espaces délaissés et artificialisés publics et privés
LEERS	20,27	15,21	1,31	21,01	1,26	8,15	53,05
LEZENNES	20,60	36,73	0,00	0,00	0,00	15,75	47,51
HEM	20,64	12,45	17,05	36,53	0,27	11,09	22,60
WATTIGNIES	20,93	5,78	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
VILLENEUVE-D'ASCQ	20,98	14,13	22,60	26,09	1,05	12,34	23,79
LYS-LEZ-LANNOY	21,06	23,30	6,46	24,24	0,00	11,17	34,82
RONCHIN	21,20	21,44	14,08	17,80	0,00	24,47	22,21
WATTRELOS	21,21	20,06	6,40	23,18	0,50	13,44	36,42
FACHES-THUMESNIL	21,37	23,95	12,51	20,69	0,00	11,99	30,86
MARCQ-EN-BAROEUL	21,49	14,12	18,94	30,70	0,83	16,12	19,29
WASQUEHAL	21,52	15,24	21,38	21,16	1,91	21,32	18,99
CROIX	21,61	18,51	22,94	22,71	0,31	9,31	26,23
MARQUETTE-LEZ-LILLE	21,65	11,29	17,43	20,32	5,13	9,65	36,18
MONS-EN-BAROEUL	21,82	20,78	20,39	17,18	0,00	17,25	24,40
ROUBAIX	21,84	29,37	8,71	13,30	1,10	14,40	33,13
MOUVAUX	21,84	17,92	25,28	24,09	0,21	10,72	21,78
SAINT-ANDRE-LEZ-LILLE	22,01	17,34	15,71	18,40	4,59	15,29	28,68
LAMBERSART	22,12	20,76	22,76	16,67	1,45	12,38	25,98
LILLE	22,23	26,26	15,24	11,72	1,46	22,06	23,26
LA MADELEINE	22,24	27,12	14,10	13,90	0,60	20,57	23,71
TOURCOING	22,24	30,09	10,89	11,06	1,21	17,74	29,02
moyenne	21,47	20,09	14,01	18,61	1,04	14,06	27,71
coefficient de corrélation		0,28	0,51	-0,14	0,32	0,43	-0,30

L'effet « îlot de fraîcheur » de la couverture végétale

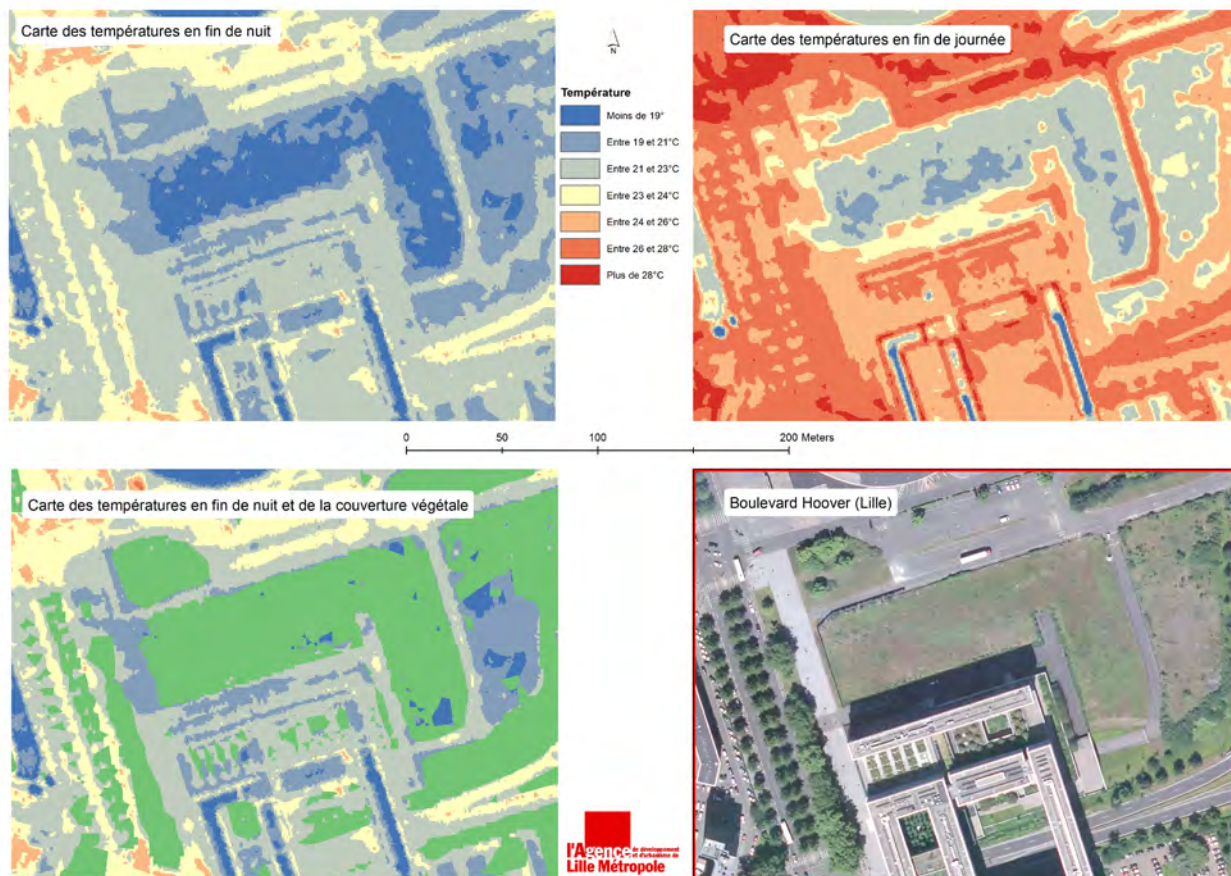
La couverture végétale (les arbres, les plantes, l'herbe) joue un rôle de régulateur thermique en rafraîchissant l'air par l'évaporation issue des sols et la transpiration des plantes.

Ainsi, si nous prenons l'exemple du **Boulevard Hoover** à Lille (photo ci-dessous), nous distinguons nettement la zone enherbée jouxtant le siège du Conseil régional, encerclée d'une zone minérale importante (parking, pavés, voiries) avec un différentiel moyen de température de 6 degrés.

Cet effet « îlot de fraîcheur » est également bien marqué sur la photo aérienne de fin de nuit mais avec un moindre différentiel de température.

Concernant la partie arborée, **la coulée verte de la partie centrale du Boulevard Hoover est plus visible sur la photo aérienne de fin de nuit par rapport à la photo aérienne de fin de journée** : il s'agit d'une limite de l'observation basée sur la photo aérienne thermique.

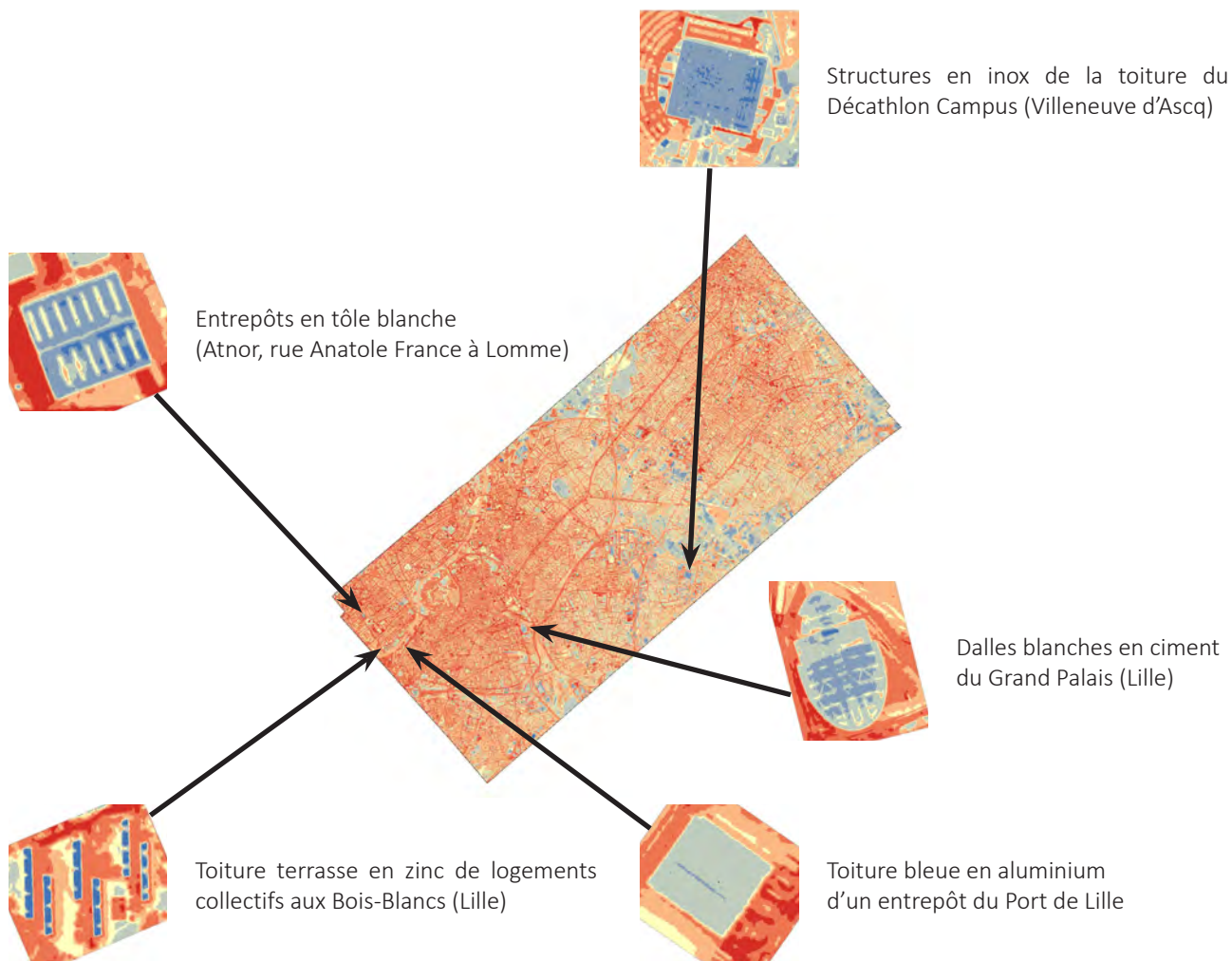
EFFET « ÎLOT DE FRAICHEUR » DE LA COUVERTURE VÉGÉTALE (BOULEVARD HOOVER – LILLE)



Limite de l'interprétation de la photo aérienne thermique : les parois réfléchissantes et la couverture arborée

La thermographie infrarouge permet de voir et mesurer à distance et sans contact la température des objets. L'échelle de couleur de l'orthothermoplan reflète les températures du plus chaud (**en rouge**) au plus froid (**en bleu**). En effet, la photo aérienne fournit une estimation des températures à partir du rayonnement infra-rouge des surfaces. Cette technique ne s'applique pas pour les sur-

faces transparentes ou fortement réfléchissantes. Il s'agit d'un artefact inhérent à l'observation par voie aérienne. Ainsi, les « **zones bleues** » des photos aériennes ne correspondent pas **toutes à des zones froides** ; il faut tenir compte des artefacts (rayonnement infrarouge peu émisif en raison du revêtement fortement réfléchissant).



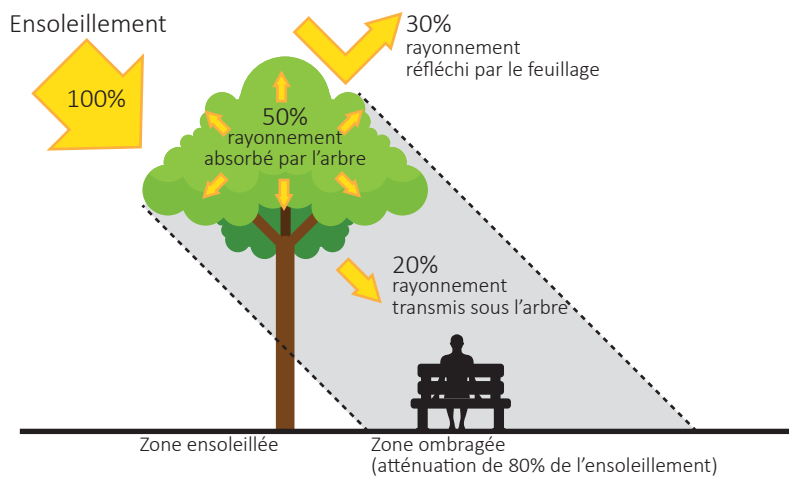


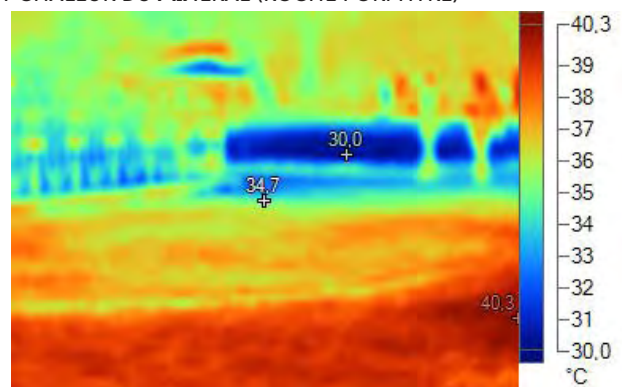
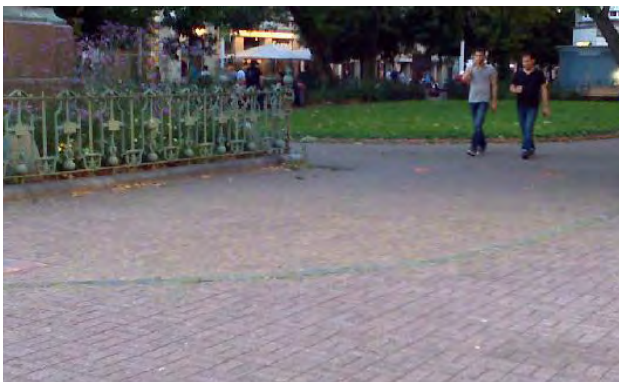
Schéma issu de l'étude de l'APUR "Les îlots de chaleur urbains à Paris", p.14, phase 1, décembre 2012

Concernant les arbres, c'est la partie supérieure (le houppier constitutif de la canopée) qui apparaît sur la photo aérienne, soit la partie la plus chaude de l'arbre (et non la partie au sol, plus froide et ombragée, source de fraîcheur en termes de température ambiante). Or, selon un document de l'APUR, 50% du rayonnement est absorbé par les feuillages ce qui explique la température élevée

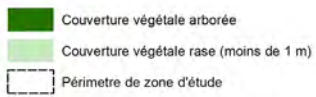
de la strate arborée en fin de journée à partir de la photo aérienne (soit 26,8°C) (schéma ci-dessus).

En revanche, **le végétal ayant une faible inertie thermique (à l'inverse du minéral)**, le rafraîchissement apparaît mieux sur la photo en fin de nuit pour la couverture végétale rase (soit 21,1°C) (photos ci-dessous).

PLACE RICHEBÉ À LILLE : EFFET FRAICHEUR DU VÉGÉTAL ET EFFET CHALEUR DU MINÉRAL (ROCHE PORPHYRE)



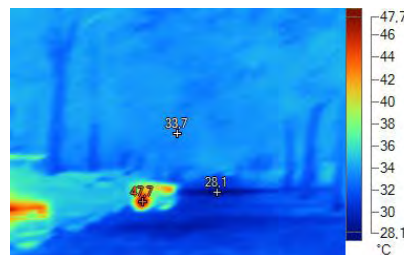
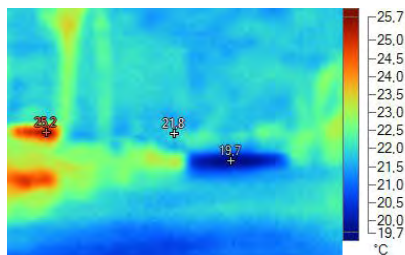
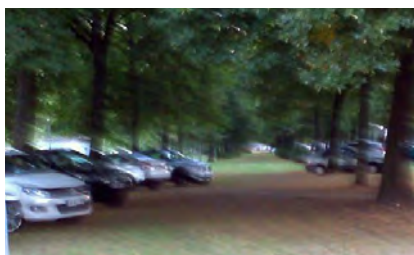
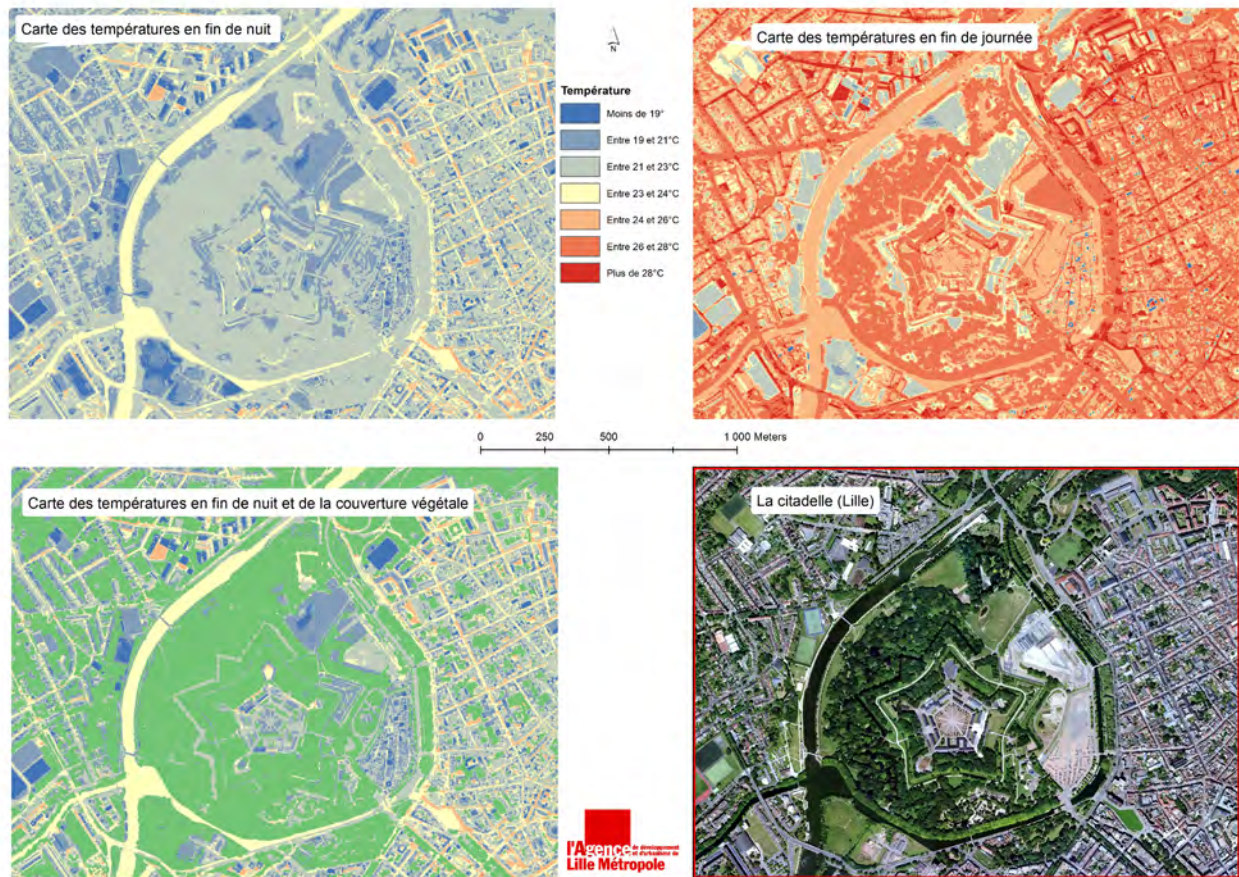
COUVERTURE VÉGÉTALE



Ce phénomène s'illustre bien à partir de l'exemple de la Citadelle de Lille. En fin de journée, seule la strate herbacée est une zone fraîche, la strate arborée étant aussi chaude que le cadre bâti environnant, alors qu'en fin de nuit, c'est l'ensemble de la couverture végétale (strates herbacée et arborée) qui constitue les zones fraîches.

De manière générale, les îlots de fraîcheur de la métropole lilloise se confondent avec l'occupation végétale comme les pelouses, parcs urbains, stades, vélodromes, certains cimetières et autres délaissés d'infrastructures (cf carte ci-contre).

EFFET « ÎLOT DE FRAICHEUR » DE LA COUVERTURE VÉGÉTALE (CITADELLE – LILLE)



Allée des marronniers à Lille – clichés thermiques de fin de nuit (à gauche) et de fin de journée (à droite)

L'effet matériaux

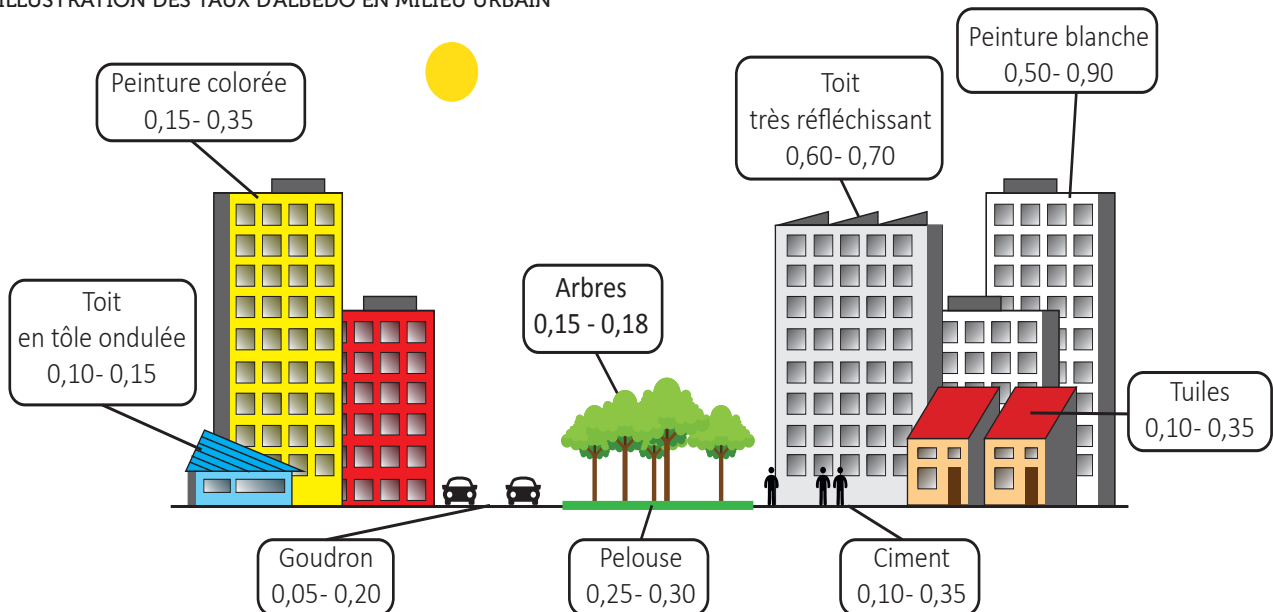
L'effet matériau est fortement lié à la couleur des revêtements qui influence directement le degré de réfléchissement de l'énergie solaire incidente.

Cette particularité se mesure par le taux d'albédo qui varie de 0 à 1. Avec 0, une situation pour laquelle l'ensemble de l'énergie incidente est absorbée (cas d'une surface

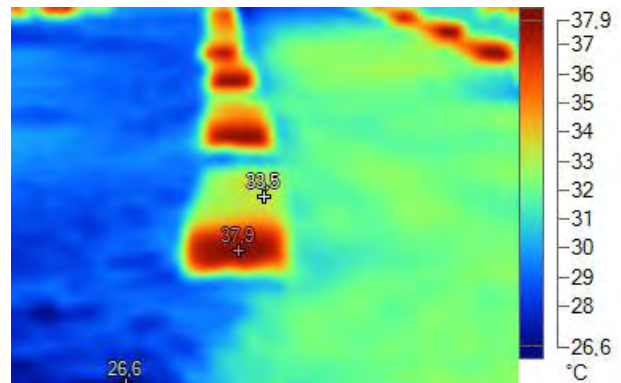
totallement noire) et 1 pour une surface qui renvoie la totalité de l'énergie incidente (par exemple, un miroir).

L'albédo terrestre moyen se situe à 0,3 et à 0,25 pour les villes plus minérales et grises, ce qui équivaut à une absorption de l'énergie solaire supérieure de 15 à 30% la journée et une lente restitution pendant la nuit.

ILLUSTRATION DES TAUX D'ALBÉDO EN MILIEU URBAIN



EFFET ALBÉDO DES MATÉRIAUX, CHEMIN EN SABLE DE MARQUISE DE NOTRE DAME DE LA TREILLE, LILLE



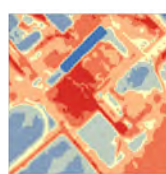
Les zones de rayonnement les plus intenses de la zone d'étude (plus de 28°C en fin de journée et plus de 23°C en fin de nuit) concernent majoritairement **les enrobés**

bitumineux de parkings et des routes ainsi que quelques places, cours et autres équipements en pierre naturelle ou résine.

ILLUSTRATION DES DIFFÉRENTS EFFETS MATÉRIAUX DE LA MÉTROPOLE LILLOISE EN FIN DE JOURNÉE



Parking en bitume de Carrefour Drive la Madeleine



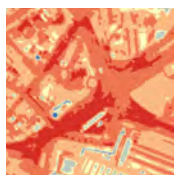
Cours en goudron de Marcq Institution (Marcq-en-Barœul)



Pavés en grès d'Inde du parvis de la Treille (Lille)



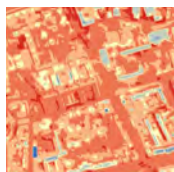
Equipements sportifs en résine du Collège du Lazaro (Marcq-en-Barœul)



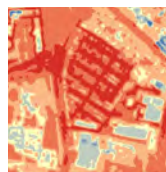
Résine de la place des Buissons (Lille)



Bitume du parking des 3 Suisses, rue Isaac Holden (Croix)



Pavés et dalles bétons, place Auguste Laurent, parvis de l'Hôtel de ville (Lille)

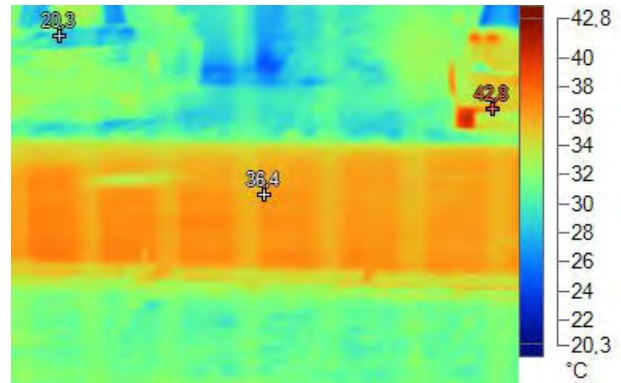


Bitume du parking de la MEL, rue de la Communauté (Lille)

TABLEAU DES ALBÉDOS DES MATÉRIAUX PRÉSENTS DANS L'ESPACE URBAIN

Matériau	Couleur	Albédo	Espaces concernés
Gravillons et graviers blancs, peinture blanche	Blanc	0,75	Chemin, toits terrasses, façades
Bois	Marron à gris	0,35	Places, chemins
Pelouse	Vert clair	0,3	Délaissés d'infrastructures, parcs urbains, jardins
Béton	Gris	0,25	Cours, préaux
Terre (sol nu)	Marron	0,2	Terrains nus, espaces délaissés, champs, friches
Arbres	Vert foncé	0,15	Parcs, jardins, espaces publics, délaissés
Bitume	Gris foncé- noir	0,15	Routes, trottoirs
Asphalte	Noir	0,05	Routes

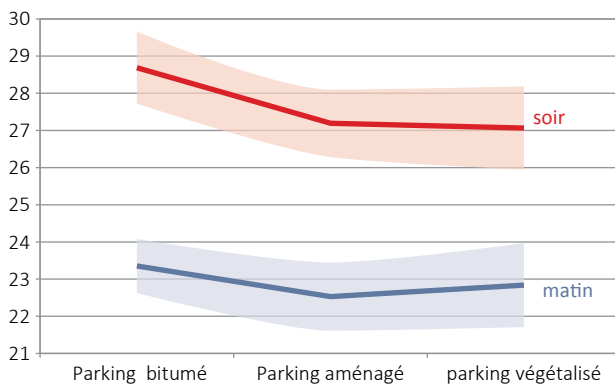
EFFET MATÉRIAUX : PARKING VÉGÉTALISÉ RUE DE L'ASIE (LILLE) EN FIN DE JOURNÉE



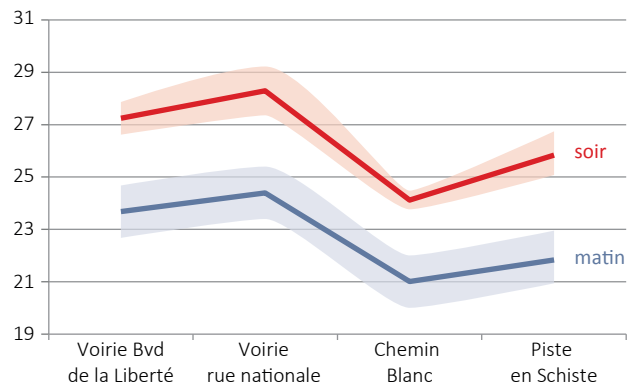
L'effet matériaux est également présent en fonction des choix dans l'aménagement des espaces et équipements, constitutifs d'une forte ou faible émissivité apparaissant sur la photo aérienne. En effet, les matériaux stockent la chaleur reçue lors de la journée puis la rediffusent lors de la nuit sous forme de rayonnement infrarouge lorsque la température de l'air diminue. Concernant la zone d'étude,

ce phénomène est observable pour **les parkings** (plus ou moins forte émissivité en **présence ou non de végétal**), **places en pavés** (illustrations du granite blanc de la Place Charles de Gaulle et de la pierre calcaire bleue du parvis de Rotterdam de Lille) ou **revêtements des parvis** (en bois, sortie du métro Euralille).

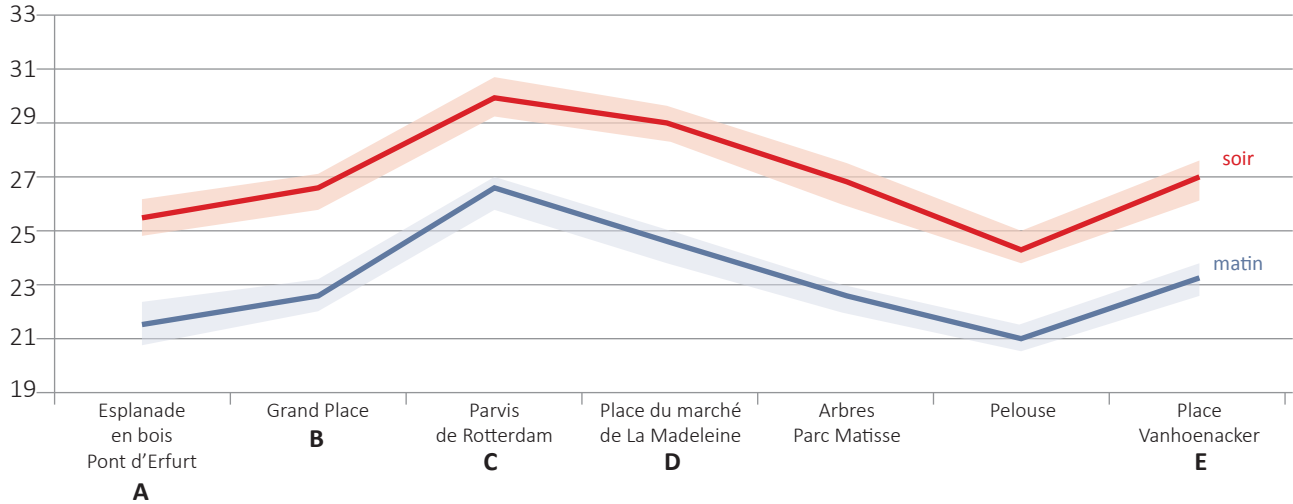
EFFET MATÉRIAUX :
LES DIFFÉRENCES DE TEMPÉRATURE EN FIN DE NUIT
ET EN FIN DE JOURNÉE SELON LE TYPE DE PARKING



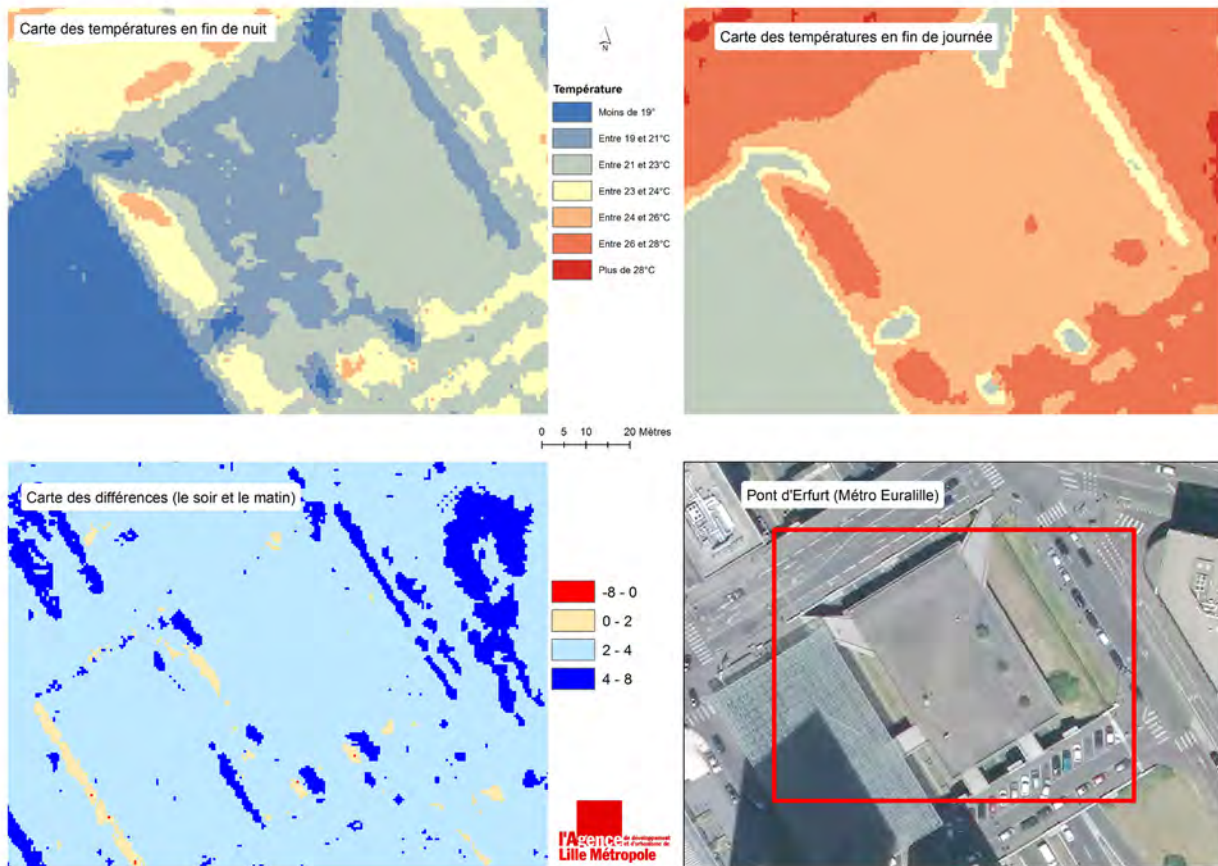
EFFET MATÉRIAUX :
LES DIFFÉRENCES DE TEMPÉRATURE EN FIN DE NUIT
ET EN FIN DE JOURNÉE SELON LE TYPE DE VOIRIE



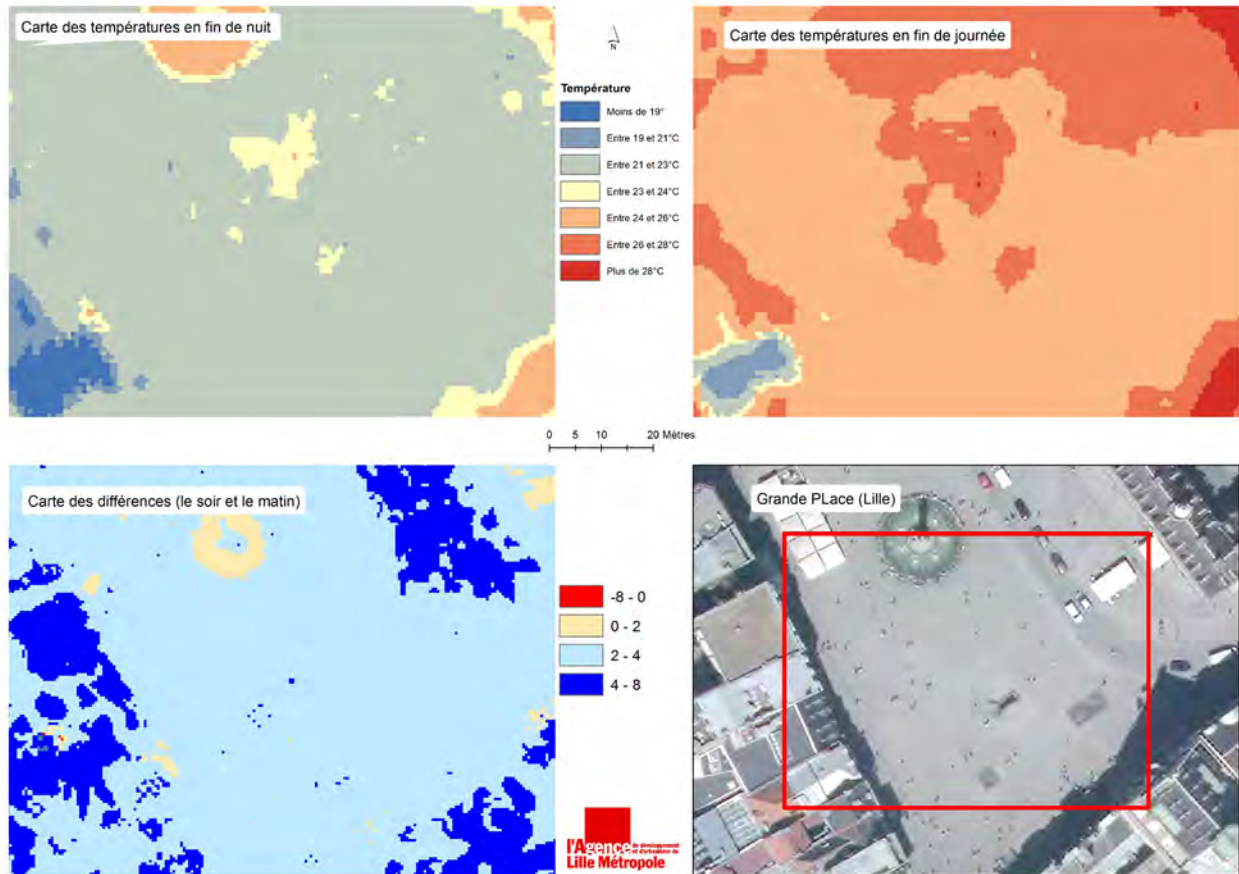
EFFET MATÉRIAUX : LES DIFFÉRENCES DE TEMPÉRATURE EN FIN DE NUIT ET EN FIN DE JOURNÉE SELON LE TYPE D'ESPACES PUBLICS



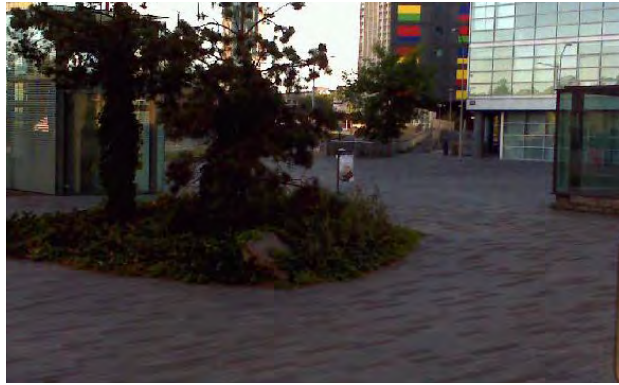
A- EFFET MATÉRIAUX : LE PARVIS EN PIN DOUGLAS DU MÉTRO EURAILLE



B- EFFET MATÉRIAUX : LE PAVÉ BLANC (GRANITE DE LANHELIN) DE LA PLACE CHARLES DE GAULLE (LILLE)

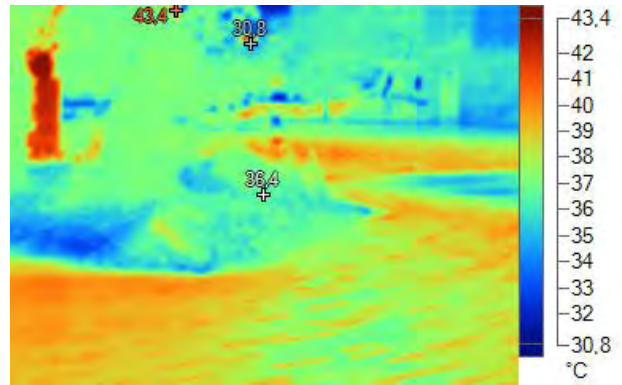
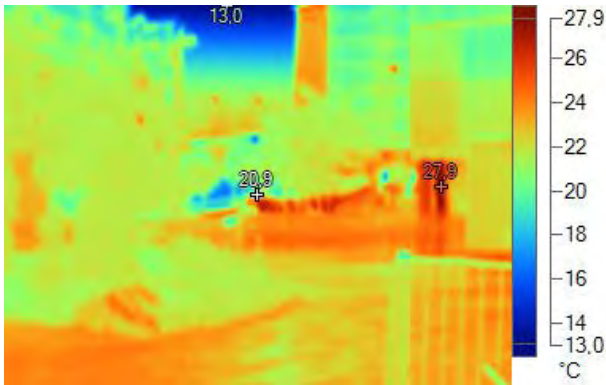


C- PARVIS DE ROTTERDAM : EFFET MATÉRIAUX DE LA PIERRE BLEUE (CALCAIRE)

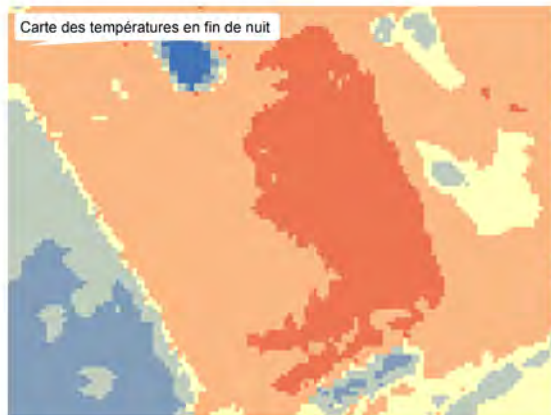


Fin de nuit

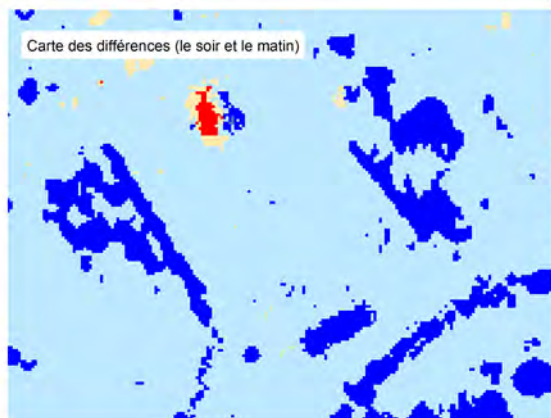
Fin de journée



EFFET MATÉRIAUX : PIERRE BLEUE DU PARVIS DE ROTTERDAM (EURALILLE)

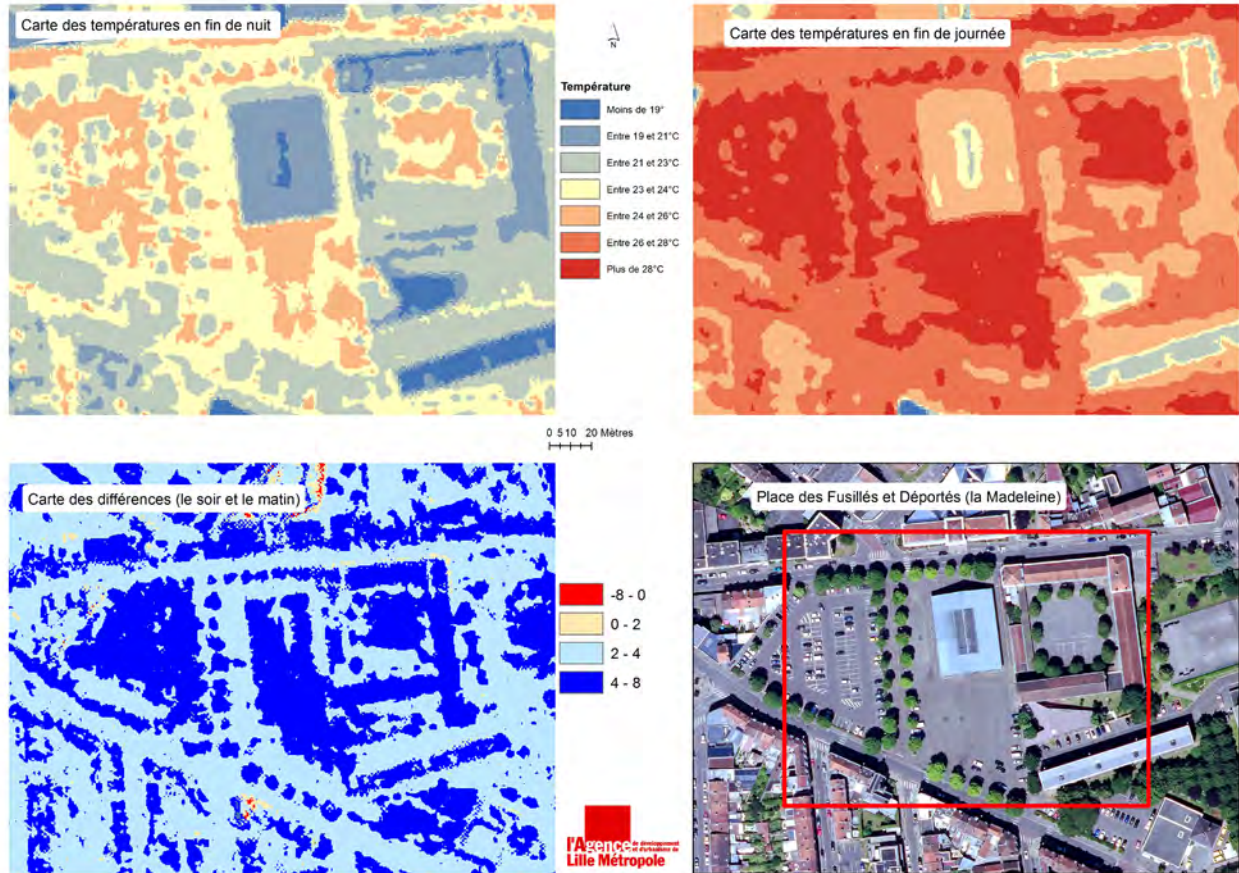


0 5 10 20 Mètres

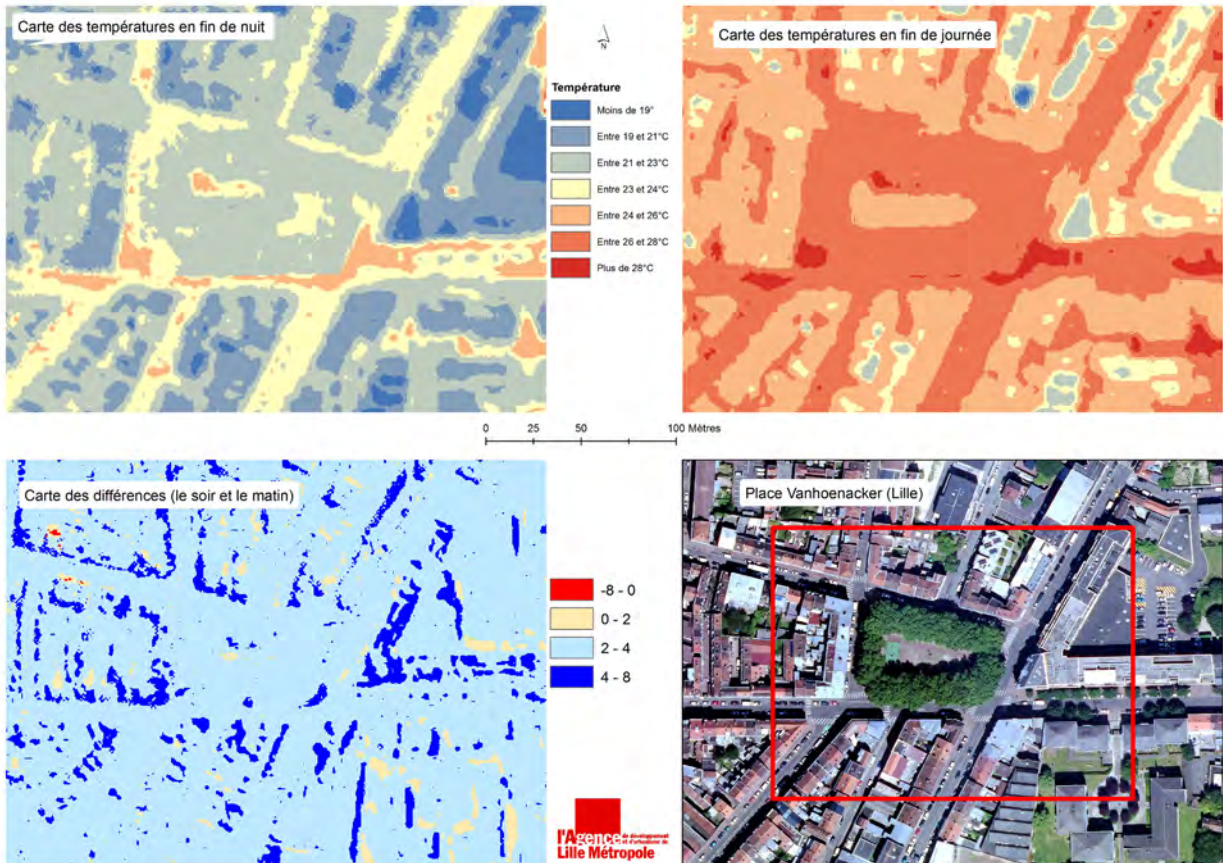


l'Agence de développement et d'urbanisme de Lille Métropole

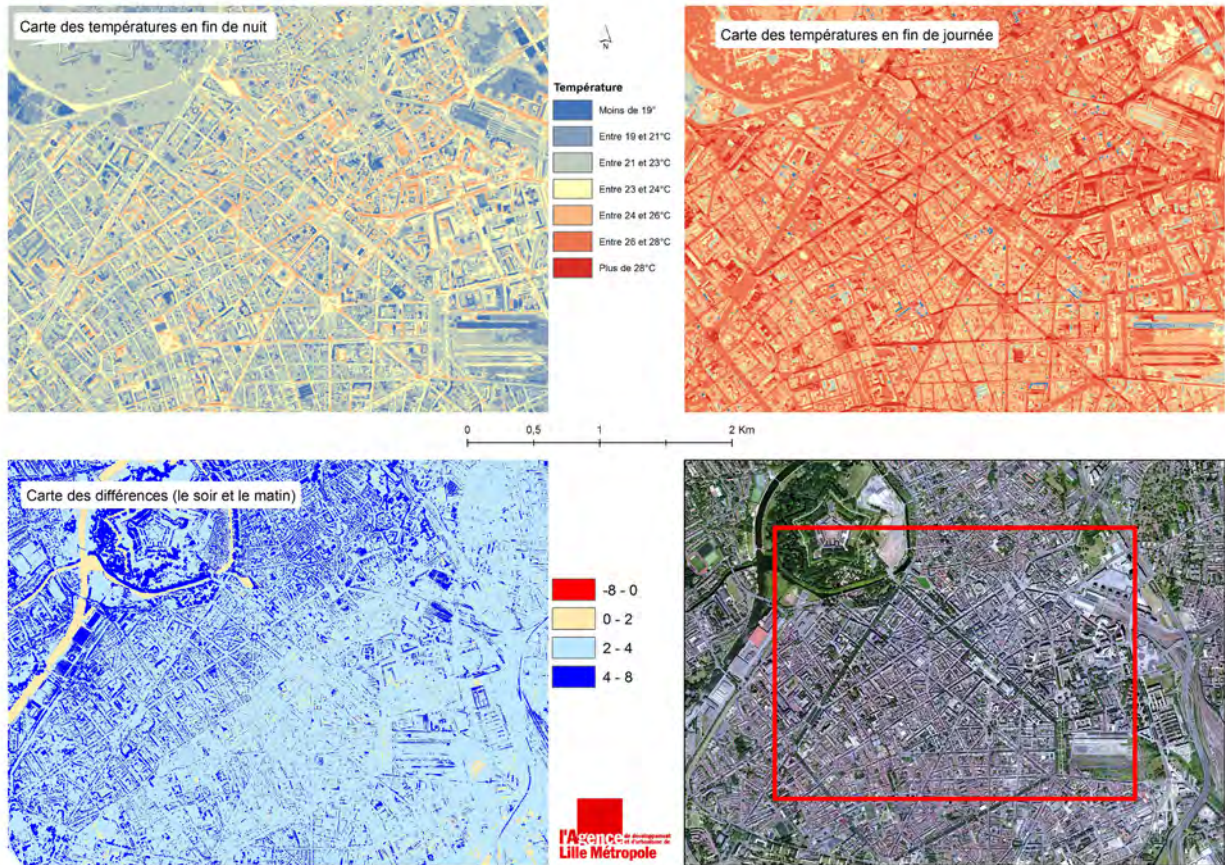
D- EFFET MATÉRIAUX : PLACE DU MARCHÉ DE LA MADELEINE, PARKING BITUMÉ (PLACE DES FUSILLÉS ET DÉPORTÉS)



E- EFFET MATÉRIAUX : PLACE AMÉNAGÉE À LILLE (PLACE VANHOENACKER)

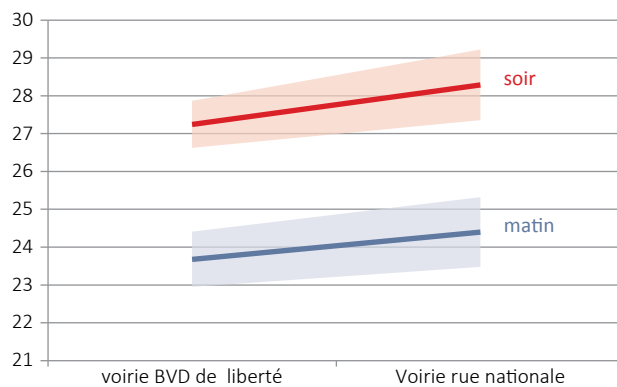


EFFET MATÉRIAUX : LE RÉSEAU ROUTIER, FACTEUR D'ÉCHAUFFEMENT DE LA VILLE (ZONE CENTRALE DE LILLE)



Le réseau routier est particulièrement échauffé en journée (plus de 28°C en fin de journée) et, par inertie thermique, refroidit moins la nuit (plus de 24°C en fin de nuit).

Il représente l'essentiel des zones chaudes repérées par l'image aérienne thermique de fin de nuit.

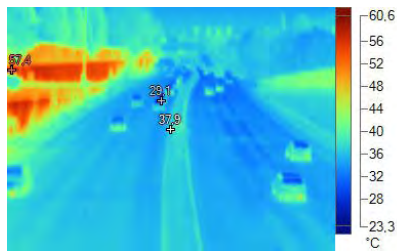


L'effet orientation

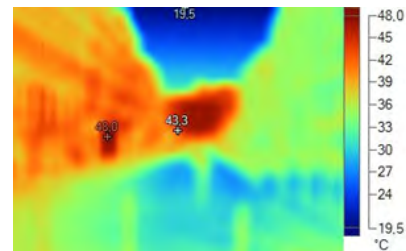
La forme urbaine et notamment l'orientation sud/sud-ouest du bâti est également un facteur explicatif de l'échauffement des villes en période caniculaire.

En fin de journée, les façades orientées à l'ouest et sud-ouest sont en surchauffe. A partir des relevés thermiques

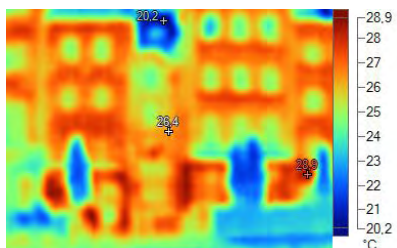
au sol, nous pouvons illustrer ce phénomène avec les murs en briques (57,4°C) et **les parois anti-bruit** (52°C) de la voie rapide urbaine, ou les **façades** de la place du Général de Gaulle (51,6°C) et de la gare Lille Flandres (43,3°C) à Lille.



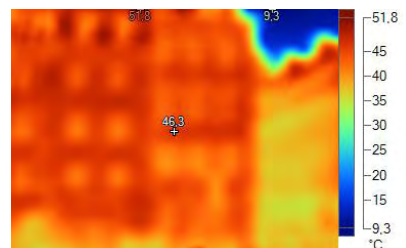
Effet orientation – VRU (cliché thermique de fin de journée)



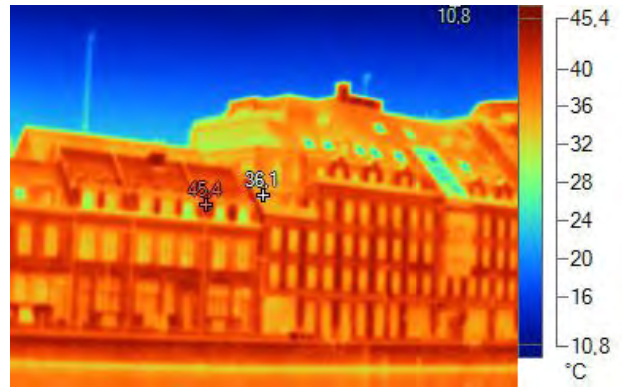
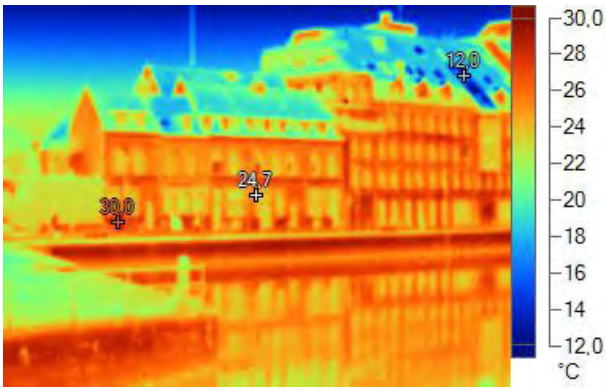
Effet orientation - Rue Faidherbe (cliché thermique de fin de journée)



Effet orientation – Place du Général de Gaulle à Lille (clichés thermiques de fin de nuit et de fin de journée)

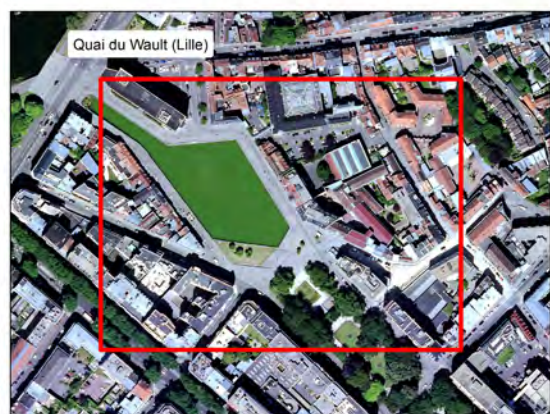
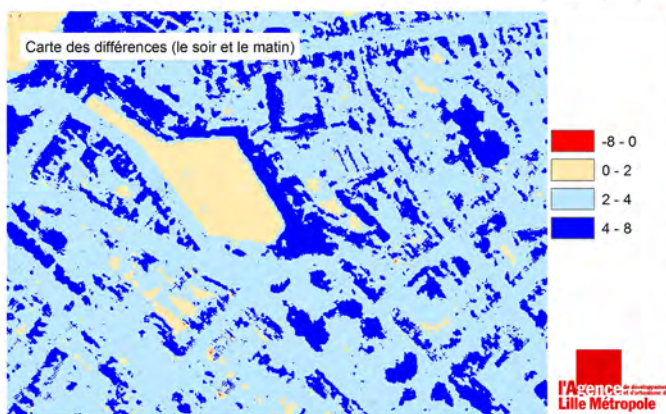
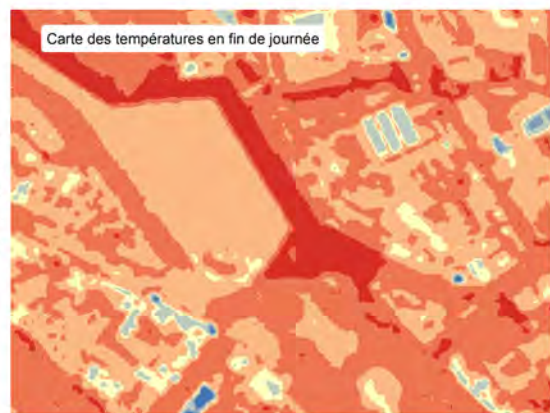
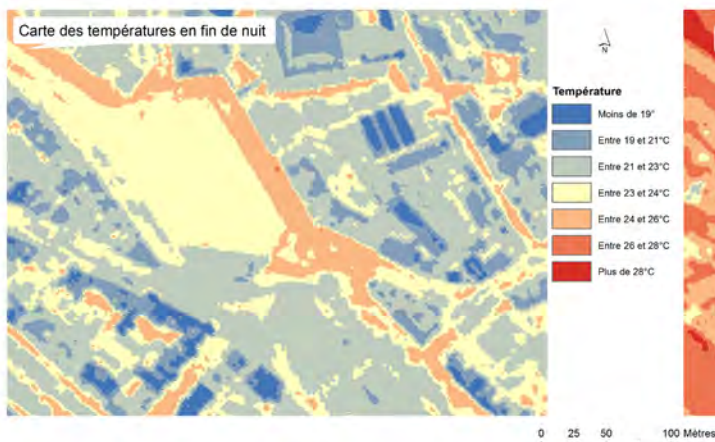


EFFET ORIENTATION - QUAI DU WAULT À LILLE (CLICHÉS THERMIQUES DE FIN DE NUIT ET DE FIN DE JOURNÉE)



En période de canicule, l'effet orientation accentue l'inconfort thermique des bâtiments mal isolés (mauvaise étanchéité) ou mal protégés (absence de brise-soleil, de végétation et/ou d'ombre portée). A titre d'illustration,

les façades des logements résidentiels du **Quai du Wault** (ornées de pavés en grès de Chine et bordures en pierre bleue) ont été mesurées à 45,4°C en fin de journée caniculaire et 30°C en fin de nuit.



Toutefois, à la différence des façades orientées plein sud (axe est-ouest du bâti), les façades orientées à l'ouest / sud-ouest, se refroidissent plus vite (15°C pour le cas des façades du Quai du Wault reprises en exemple) car elles ont une durée d'exposition moins importante et donc une moindre inertie thermique.

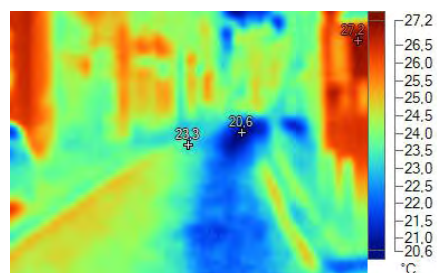
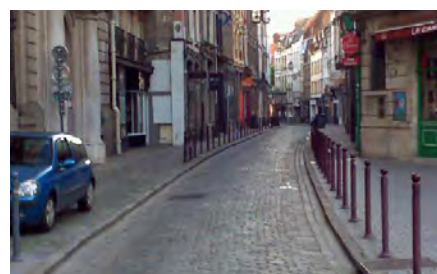
L'effet orientation explique en partie les écarts de température importants entre les relevés thermiques de fin de journée et de fin de nuit (cf. carte p.34). En effet, une partie des fortes différences de températures (en bleu foncé) s'explique pour la partie Nord de Lille par **la disposition « en éventail » des rues**, soit une exposition progressive des façades vers l'ouest dans la partie Nord de la ville en raison de la disposition des rues.



Disposition en éventail des rues de Lille (orientation plein sud, sud-est à sud-ouest)

Toutefois l'effet orientation n'explique pas à lui seul les différences de températures les plus grandes : nous retrouvons également l'effet boisement (et notamment le bois de Boulogne déjà analysé ci-avant) avec un rayonnement infrarouge foisonnant en fin de journée et d'une moindre émissivité en fin de nuit. Un autre facteur explicatif réside dans la morphologie urbaine¹ : les formes urbaines plus diluées auront tendance à refroidir plus fortement pendant la nuit. A l'inverse, **les formes denses et compactes se caractérisent davantage par une plus grande inertie thermique en raison d'une concentration minérale plus élevée.**

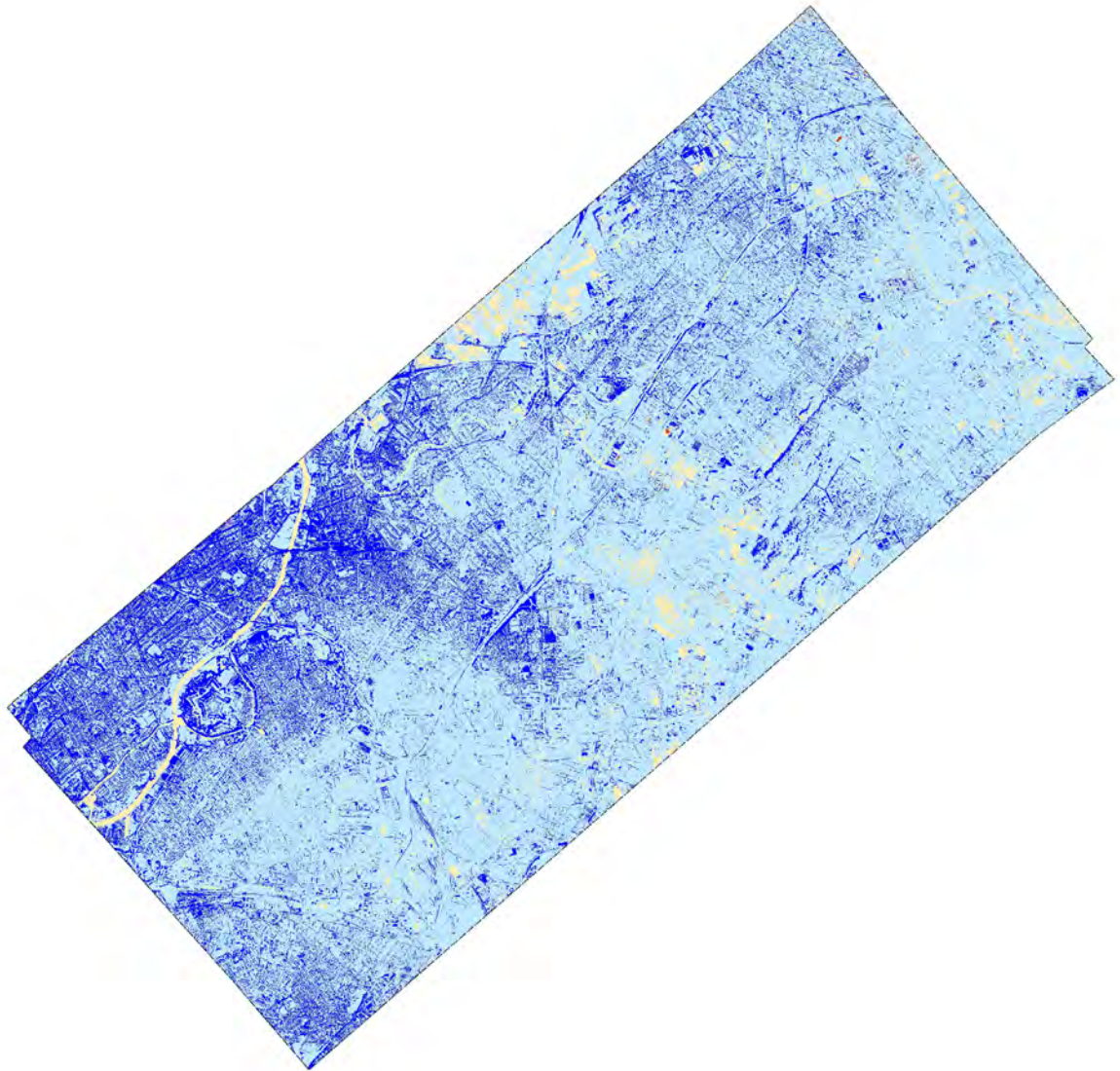
Cette approche dite « typo-morphologique » fera l'objet de la prochaine partie du document.



Rue de la Clef à Lille : illustration de l'inertie thermique d'une rue étroite et encaissée (cliché de fin de nuit)

1- La forme urbaine influence également le régime des vents de par sa rugosité : une rue étroite et encaissée, formant un canyon, gêne la circulation des vents induisant une stagnation des masses d'air et des pollutions. Cet effet canyon peut se calculer à partir de la notion « facteur vue du ciel » qui exprime l'accessibilité visuelle de la voûte stellaire à partir du sol (notion de « Sky View Factor » ou « SVF » en anglais). Cet indice varie de 0 à 1 exprimant le degré d'ouverture de l'espace bâti aux vents et donc de l'intensité du refroidissement nocturne. Concernant notre étude, les conditions mêmes d'observation (vent très faible) ne nous ont pas permis de mesurer ni d'observer un effet canyon.

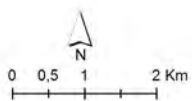
CARTE DES DIFFÉRENCES DE TEMPÉRATURES (SOIR ET MATIN)



Différence de température entre la fin de journée et la fin de nuit

- -8 - 0
- 0 - 2
- 2 - 4
- 4 - 8

--- Périmètre de zone d'étude



LE PROFIL THERMIQUE TERRITORIAL DES ICU

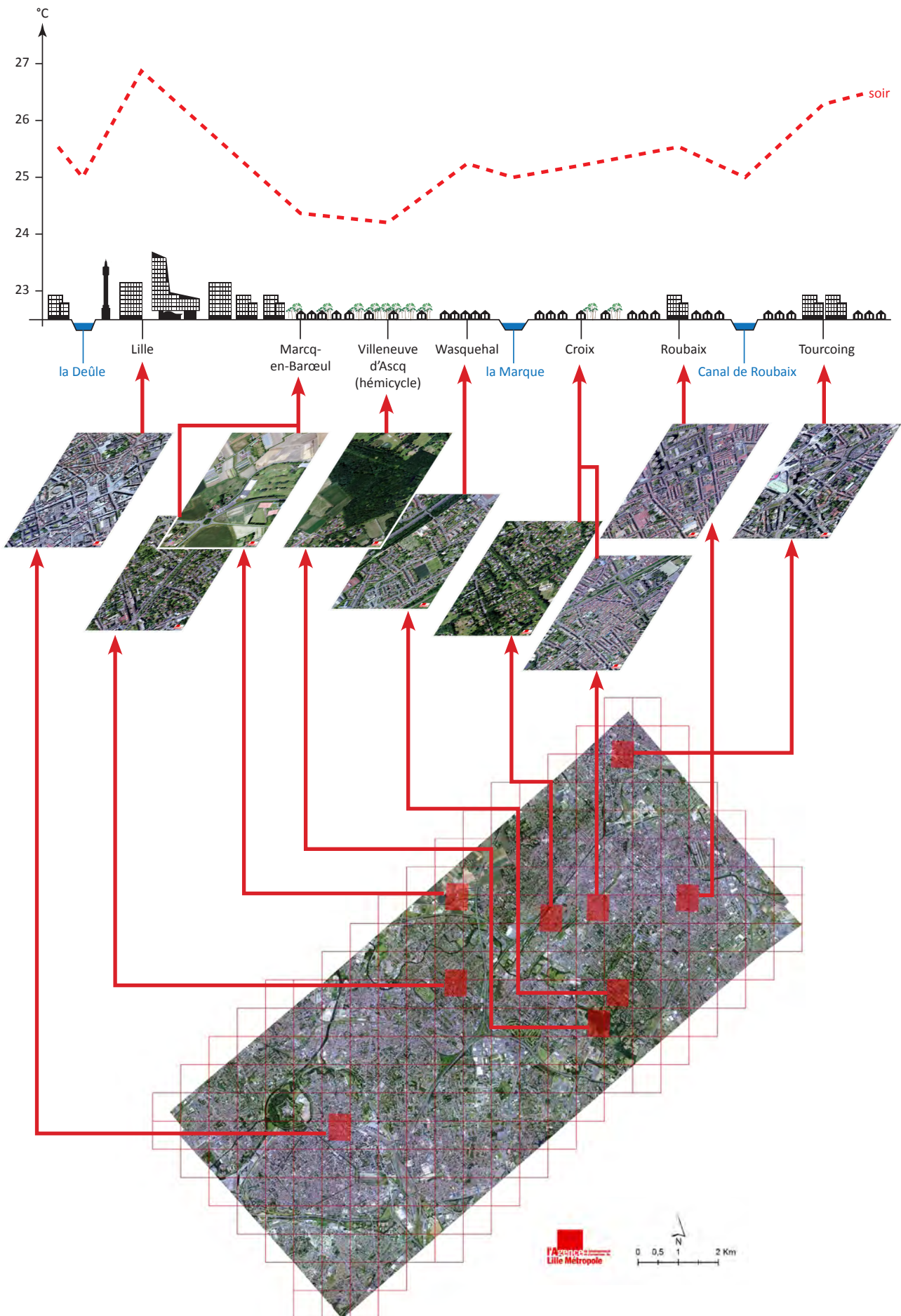
En conclusion, nous avons pu vérifier l'existence du phénomène d'ICU en métropole lilloise en période caniculaire à partir des stations météorologiques et des photos thermiques.

Les villes denses et centrales ont une capacité d'échauffement supérieure au reste de l'aire urbaine en raison de leur caractère minéral (effet matériaux), une moindre couverture végétale (effet « îlot de fraîcheur ») et une orientation favorable de certaines façades le long de grands axes (sud / sud-ouest).

Pour mettre en évidence l'effet dôme de chaleur caractéristique de l'ICU, nous avons réalisé le profil territorial à partir des données thermiques issues de la photo aérienne et d'une sélection de zones d'entraînements représentatives du tissu urbain métropolitain.

Sur un axe Lille-Tourcoing, le profil est constitué des trois **cours d'eau** (la Deûle, la Marque et le Canal de Roubaix), une partie de l'**hémicycle forestier et agricole** de Villeneuve d'Ascq, trois **zones urbaines denses** issues de Lille, Roubaix et Tourcoing et trois tissus urbains représentatifs de **villes intermédiaires moins denses** (Marcq-en-Barœul, Wasquehal et Croix).





03.

L'APPROCHE TYPO-MORPHOLOGIQUE

L'approche typo-morphologique consiste à tenir compte de la composition des tissus urbains dans l'explication des ICU. Pour ce faire, nous avons retenu l'approche en zone climatique locale (ZCL).

LA NOTION DE ZONE CLIMATIQUE LOCALE (ZCL)











Le concept de zone climatique locale (ZCL) consiste à établir une classification de l'espace sous formes de zones urbaines homogènes dans leur réactivité au climat. Le but d'une telle classification est de pouvoir regrouper des espaces urbains homogènes afin de pouvoir les comparer entre eux.

Cette démarche est issue de la réflexion de deux chercheurs (Oké et Steward) qui retiennent 4 grands critères à l'origine du phénomène ICU :

- › la morphologie urbaine (structure urbaine, dimension du bâti, etc.) ;
- › la rugosité du terrain (influence du relief sur les déplacements des masses d'air) ;
- › le rapport entre la hauteur du bâti et l'espacement entre chaque entité du bâti ;
- › l'imperméabilisation des sols (part de surface imperméabilisée et surfaces aquatiques ou végétales).

Basée sur l'observation des grandes villes américaines du Nord, les chercheurs déterminent 10 classes de ZCL, faisant le distinguo entre les tissus compacts (les trois premières classes), ouverts (les trois classes suivantes), ruraux ou d'activités (les quatre dernières classes).

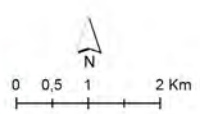
DESCRIPTION DES ZONES CLIMATIQUES LOCALES PAR OKE ET STEWART (Page 1885, "Local climate zones for urban temperatures studies", décembre 2012)

Built types	Definition		
1. Compact high-rise	Dense mix of tall buildings to tens of stories. Few or no trees. Land cover mostly paved. Concrete, steel, stone, and glass construction materials.		
2. Compact midrise	Dense mix of midrise buildings (3–9 stories). Few or no trees. Land cover mostly paved. Stone, brick, tile, and concrete construction materials.		
3. Compact low-rise	Dense mix of low-rise buildings (1–3 stories). Few or no trees. Land cover mostly paved. Stone, brick, tile, and concrete construction materials.		
4. Open high-rise	Open arrangement of tall buildings to tens of stories. Abundance of pervious land cover (low plants, scattered trees). Concrete, steel, stone, and glass construction materials.		
5. Open midrise	Open arrangement of midrise buildings (3–9 stories). Abundance of pervious land cover (low plants, scattered trees). Concrete, steel, stone, and glass construction materials.		
6. Open low-rise	Open arrangement of low-rise buildings (1–3 stories). Abundance of pervious land cover (low plants, scattered trees). Wood, brick, stone, tile, and concrete construction materials.		
7. Lightweight low-rise	Dense mix of single-story buildings. Few or no trees. Land cover mostly hard-packed. Lightweight construction materials (e.g., wood, thatch, corrugated metal).		
8. Large low-rise	Open arrangement of large low-rise buildings (1–3 stories). Few or no trees. Land cover mostly paved. Steel, concrete, metal, and stone construction materials.		
9. Sparsely built	Sparse arrangement of small or medium-sized buildings in a natural setting. Abundance of pervious land cover (low plants, scattered trees).		
10. Heavy industry	Low-rise and midrise industrial structures (towers, tanks, stacks). Few or no trees. Land cover mostly paved or hard-packed. Metal, steel, and concrete construction materials.		



Référence de l'atlas des tissus urbains (Parcelles)

- Maisons de villes hautes
- Tissu d'activités
- Tissu d'équipements
- Tissu de collectifs
- Tissu de maisons de villes
- Tissu de maisons jumelées ou groupées denses
- Villas discontinues
- Tissu de pavillonnaires très peu ou peu denses
- Tissu urbain continu dense
- Périmètre de zone d'étude
- Surfaces en eau
- Territoire artificialisé 2013
- Zone non artificialisée



Il faut noter que cette classification se base sur les villes de types américaines qui ne présentent pas la même structure que les villes de l'arc nord-européen, a fortiori de la métropole lilloise. Par exemple, la première classe correspond aux quartiers d'affaires composés essentiellement de building, soit une configuration extrêmement rare et ponctuelle en Europe (La Défense à Paris, la City à Londres...).


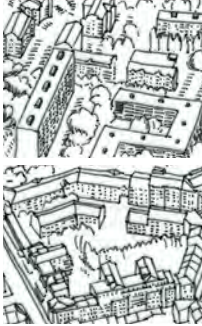


Toutefois, la méthode demeure transposable pour notre zone d'étude, puisque, en référence à l'atlas des tissus urbains de la métropole lilloise, nous identifions 5 ZCL correspondant à l'occupation du sol métropolitain :

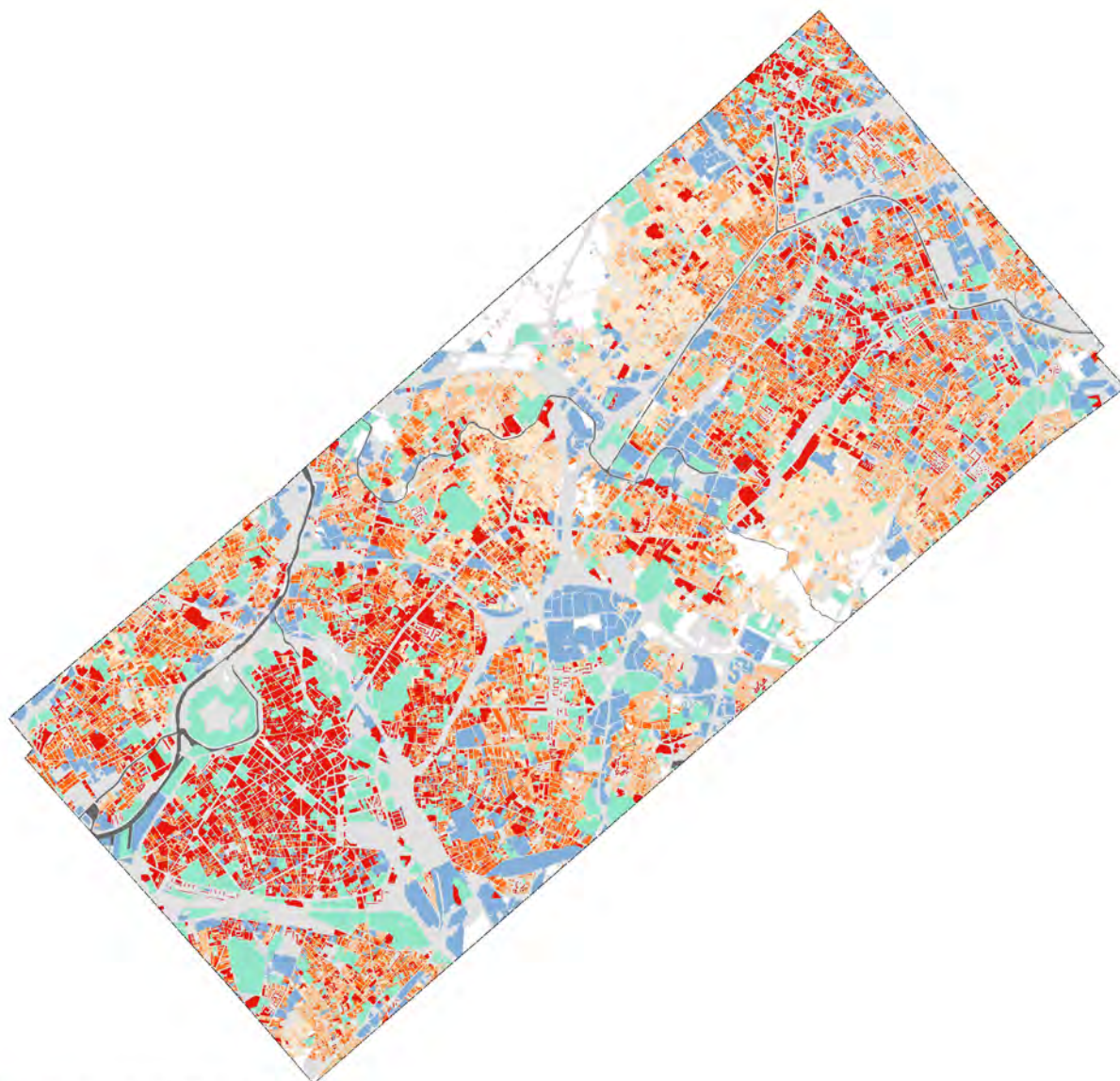
- › le tissu urbain dense (catégorie 2, « compact midrise ») ;

- › le tissu urbain dense de petite hauteur (catégorie 3, « compact low-rise ») ;
- › le tissu urbain espacé (catégorie 6, « open low-rise ») ;
- › le tissu urbain espacé peu dense (catégorie 9, « sparcely built ») ;
- › le tissu d'équipements et d'activités (catégorie 8, « large low-rise »).

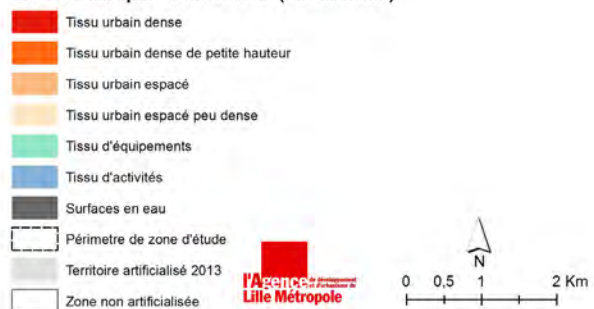
A partir de l'atlas morphologique des tissus urbains réalisé par l'Agence, nous avons identifié 6 catégories de ZCL spécifiques à notre zone d'étude. Cette classification va permettre la comparaison des comportements climatiques de chacun des tissus en condition caniculaire.


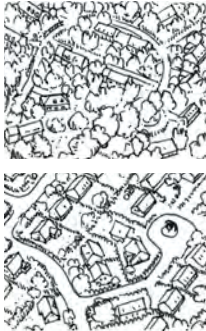
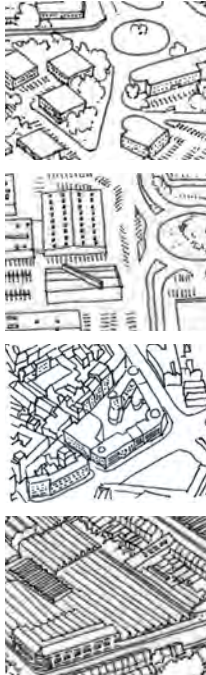

CORRESPONDANCE DES ZCL ET TISSUS URBAINS DE LA MÉTROPOLE LILLOISE

Tissu urbain dense [Compact midrise]			Tissu urbain dense de petite hauteur [Compact low-rise]
			
Maisons de villes hautes	Tissu de collectifs	Tissu urbain continu dense	Tissu de maisons de villes mitoyennes
La maison de ville haute, maison de ville mitoyenne de 3 à 4 niveaux, a été distinguée du tissu de maison de ville général. Sa présence ancienne se trouve au cœur des grandes villes et de leur première couronne.	Les tissus de logements collectifs regroupent les logements collectifs discontinus, les plus nombreux en nombre et en surface, et les logements collectifs, moins nombreux et plus particulièrement localisés dans les centres urbains. Ces tissus couvrent environ 4% de la surface totale des parcelles urbanisées.	Le tissu urbain continu dense, caractéristique des cœurs de grands villes, correspond au tissu d'îlots fermés accueillant des fonctions diverses, composé par un bâti hétérogène mais pas nécessairement, avec une forte compacité.	Le tissu urbain dense de petite hauteur coïncide avec le tissu de maisons de villes mitoyennes qui regroupe deux types d'habitat : les maisons de ville étroites et les maisons de courées.



Zone climatique locale lilloise (Parcelles)

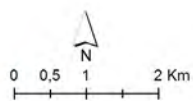


Tissu urbain espacé [Open low-rise]	Tissu urbain espacé peu dense [Sparsely built]	Tissu d'équipements et d'activités [Large row rise]	Tissu d'activités [Large row rise]
			
Tissu de villas discontinues Tissu de maisons jumelées ou groupées denses	Tissu de pavillonnaires peu denses et très peu denses	Tissu d'équipements et d'activités	Tissu d'activités
<p>Le tissu urbain espacé regroupe les tissus de villas discontinues et de maisons jumelées ou groupées denses : ce dernier type de tissu est omniprésent dans la métropole, à l'exception des centres urbains. Il comprend deux typologies d'habitat à la fois bas et semi-continu : les maisons groupées de plain-pied et les maisons jumelées ou groupées.</p>	<p>Le tissu urbain espacé peu dense reprend le tissu de pavillonnaires peu denses et très peu denses : les pavillons discontinus très peu denses ou peu denses sont caractéristiques des secteurs d'habitat discontinu. Couvrant environ 15% de la tache urbaine, ils sont présents principalement dans les zones péri-urbaines de la MEL avec une forte concentration à l'interstice de Lille, Roubaix et Tourcoing, faisant apparaître une spécialisation marquée de ce territoire</p>	<p>Les tissus d'activités regroupent à la fois les bureaux et les halles, continus et discontinus. Couvrant 20% du territoire étudié, ces activités sont présentes de façon intense au cœur des villes et faubourgs industriels, à très intense en périphérie des grandes villes.</p>	<p>Le tissu d'équipements correspond aux écoles, mairies, équipements sportifs à l'échelle communale, et, à l'échelle régionale au CHR, Universités, Port, Aéroport, Musées, Grand Stade... Ces tissus d'équipements couvrent près de 15% de la tache urbaine, les équipements discontinus couvrant la part la plus importante.</p>



Température de fin nuit (Parcelles)

- Moins de 19°C
- Entre 19 et 21°C
- Entre 21 et 23°C
- Entre 23 et 24°C
- Entre 24 et 26°C
- Entre 26 et 28°C
- Plus de 28°C
- Périmètre de zone d'étude
- Surfaces en eau
- Territoire artificialisé 2013
- Zone non artificialisée

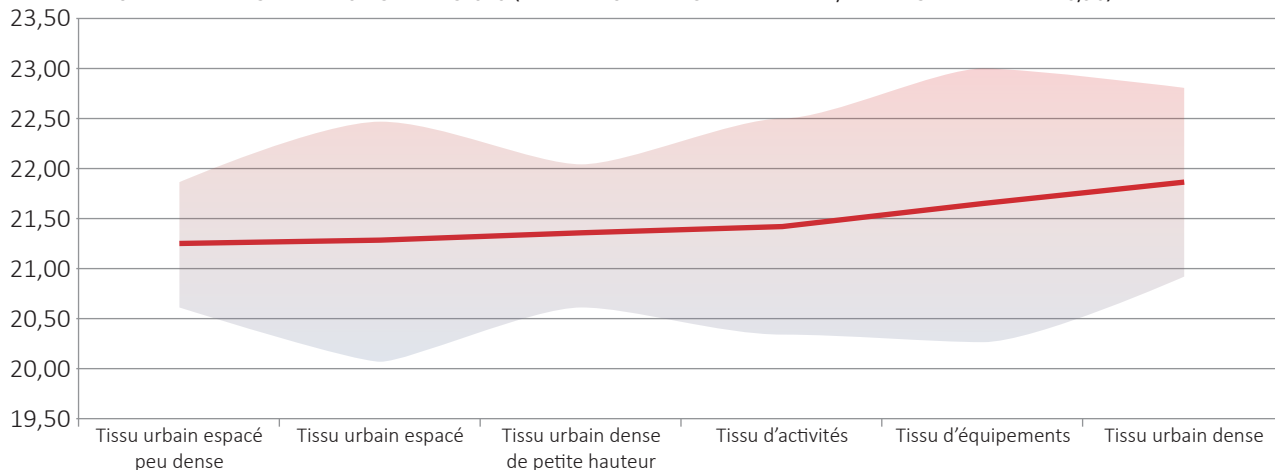


ANALYSE DES ZONES CLIMATIQUES LOCALES

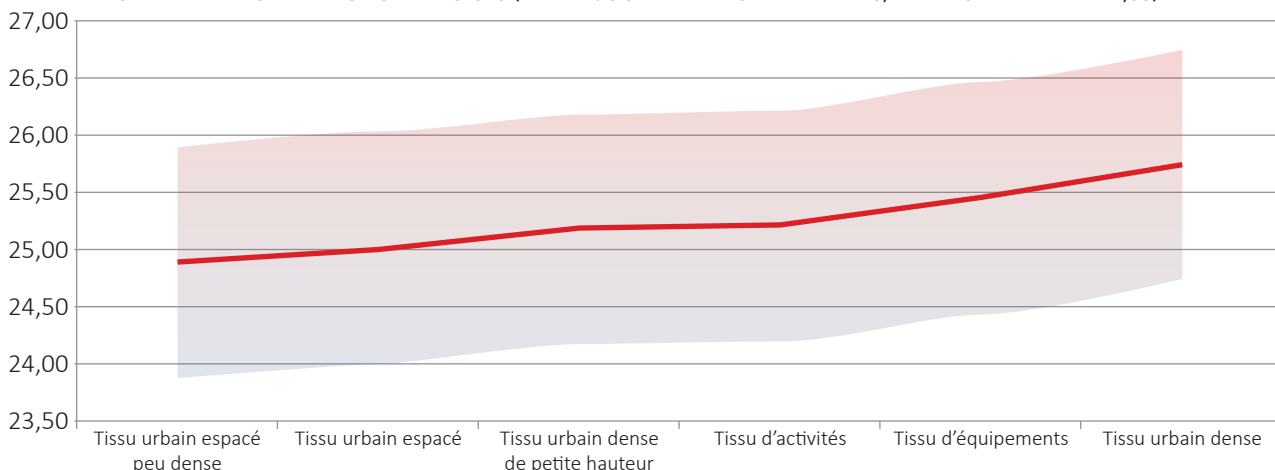
A partir du croisement des données thermiques aériennes et de la classification en ZCL de notre zone d'étude, nous avons pu vérifier que la forme urbaine dense est un facteur d'échauffement des villes en situation caniculaire.

En moyenne, le tissu urbain espacé peu dense est moins chaud de 0,85°C par rapport au tissu urbain dense en fin de journée (et de 0,6°C en fin de nuit).

TEMPÉRATURE À LA PARCELLE DES ZCL LILLOISES (FIN DE NUIT – MOYENNE DE 21,41 ET ÉCART-TYPE DE 0,96)



TEMPÉRATURE À LA PARCELLE DES ZCL LILLOISES (FIN DE JOURNÉE – MOYENNE DE 25,21 ET ÉCART-TYPE DE 1,03)



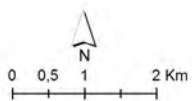
Une analyse plus fine à partir de la typologie extraite de l'Atlas des tissus urbains (ADULM) permet de hiérarchiser dans un ordre croissant un continuum des types d'habitats qui s'échauffent le plus : dans la partie basse, nous retrouvons les pavillons peu denses et très peu denses ainsi que les tissus de maisons de villes, jumelées ou grou-

pées denses, situés davantage dans les villes intermédiaires résidentielles. Dans une partie intermédiaire, nous retrouvons les tissus d'activités et d'équipements, plutôt disséminés sur l'ensemble du territoire. Enfin, les tissus les plus chauds concernent les maisons de villes hautes, les villas discontinues, les collectifs et l'urbain continu dense.

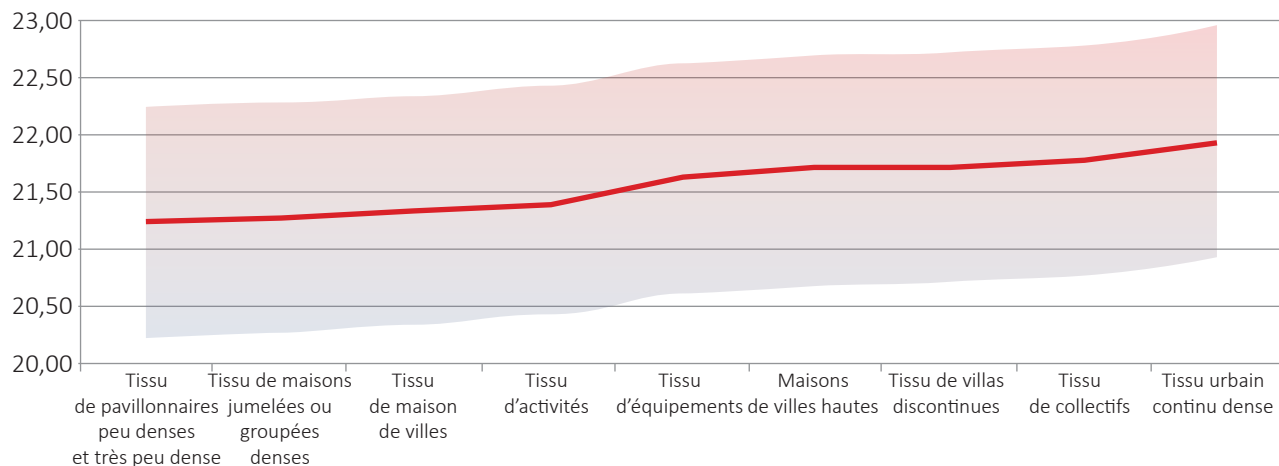


Température de fin journée (Parcelles)

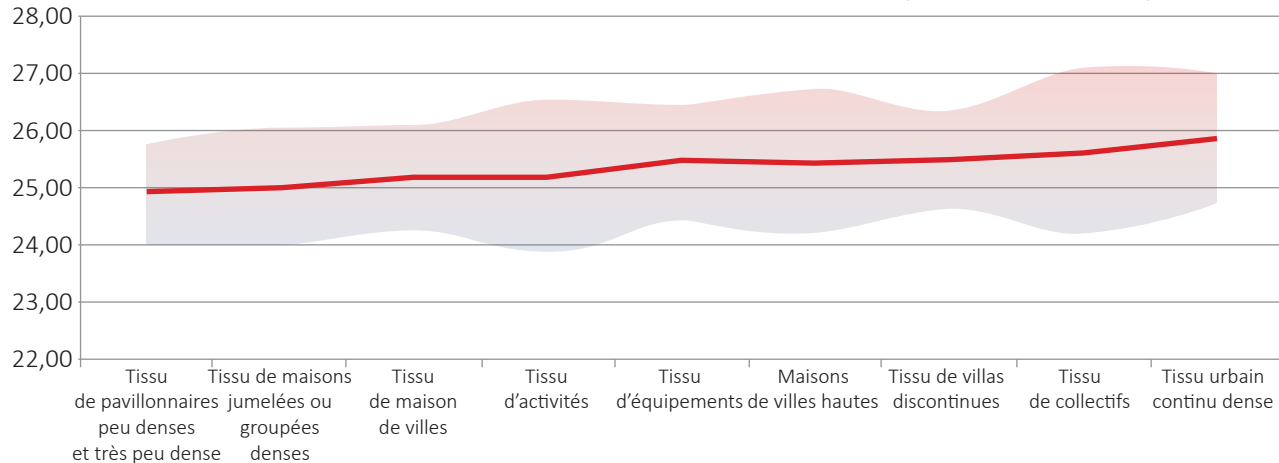
- Moins de 19°C
- Entre 19 et 21°C
- Entre 21 et 23°C
- Entre 23 et 24°C
- Entre 24 et 26°C
- Entre 26 et 28°C
- Plus de 28°C
- Périmètre de zone d'étude
- Surfaces en eau
- Territoire artificialisé 2013
- Zone non artificialisée



TEMPÉRATURE À LA PARCELLE DES TISSUS URBAINS (FIN DE NUIT – MOYENNE DE 21,41 ET ÉCART-TYPE DE 0,96)



TEMPÉRATURE À LA PARCELLE DES TISSUS URBAINS (FIN DE JOURNÉE – MOYENNE DE 25,21 ET ÉCART-TYPE DE 1,03)



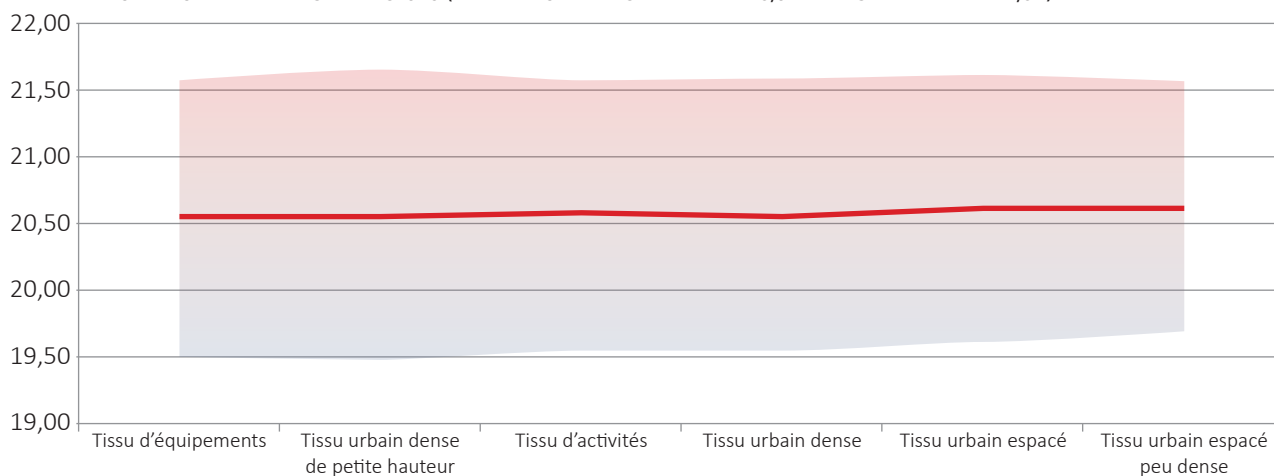
Toutefois, bien que nous établissions un lien entre la forme urbaine via les ZCL et l'échauffement en période caniculaire, la localisation entre le centre et la périphérie prime davantage dans les différences de température : de manière générale, les formes urbaines denses seront plus

chaudes comparativement à un habitat dilué mais l'urbain dense d'une ville périphérique restera en moyenne moins chaud que le tissu urbain d'une ville centrale (quel que soit son tissu).

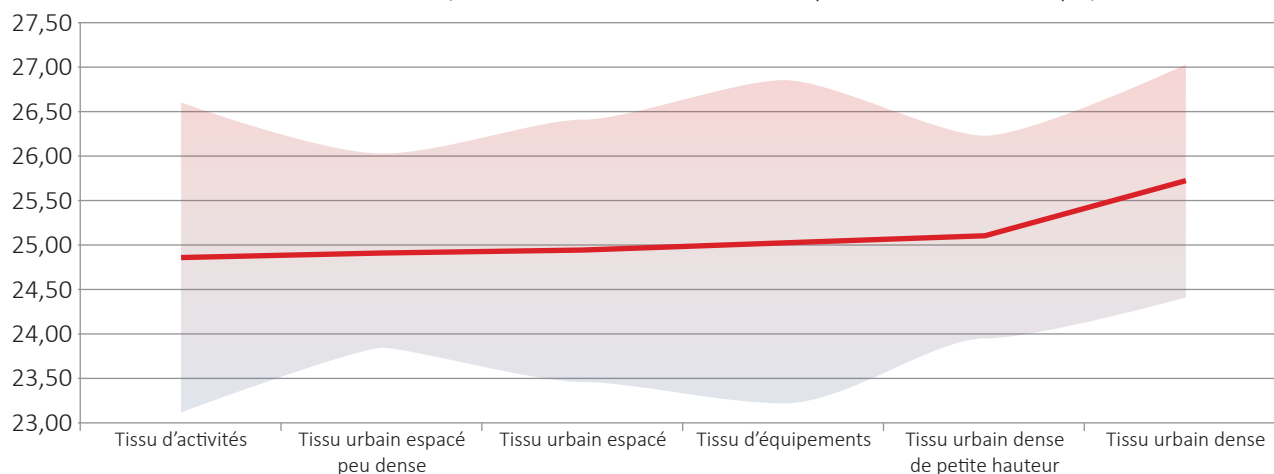
L'observation des données thermiques à l'échelle du bâti en revanche n'établit pas de causalité significative entre les ZCL et l'échauffement en période caniculaire

(un écart de 0,07°C en fin de nuit). Ce résultat est logique puisqu'il signifie une réaction similaire de l'ensemble des toitures du cadre bâti (les tuiles la plupart du temps).

TEMPÉRATURE DU BÂTI PAR ZCL LILLOISES (FIN DE NUIT – MOYENNE DE 20,57 ET ÉCART-TYPE DE 1,04)



TEMPÉRATURE DU BÂTI PAR ZCL LILLOISES (FIN DE JOURNÉE – MOYENNE DE 25,14 ET ÉCART-TYPE DE 1,35)



04.

LES ENJEUX ET PRÉCONISATIONS

L'ICU s'explique par une densité de flux solaire (W/m²) des villes supérieure à celle de la campagne en raison d'une occupation des sols de nature différente : plus minérales, plus sombres et plus imperméables. Contrairement aux idées reçues, la pollution n'est pas responsable de la hausse des températures en ville (A'U, 2014). En effet, la pollution atmosphérique en ville n'est pas à l'origine de la formation des ICU et n'impacte pas sa caractérisation. Cependant, de fortes chaleurs combinées aux fortes pollutions peuvent entraîner **des risques sanitaires**.

Selon l'ONERC (Observatoire National sur les Effets du Réchauffement Climatique), les politiques publiques d'adaptation ont pour objectifs d'anticiper les impacts à attendre du changement climatique, de limiter leurs dégâts éventuels en intervenant sur les facteurs qui contrôlent leur ampleur et de profiter des opportunités potentielles. Dans le secteur de la santé, même si certaines implications du changement climatique pourraient s'avérer bénéfiques, comme la baisse de la mortalité due au froid durant les hivers plus doux, la plupart des effets auraient des conséquences néfastes (2009). On estime à 500 millions d'Euros la valeur perdue par notre société du fait des décès prématurés pendant la canicule de 2003 (plus de 15 000 décès supplémentaires soit une surmortalité de 60% à l'échelle nationale, 134% en Ile de France, secteur plus urbanisé). **L'InVS** (Institut de Veille Sanitaire) **montre que l'effet d'ICU a joué un rôle important dans la surmortalité observée pendant les vagues de chaleur** (repos nocturne empêché, persistance de la canicule...).

En outre, l'ADEME île de France note que « la chaleur accablante accentuée ou générée par les ICU peut créer un stress thermique pour la population. Certaines personnes sont davantage vulnérables, comme les personnes atteintes de certaines maladies chroniques, les populations socialement isolées, les très jeunes enfants, les travailleurs extérieurs, les personnes ayant un faible niveau socioéconomique, les sportifs extérieurs de haut niveau et les personnes souffrant de troubles mentaux. Enfin, les personnes âgées sont également prédisposées à des troubles liés à la chaleur, notamment en raison des changements physiologiques associés au vieillissement. **La chaleur accablante engendrée par les îlots de chaleur urbains peut provoquer des inconforts, des faiblesses, des troubles de la conscience, des crampes,**

des syncopes, des coups de chaleur, voire exacerber les maladies chroniques préexistantes comme le diabète, l'insuffisance respiratoire, les maladies cardiovasculaires, cérébrovasculaires, neurologiques et rénales, au point de causer la mort. Les agences de santé à travers le monde, sur recommandation de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), mettent en place divers programmes de lutte aux effets de la chaleur accablante et de prévention des îlots de chaleur urbains. » (ADEME, 2012).

La chercheuse, Morgane Colombert (2008) identifie un ensemble de **onze leviers d'actions concernant les bâtiments** (forme enveloppe, fonctionnement), **les espaces publics** (forme, composition, géométrie, arbres d'alignement et espace végétalisé) et **l'organisation urbaine** (densités, agencement, forme). D'autres auteurs se concentrent essentiellement sur deux facteurs principaux de réduction des chaleurs en ville : l'augmentation de l'albedo et des surfaces végétalisées. D'autres solutions existent telles que la suppression des obstacles à l'écoulement de l'air, la réduction de l'inertie thermique des matériaux et l'ombre, relevant davantage du confort d'été des bâtiments. Pour diminuer l'intensité des îlots de chaleur urbains, **nous préconisons de réduire la vulnérabilité des villes en réintroduisant davantage de nature et en améliorant la résilience de l'urbanisme** (mesures d'adaptation et d'atténuation).

REDÉPLOYER L'EAU ET LE VÉGÉTAL AU CŒUR DES AMÉNAGEMENTS URBAINS : LA NATURE EN VILLE

L'herbe, les arbres et les points d'eau rafraîchissent naturellement l'air ambiant en mettant les surfaces à l'ombre et en libérant des vapeurs d'eau. **Le redéploiement de l'eau et du végétal dans la tache urbaine** réintroduit un cycle naturel vertueux et moins coûteux en énergie et infrastructures. Outre son effet d'atténuation des îlots de chaleur urbain, l'eau est économisée, elle structure le paysage, assure une continuité urbaine et favorise le végétal. Le végétal quant à lui redevient perceptible, élément à part entière du décor urbain, il absorbe les eaux, fixe les sols et, par son feuillage, filtre l'air et réduit le niveau des particules en suspension.

Le cercle vertueux entre l'eau et le végétal constitue une

méthode alternative et peu coûteuse au « tout réseau », par une régulation naturelle qui améliore la qualité de l'eau, de l'air, des végétaux, des sols et, in fine, le bien-être des

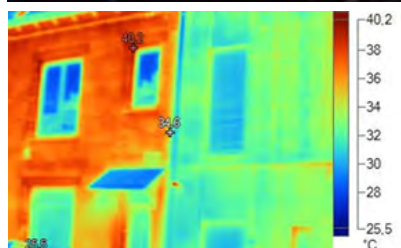
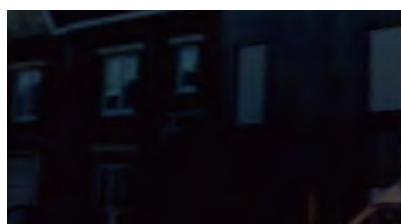
citadins. Par ailleurs, les espaces verts encouragent l'activité physique et récréative pour tous, favorisent le lien social et peut faire le pendant avec une politique de ville nourricière.

INTÉGRATION DU PHÉNOMÈNE ICU DANS LE PLU

Objectifs	Références (cadre légal ou autres territoires)	Préconisation PLU
Favoriser la végétalisation dans le cadre du bâti	Article L 122-1-5.VII du code de l'urbanisme	Introduction de la végétation de manière interstitielle : parcelles, rues, toitures, façades... pour retenir les eaux de ruissellement et un favoriser un rafraîchissement de l'air.
Adapter la conception de la ville au risque de canicule : multiplier les points d'eau	Article L 121-1 du code de l'urbanisme	Le PLU peut inciter à la gestion alternative des eaux : les eaux pluviales sont collectées et stockées en surface autour des bâtiments (jardins de pluie), conduites vers des bandes enherbées et plantées d'arbustes ; les eaux de ruissellement transitent vers des noues ou bassins de rétention ou filtrés pour éviter les contaminations des pollutions par hydrocarbures ou métalliques.
Adapter la conception de la ville au risque de canicule : l'arbre en ville	Article L 121-1 du code de l'urbanisme	Le PLU peut préconiser un coefficient de biotope (eau et végétal) minimal dans les projets de densification ou dans les zones à enjeu identifiés. Eviter les espèces allergisantes ou émettrices de composés organiques volatils (COV).

RÉFÉRENCES DE PRATIQUES À L'ÉTRANGER

MTLA : Million Tree Los Angeles	Initiative de la Ville de Los Angeles (US) de planter un million d'arbres
Verdissement massif par l'implantation de 450 000 arbres	Louisville Kentucky- US
Gestion intégrée du cycle de l'eau	VA Lanxmeer, Culemborg- PB



Effet matériaux entre le bois et la brique (rue de l'Asie à Lille, fin de journée du 24 août 2016)



Rue Wagner Lille Sud fin de nuit

UN URBANISME RÉSILIENT

Un urbanisme résilient renvoie à une conception urbaine limitant les zones d'échauffement (mesures d'atténuation) et permettant de mieux en supporter les effets (mesure d'adaptation).

L'atténuation est rendue possible par la nature en ville (paragraphe ci-avant) ou sur le choix des matériaux et leur coloris. L'albédo mesure la capacité d'une surface à renvoyer l'énergie solaire incidente. L'albédo terrestre moyen se situe à 0,3. L'albédo d'une surface arborée varie de 0,15 à 0,18, celui d'une surface gazonnée de 0,25 à 0,30 et celui d'une surface asphaltée de 0,05 à 0,20. Les climatologues du projet EPICEA² ont estimé que l'utilisation de matériaux plus clairs sur l'ensemble des façades et toitures d'immeubles parisiens pourrait abaisser de 1°C la température moyenne sur toute la durée de la canicule.

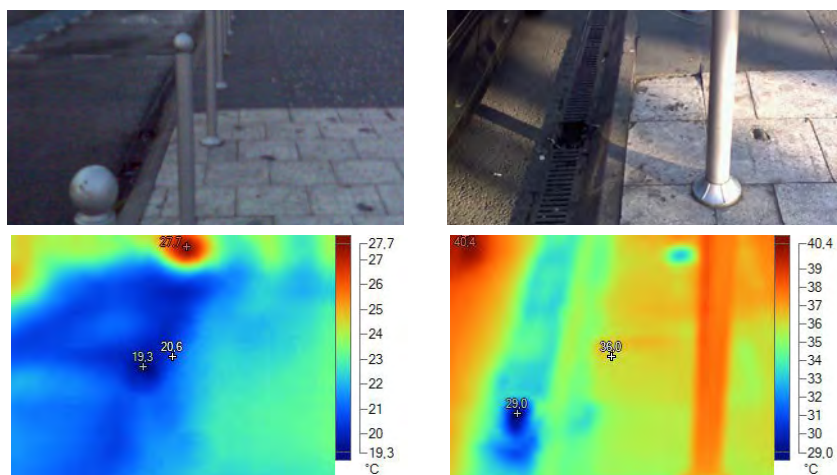
Les marges de manœuvre portent donc sur le choix des matériaux et leur coloris. L'asphalte, le béton et le granit constitutifs des places, surfaces de stationnement, chaussées sont par nature imperméables et leur capacité d'absorption d'énergie solaire sera d'autant plus grande qu'ils seront sombres.

Pour lutter contre l'effet îlot de chaleur, l'aménageur privilégiera les matériaux de moindre inertie thermique (comme le bois) et de pigmentation claire.

L'adaptation consiste à intégrer les principes d'une architecture bioclimatique (murs trombes, protections solaires, orientation favorable des ouvertures...) visant à réduire les besoins en chauffage (période froide) ou de refroidissement (période chaude) en optimisant les apports naturels climatiques (vent et soleil).

La couleur, la rugosité et les matériaux utilisés de surface (ci-dessus) jouent un rôle important dans la capacité à absorber les rayonnements solaires. L'orientation par rapport au soleil et au vent permet de limiter l'effet îlot de chaleur en favorisant le rafraîchissement naturel (coolfreshing, puits canadiens, vents traversants...) ou les ombres portées (murs, végétations...).

Un urbanisme résilient tend également à éviter les mesures dites de mal-adaptation qui consistent à apporter des réponses sources de gaspillages (arrosage des chaussées, ci-dessous, à partir d'eau potable ou des bouches d'incendie, par exemple), de contaminations sanitaires (brumisation) ou consommatrices d'énergie (climatisation motorisée).



Effet arrosage de la voirie (Boulevard de Leeds à Lille) : les différences de température en fin de journée (à gauche) sont atténuées après l'arrosage de la chaussée et du trottoir en fin de nuit (à droite)

2- Etude Pluridisciplinaire des Impacts du Changement Climatique à l'échelle de l'Agglomération Parisienne (Météo France, CSTB, Ville de Paris – 2011).

INTÉGRATION DU PHÉNOMÈNE ICU DANS LE PLU

Objectifs	Références (cadre légal ou autres territoires)	Préconisation PLU
Favoriser la végétalisation dans le cadre du bâti	Article L 122-1-5.VII du code de l'urbanisme	Les dispositions du PLU ne s'opposent pas à la végétalisation du cadre bâti : parkings, toitures, façades... Les arbres feuillus seront privilégiés dans la conception.
Viser dans l'aménagement et les bâtiments le confort d'été et les mesures d'atténuation des pics de chaleur en limitant le recours aux technologies	Article L 111-6-2 du code de l'urbanisme	Le PLU peut préconiser une architecture bioclimatique limitant les besoins énergétiques des bâtiments et une approche environnementale de l'urbanisme.
Intégrer une étude aéroulque lors de la phase de conception des projets d'aménagement urbain et du bâtiment		Une étude aéroulque des quartiers existants permettra d'identifier les zones peu aérées et les zones d'inconforts, des dispositifs pourront être mis en place pour rediriger l'air ou casser les vents et ainsi améliorer le confort des espaces extérieurs du quartier. La ventilation naturelle sera privilégiée notamment à partir d'une disposition en quinconce des implantations.
Réduction de la température ambiante de 2°c par le blanchissement des toitures (coolroof)	Projet « coolRoofNYC », New York- US ; Projet « sols intelligents », San Francisco- US ; Séoul- Corée	Le PLU peut encourager la pratique du coolroof des toitures terrasses à partir de membranes réfléchissantes, enduits clairs (couches de peintures) ou la disposition de graviers blancs.

05.

ANNEXES

BIBLIOGRAPHIE

ADEME, Guide de recommandation pour lutter contre l'effet d'îlot de chaleur urbain à destination des collectivités territoriales, ADEME Ile de France, octobre 2012.

A'U, Agir contre les îlots de chaleur urbains, Agence d'Urbanisme région Nîmoise et alsésienne, décembre 2014.

ADULM, Atlas des tissus urbains de la métropole lilloise, mai 2017.

APUR, Les îlots de chaleur urbains à Paris, Phase 1, décembre 2012

CACHALEAU, La prise en compte de l'adaptation aux changements climatiques dans les outils, pratiques de l'urbanisme et de l'aménagement (projets et procédures). Analyse croisée franco-québécoise de la gestion des îlots de chaleur urbaine et la gestion des eaux urbaines à partir de quatre métropoles : Montréal, Grenoble, Lyon, Nice. Rapport intermédiaire n°1, juillet 2013. Coordination : Anne Tricot, Ingénieure CNRS, Grenoble.

Colombert Morgane, Contribution à l'analyse de la prise en compte du climat urbain dans les différents moyens d'intervention sur la ville, Thèse de doctorat Génie urbain – Université Paris-Est, 2008.

Colombert, M. et Boudes, Adaptation aux changements climatiques en milieu urbain et approche globale des trames verte, Propos introductifs, VERTIGO, Hors-série 12 | mai 2012.
<http://vertigo.revues.org/11726>

EPICEA, Etude Pluridisciplinaire des Impacts du Changement Climatique à l'échelle de l'Agglomération Parisienne (Météo France, CSTB, Ville de Paris – 2011).

Grand Lyon (communauté urbaine), Lutter contre les îlots de chaleur urbains, référentiel, conception et gestion des Espaces Publics, 1990.

I. D. STEWART, T. R. OKE, Local climate zones for urban temperatures studies, in American Meteorological Society, décembre 2012

ONERC, Evaluation du coût des impacts du changement climatique et de l'adaptation en France, rapport de la deuxième phase, septembre 2009.

CARTES ET TABLEAUX

TEMPÉRATURES MOYENNES PAR COMMUNE ET ZONES CLIMATIQUES LOCALES (FIN DE NUIT)

Commune	Tissu urbain espacé peu dense	Tissu urbain espacé	Tissu urbain dense de petite hauteur	Tissu d'équipements	Tissu urbain dense	Tissu d'activités
LEERS	20,17	20,17	20,03	18,37	19,6	20,81
WATTIGNIES	20,55	20,33	20,67	NS	NS	NS
VILLENEUVE- D'ASCQ	20,62	20,64	20,62	21,04	21	20,84
HEM	20,8	20,44	20,05	21,26	20,71	20,61
LYS-LEZ- LAINNOY	20,88	20,79	20,83	20,92	21,06	20,9
BONDUES	20,91	NS	NS	NS	NS	20,48
WATTRELOS	21	20,61	20,88	22,45	20,3	21,05
CROIX	21,12	21,54	21,36	21,62	21,524	21,33
FACHES- THUMESNIL	21,12	21,13	21,18	21,25	21,4	21,05
MARCQ-EN- BAROEUL	21,2	21,23	21,2	21,64	21,54	21,38
WASQUEHAL	21,24	21,07	20,92	20,99	20,77	21,23
RONCHIN	21,29	21,24	20,98	21,08	21,27	21,12
ROUBAIX	21,42	21,27	21,32	21,47	21,63	21,32
MOUVAUX	21,5	21,46	21,27	21,89	21,66	21,57
MONS-EN- BAROEUL	21,53	21,16	21,1	21,75	21,3	21,57
MARQUETTE- LEZ-LILLE	21,73	21,55	21,43	21,92	21,56	21,54
LILLE	21,76	21,56	21,53	21,91	22,01	21,62
LAMBERSART	21,84	21,67	21,6	21,77	21,8	21,63
SAINT-ANDRE- LEZ-LILLE	21,85	21,58	21,39	22	21,82	21,61
TOURCOING	21,95	21,7	21,53	21,85	22	21,63
LA MADELEINE	21,97	21,81	21,64	20,89	21,89	21,77
LEZENNES	NS	NS	NS	NS	20,56	19,86
Moyenne	21,24	21,27	21,34	21,62	21,85	21,41

TEMPÉRATURES MOYENNES PAR COMMUNE ET ZONES CLIMATIQUES LOCALES (FIN DE JOURNÉE)

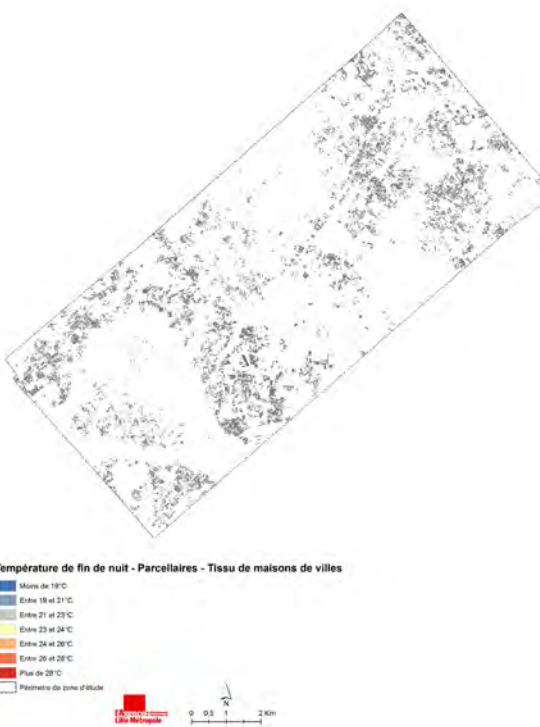
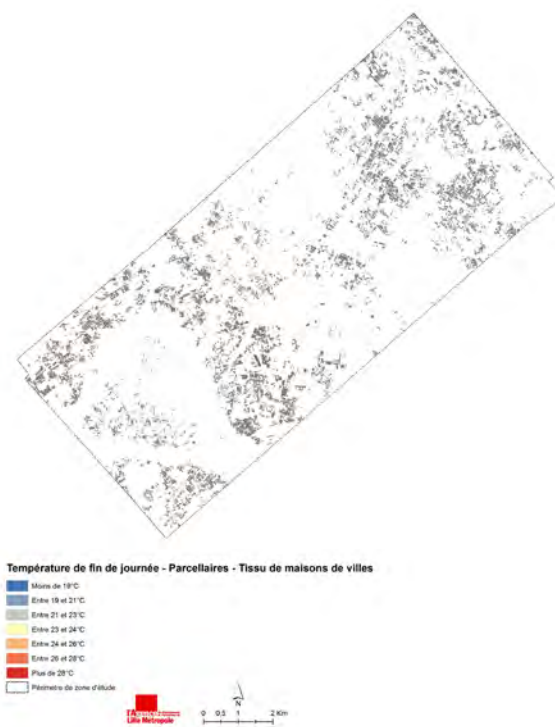
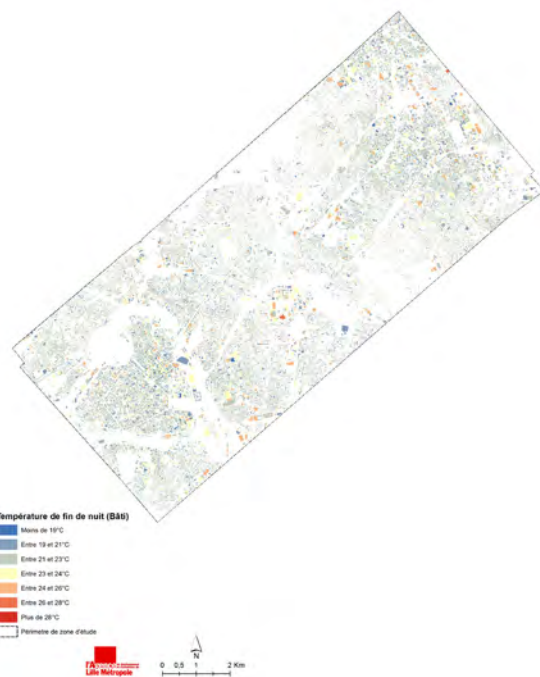
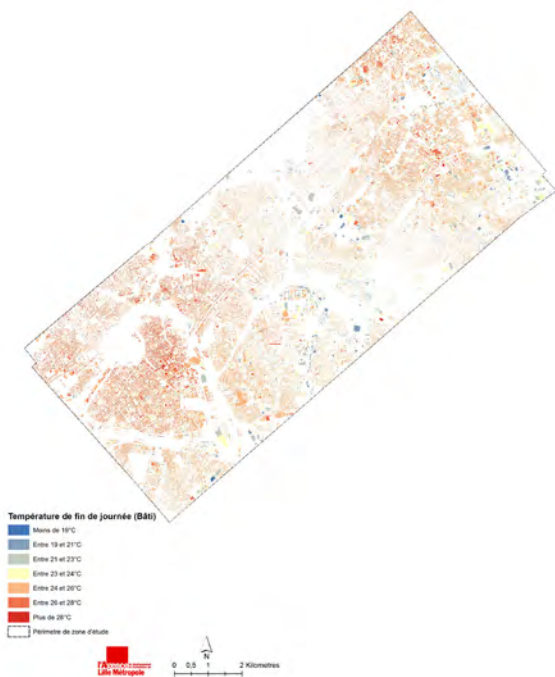
Commune	Tissu urbain espacé peu dense	Tissu urbain espacé	Tissu urbain dense de petite hauteur	Tissu d'équipements	Tissu urbain dense	Tissu d'activités
LEERS	23,47	23,47	23,52	23,15	23,87	24,23
VILLENEUVE- D'ASCQ	23,76	23,93	23,97	24,47	24,43	24,23
BONDUES	23,84	NS	NS	NS	NS	24,05
LYS-LEZ- LANNNOY	24,27	24,24	24,39	24,27	24,67	24,45
WATTRELOS	24,38	23,9	24,4	24,98	23,84	24,54
HEM	24,4	23,95	23,46	25,01	24,39	24,39
CROIX	24,6	25,06	25,14	25,32	25,24	25,02
FACHES- THUMESNIL	24,6	25,32	25,29	25,5	25,49	25,18
WATTIGNIES	24,75	24,43	24,64	NS	NS	NS
WASQUEHAL	24,82	24,69	24,57	24,59	24,33	24,91
MARCQ-EN- BAROEUL	24,88	25,14	25,29	25,74	25,54	25,42
RONCHIN	25,05	25,06	24,8	24,87	25,13	25
MOUVAUX	25,19	25,23	25,16	25,87	25,46	25,62
LILLE	25,46	25,32	25,32	25,81	25,89	25,42
MONS-EN- BAROEUL	25,51	24,86	24,81	25,52	25,1	25,64
TOURCOING	25,59	25,47	25,36	25,62	25,81	25,34
ROUBAIX	25,85	24,8	24,97	25,11	25,31	24,93
MARQUETTE- LEZ-LILLE	25,99	25,92	25,79	26,07	26	25,93
LA MADELEINE	26,03	26,06	25,88	24,99	25,98	26,22
LAMBERSART	26,08	25,98	25,96	25,99	26,1	25,88
SAINT-ANDRE- LEZ-LILLE	26,47	26,09	25,89	26,51	26,33	25,97
LEZENNES	NS	NS	NS	NS	24,32	23,48
Moyenne	24,88	25,01	25,17	25,44	25,73	25,2

TEMPÉRATURES MOYENNES DU BÂTI PAR COMMUNES ET ZONES CLIMATIQUES LOCALES (FIN DE NUIT)

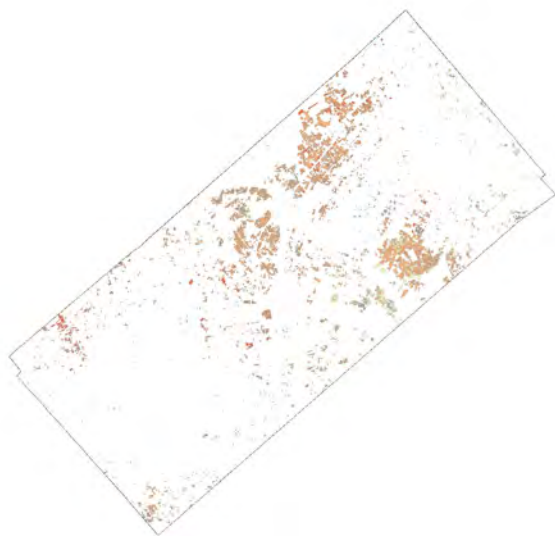
Commune	Tissu urbain espacé peu dense	Tissu urbain espacé	Tissu urbain dense de petite hauteur	Tissu d'équipements	Tissu urbain dense	Tissu d'activités
BONDUES	20,88	NS	NS	NS	NS	NS
MARQUETTE- LEZ-LILLE	20,44	20,57	20,54	20,35	20,5	20,6
LYS-LEZ- LANNOY	20,49	20,53	20,5	20,64	20,14	20,32
RONCHIN	20,5	20,58	20,57	20,69	20,53	20,63
MOUVAUX	20,52	20,62	20,49	20,61	20,53	20,77
FACHES- THUMESNIL	20,57	20,6	20,57	20,46	20,57	20,69
MARCQ-EN- BAROEUL	20,58	20,63	20,57	20,51	20,49	20,55
MONS-EN- BAROEUL	20,61	20,6	20,49	20,55	20,54	20,55
WASQUEHAL	20,61	20,59	20,54	20,57	20,5	20,49
LAMBERSART	20,62	20,64	20,56	20,51	20,51	20,65
ROUBAIX	20,62	20,6	20,55	20,55	20,54	20,52
CROIX	20,65	20,61	20,53	20,55	20,56	20,56
HEM	20,67	20,61	20,62	20,56	20,47	20,64
LILLE	20,67	20,59	20,57	20,51	20,58	20,57
WATTRELOS	20,67	20,56	20,51	20,33	20,3	20,57
TOURCOING	20,68	20,58	20,56	20,51	20,57	20,56
LA MADELEINE	20,71	20,6	20,52	20,61	20,51	20,61
VILLENEUVE D'ASCQ	20,73	20,59	20,52	20,63	20,43	20,52
WATTIGNIES	20,73	20,74	NS	20,39	NS	NS
SAINT-ANDRE- LEZ-LILLE	20,76	20,65	20,57	20,4	20,55	20,56
LEERS	21,03	20,65	20,83	20,41	20,71	20,6
LEZENNES	NS	NS	NS	NS	21,04	20,77
Moyenne	20,61	20,61	20,55	20,54	20,56	20,56

TEMPÉRATURES MOYENNES DU BÂTI PAR COMMUNES ET ZONES CLIMATIQUES LOCALES (FIN DE JOURNÉE)

Commune	Tissu urbain espacé peu dense	Tissu urbain espacé	Tissu urbain dense de petite hauteur	Tissu d'équipements	Tissu urbain dense	Tissu d'activités
BONDUES	24,57	NS	NS	NS	NS	NS
VILLENEUVE D'ASCQ	23,71	23,79	23,94	23,84	24,63	23,11
LEERS	24	23,51	23,28	22,74	23,77	22,89
WATTRELOS	24,42	23,15	24,27	23,85	23,94	24,52
LYS-LEZ- LANNNOY	24,44	24,32	24,49	23,03	24,97	23,41
HEM	24,45	23,91	23,26	24,58	24,38	24,04
CROIX	24,56	25,07	25,09	24,45	25,24	24,74
ROUBAIX	24,75	24,74	24,9	24,68	25,24	24,75
WATTIGNIES	24,83	24,65	NS	25,14	NS	NS
WASQUEHAL	24,95	24,72	24,53	24,43	24,5	24,32
MARCQ-EN- BAROEUL	25,03	25,24	25,33	25,22	25,69	24,76
RONCHIN	25,07	24,99	24,76	24,25	25,11	25,11
MOUVAUX	25,21	25,22	25,1	25,37	25,81	25,44
MONS-EN- BAROEUL	25,27	24,58	24,56	24,84	24,95	24,77
FACHES- THUMESNIL	25,34	25,31	25,24	25,17	25,34	25,03
LILLE	25,4	25,27	25,28	25,46	25,9	25,28
TOURCOING	25,54	25,39	25,29	25,43	25,76	25,14
LAMBERSART	26,07	25,92	25,87	25,47	26,11	25,36
MARQUETTE- LEZ-LILLE	26,11	26,03	25,76	25,22	26,09	25,4
LA MADELEINE	26,2	25,97	25,79	25,08	26,13	26,17
SAINT-ANDRE- LEZ-LILLE	26,32	26,05	25,89	26,12	26,36	25,96
LEZENNES	NS	NS	NS	NS	25,31	23,75
Moyenne	24,93	24,94	25,10	24,87	25,74	24,87



Cartes dynamiques disponibles sur l'atlas interactif de l'Agence : www.adu-lille-metropole.org



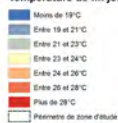
Température de fin journée - Parcelles - Tissu de pavillonnaires très peu ou peu denses



Température de fin de nuit - Parcelles - Tissu de pavillonnaires très peu ou peu denses



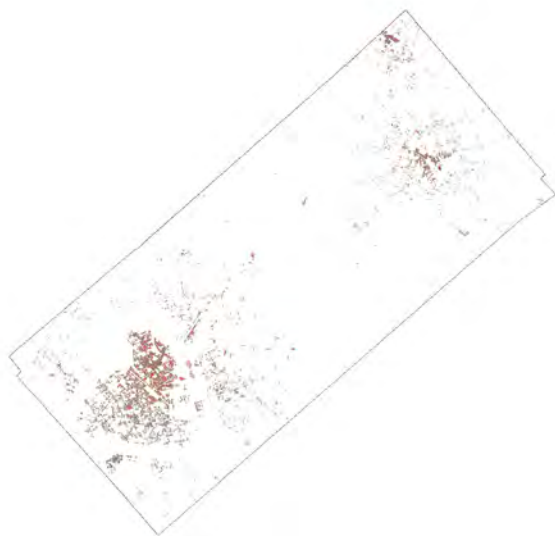
Température de fin journée - Parcelles - Tissu de maisons jumelées ou groupées denses



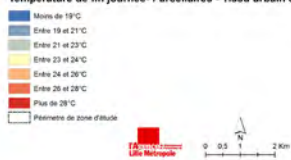
Température de fin de nuit - Parcelles - Tissu de maisons jumelées ou groupées denses



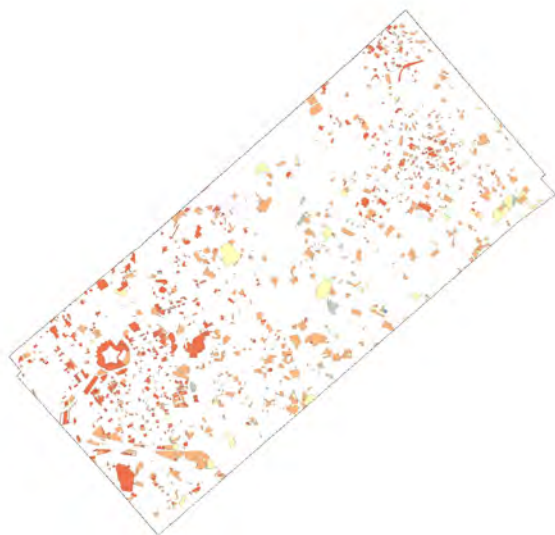
Cartes dynamiques disponibles sur l'atlas interactif de l'Agence : www.adu-lille-metropole.org



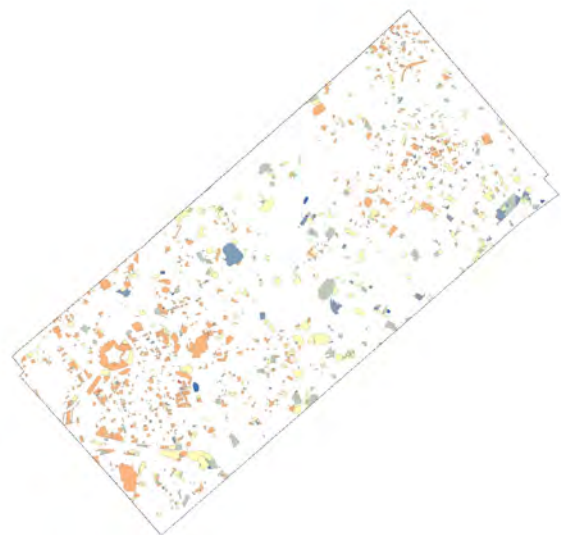
Température de fin journée - Parcelles - Tissu urbain continu dense



Température de fin de nuit - Parcelles - Tissu urbain continu dense



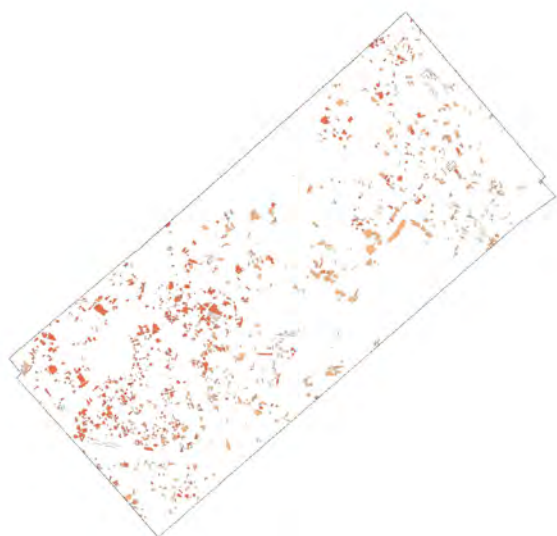
Température de fin journée - Parcelles - Tissu d'équipements



Température de fin de nuit - Parcelles - Tissu d'équipements



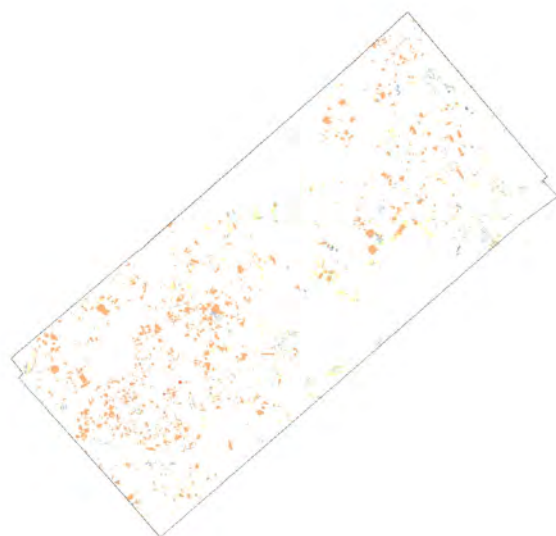
Cartes dynamiques disponibles sur l'atlas interactif de l'Agence : www.adu-lille-metropole.org



Température de fin journée - Parcelles - Tissu de collectifs

- Moins de 19°C
- Entre 19 et 21°C
- Entre 21 et 23°C
- Entre 23 et 24°C
- Entre 24 et 26°C
- Entre 26 et 28°C
- Plus de 28°C

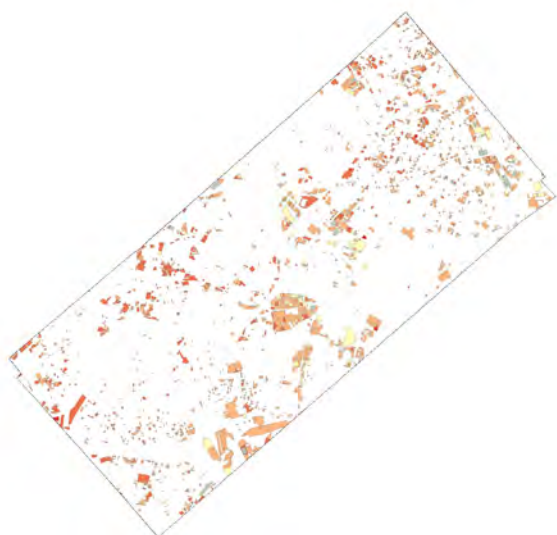
Périmètre de zone d'étude



Température de fin de nuit - Parcelles - Tissu de collectifs

- Moins de 19°C
- Entre 19 et 21°C
- Entre 21 et 23°C
- Entre 23 et 24°C
- Entre 24 et 26°C
- Entre 26 et 28°C
- Plus de 28°C

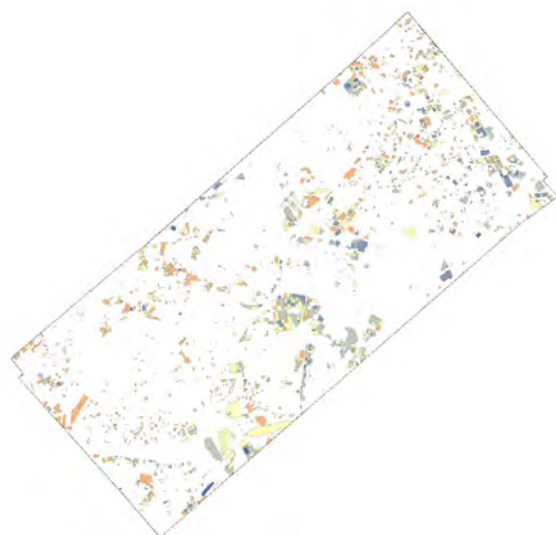
Périmètre de zone d'étude



Température de fin journée - Parcelles - Tissu d'activités

- Moins de 19°C
- Entre 19 et 21°C
- Entre 21 et 23°C
- Entre 23 et 24°C
- Entre 24 et 26°C
- Entre 26 et 28°C
- Plus de 28°C

Périmètre de zone d'étude



Température de fin de nuit - Parcelles - Tissu d'activités

- Moins de 19°C
- Entre 19 et 21°C
- Entre 21 et 23°C
- Entre 23 et 24°C
- Entre 24 et 26°C
- Entre 26 et 28°C
- Plus de 28°C

Périmètre de zone d'étude



Cartes dynamiques disponibles sur l'atlas interactif de l'Agence : www.adu-lille-metropole.org



Centre Europe Azur
323 Avenue du Président Hoover
59000 LILLE