



Variabilité de l'albédo en milieu urbain

en lien avec les Local Climate Zones produites par imagerie satellite

Benjamin PICCININI, Cerema

Etourad CAMARA, Cerema
Teodolina LOPEZ, Cerema
Jean-Louis ROUJEAN, CESBIO
Julien BOUYER, Cerema









Introduction

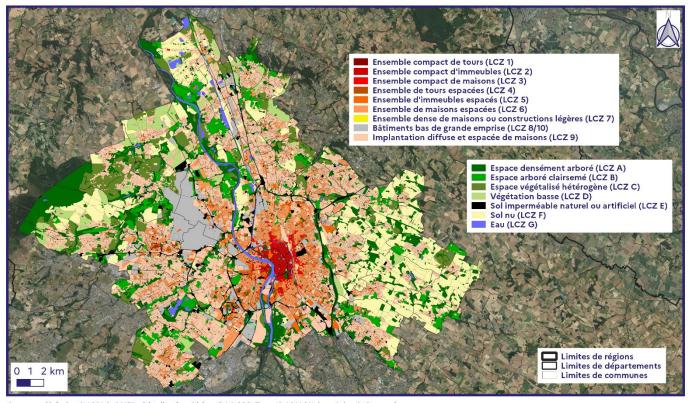






Cartographie des Local Climate Zones

Toulouse Métropole



Sources : Pleiades © IGN © CNES - Distribution Airbus D&S / BD Topo © IGN / Urban Atlas © Copernicus

Réalisation : Cerema - Juillet 2022

Les Local Climate Zones (LCZ)

- Un référentiel international pour la recherche en climato urbaine
- Classification typo-morphologique qui découpe un territoire en zones climatiques homogènes
- Réplicable sur différents territoires en s'affranchissant au maximum des spécificités locales
- Information donnée à l'échelle d'un îlot, i.e. ~ 200 m de rayon



Local climate zone



Les zones climatiques locales (LCZ)

Cerema

Stewart et Oke (2012) — Traduction Cerema

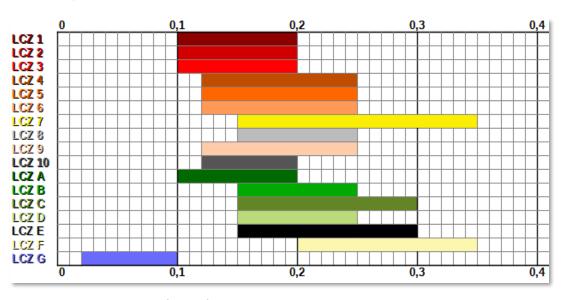
Classes bâties	Définitions	Classes non bâties	Définitions
1. Ensemble compact de tours	Mélange dense de grands immeubles avec des dizaines d'étages. Peu ou pas d'arbres. Sol principalement revêtu. Matériaux de construction : béton, acier, pierre, verre.	A. Espace densement arboré	Paysage fortement boisé composé d'arbres à feuilles caduques et/ou à feuilles persistantes. Couverture du sol principalement perméable (plantes basses). Fonction de la zone : forêt, arbori- culture, parc urbain.
2. Ensemble compact d'immeubles	Mélange dense de bâtiments de hauteur moyenne (3 à 9 étages). Peu ou pas d'arbres. Sol principalement revêtu. Matériaux de construction: pierre, brique, tuile, béton.	B. Espace arboré clairsemé	Paysage légèrement boisé composé d'arbres à feuilles caduques et/ou à feuilles persistantes. Couverture du sol principalement perméable (plantes basses). Fonction de la zone : forêt, arbo- riculture, parc urbain .
3. Ensemble compact de maisons	Mélange dense de bâtiments de faible hauteur (1 à 3 étages). Peu ou pas d'arbres. Sol principalement revêtu. Matériaux de construction : pierre, brique, tuile, béton.	C. Espace végétalisé hétérogène	Bulssons, arbustes et ligneux espacés. Couverture du sol principalement per- méable (sol nu ou sable). Fonction de la zone : maquis, agriculture.
4. Ensemble de tours espacées	Tours espacées de plus de 10 étages. Sol perméable végétalisé en abondance (plantes basses, arbres épars). Matériaux de construction : béton, acier, pierre, verre.	D. Végétation basse	Paysage plat composé d'herbe ou plantes herbacées, de cultures. Peu ou pas d'arbres. Fonction de la zone : prairie, agriculture, parc urbain.
5. Ensemble d'immeubles espacés	Bâtiments de hauteur moyenne espacés (3 à 9 étages). Sol perméable végétalisé en abondance (plantes basses, arbres épars). Matériaux de construction : béton, acier, pierre, verre.	E. Sol imperméable naturel ou artificiel	Paysage plat rocheux ou revêtu. Peu ou pas d'arbres ou de plantes. Fonction de la zone : désert naturel (roche) ou route,
6. Ensemble de maisons espacées	Bâtiments de faible hauteur espacés (1 à 3 étages). Sol perméable végétalisé en abondance (plantes basses, arbres épars). Matériaux de construction : bois, brique, pierre, tuile, béton.	F. Sol nu	Paysage plat composé de sol nu ou de sable. Peu ou pas d'arbres ou de plantes. Fonction de la zone : désert naturel ou agriculture.
7. Ensemble dense de maisons ou constructions légères	Mélange dense de bâtiments à un étage. Peu ou pas d'arbres. Sol principalement compacté. Matériaux de construction légers : bois, chaume, tôle ondulé, etc.	G. Eau	Plans d'eau (mers, lacs, rivières, bassins, lagons).
8. Bâtiments bas de grande emprise	Bâtiments bas (1 à 3 étages) de grande emprise, et espacés. Peu ou pas d'arbres. Sol principalement revêtu. Matériaux de construction en acier, béton, métal et pierre.		
9. Implantation diffuse et espacée de maisons	Bâtiments de petite ou moyenne hauteur et éloignés dans un cadre naturel ou végétalisé. Sol perméable végétalisé en abondance (plantes basses, arbres épars).	B 1 2 C	Structure industrielle basse ou de hau- teur moyenne (tours, réservoirs, chemi- nées). Peu ou pas d'arbres. Sol principa- lement revêtu ou compacté. Matériaux de construction: métal, acier, béton.

Introduction

Local climate zone	
(LCZ)	Surface albedob
LCZ I	0.10-0.20
Compact high-rise	
LCZ 2	0.10-0.20
Compact midrise	
LCZ 3	0.10-0.20
Compact low-rise	
LCZ 4	0.12-0.25
Open high-rise	
LCZ 5	0.12-0.25
Open midrise	
LCZ 6	0.12-0.25
Open low-rise	
LCZ 7	0.15-0.35
Lightweight low-rise	
LCZ 8	0.15-0.25
Large low-rise	
LCZ 9	0.12-0.25
Sparsely built	
LCZ I0	0.12-0.20
Heavy industry	
LCZ A	0.10-0.20
Dense trees	
LCZ B	0.15-0.25
Scattered trees	
LCZ C	0.15-0.30
Bush, scrub	
LCZ D	0.15-0.25
Low plants	
LCZ E	0.15-0.30
Bare rock or paved	
LCZ F	0.20-0.35
Bare soil or sand	
LCZ G	0.02-0.10
Water	

Albédo & LCZ

Un des facteurs influençant le phénomène d'ICU



Un des indicateurs de base du référentiel LCZ, mais peu discriminant



Problématique

Au vu de l'influence de l'albédo sur les ICU, le but de cette étude est :

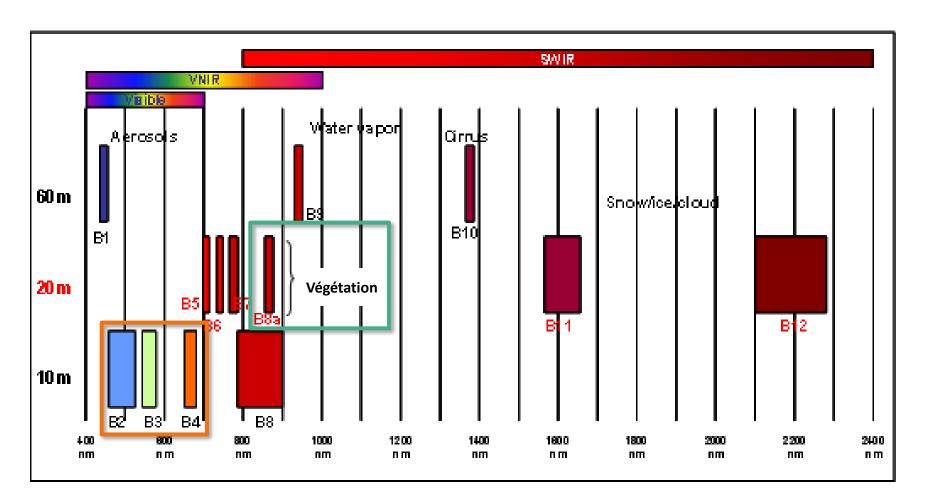
- d'analyser les variations d'albédo à l'échelle d'une ville et de certains quartiers
 - de déterminer quels sont les facteurs pouvant expliquer ces variations

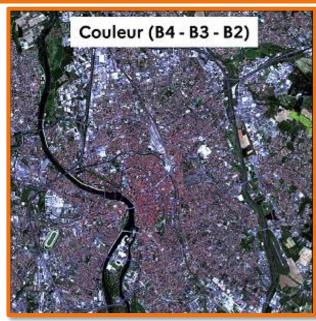


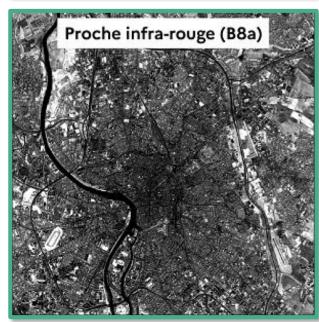


Produit albédo (CES Albédo)

Combinaison d'images Sentinel-2 à différentes longueurs d'onde









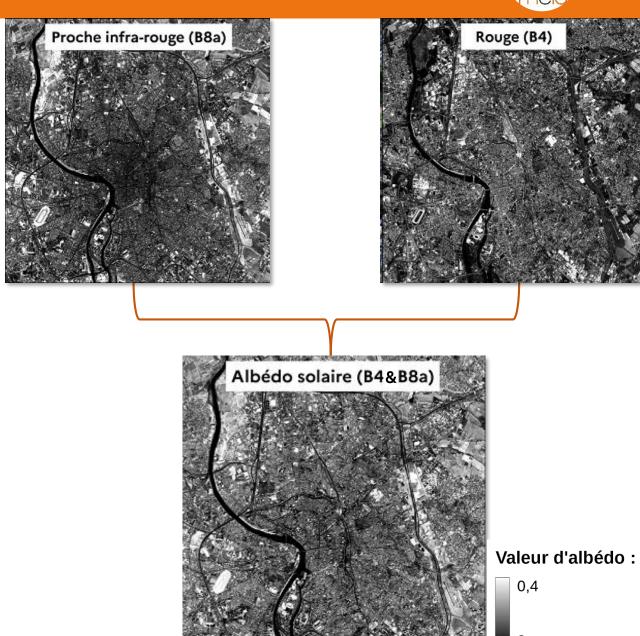


Produit albédo

Produit récent trimestriel sur 2018 – 2021

Albédo spectraux pour B4 et B8a

> Albédo solaire (B4 & B8a)

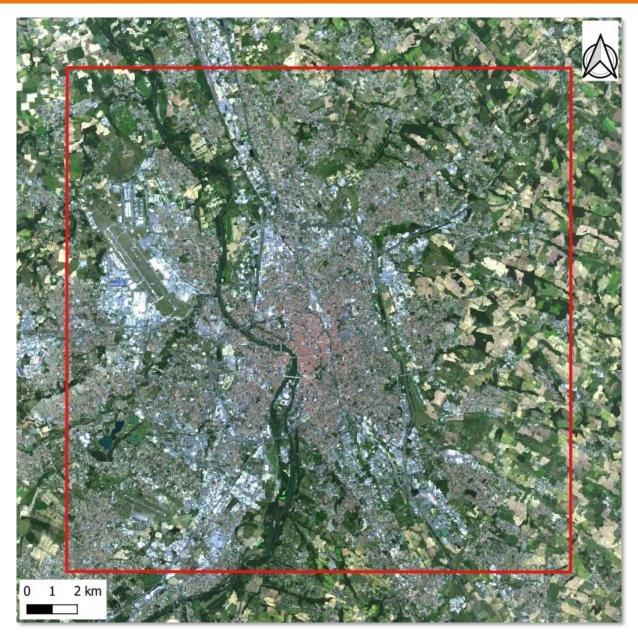






Territoire d'étude

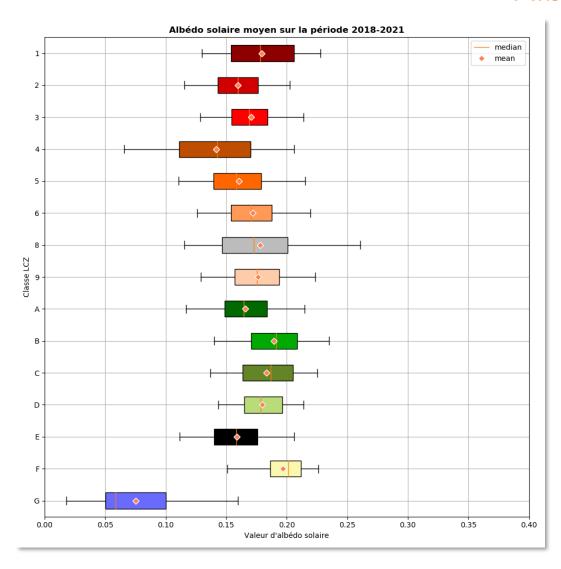
Focus sur la ville de Toulouse

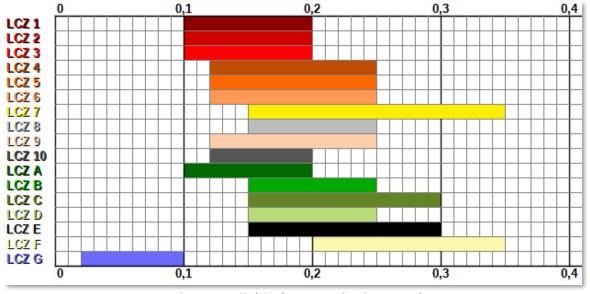






Albédo et LCZ



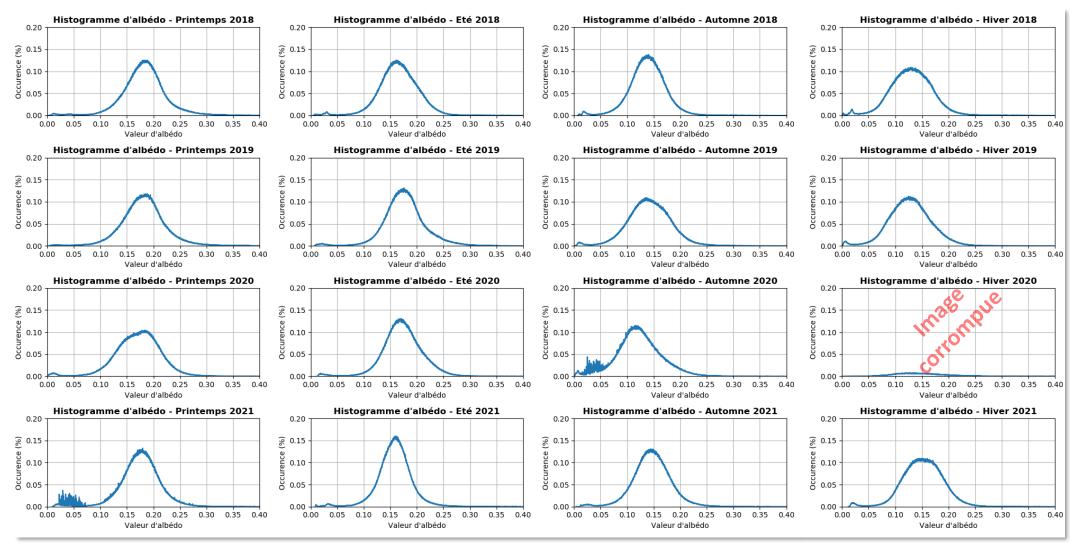


Indicateur albédo (Stewart & Oke, 2012)

Analyse de l'albédo Sentinel-2 en accord avec les observations de l'article de Stewart & Oke (2012) (excepté LCZ 7 et LCZ 10 non-présentes sur la zone d'étude)



Variation saisonnière de l'albédo



Albédo printemps > albédo hiver → Influence végétation ? Impact incidence solaire ?

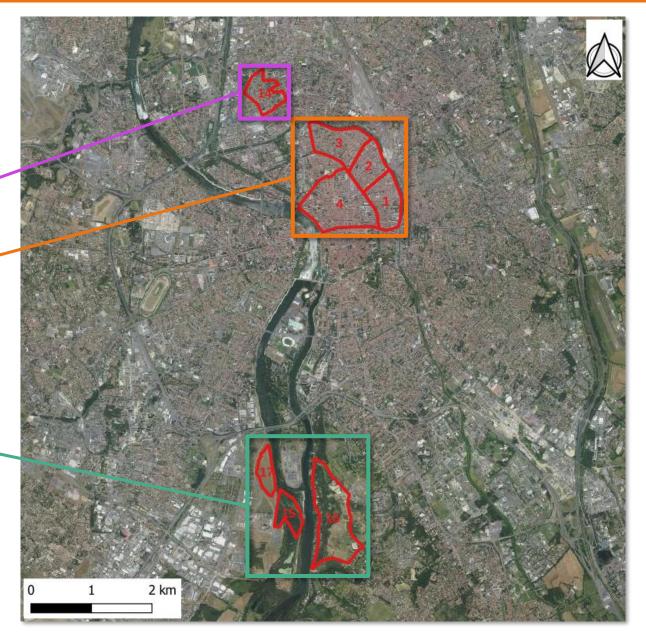




Territoire d'étude : les îlots

8 îlots d'occupation du sol différentes :

- > 1 îlot péri-urbain
- 4 îlots urbains
- > 3 îlots végétalisés







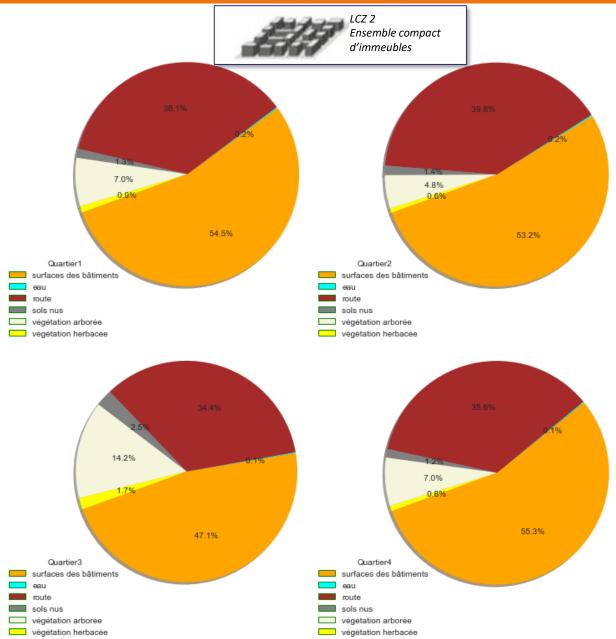
Îlots urbains

- 4 îlots relativement similaires en terme d'occupation du sol
- À plus de 80 % minéralisés (bâtiments + routes et autres surfaces imperméabilisées)
- Très peu de végétation

Sols nus perméables et surfaces en eau

anecdotiques

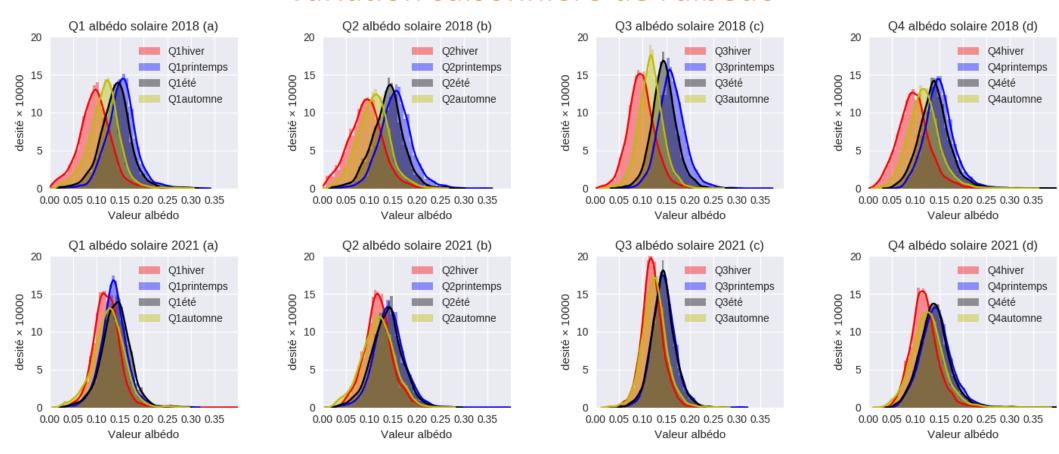








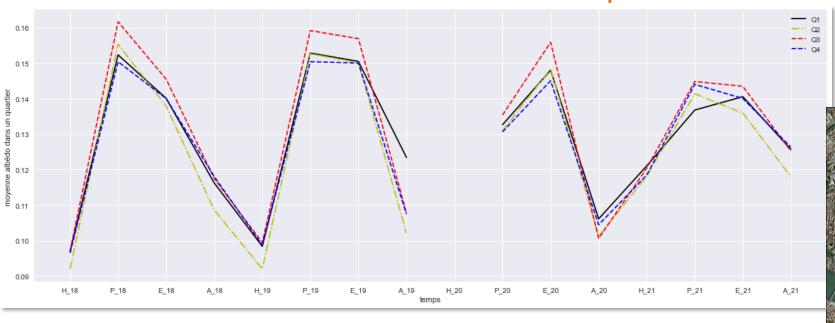
Variation saisonnière de l'albédo



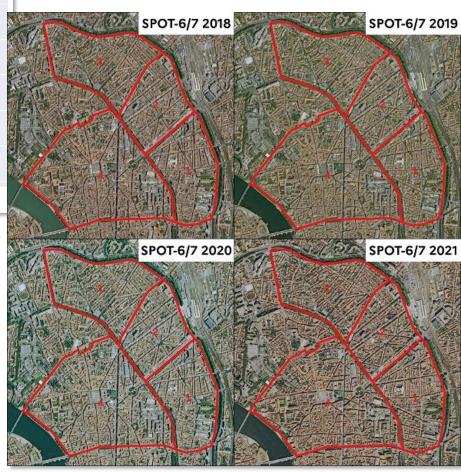
- Une variation similaire à celle observée à l'échelle de Toulouse : un « décalage » vers un albédo plus fort au printemps et à l'été
- Un écart moins importante en 2021



Evolution temporelle de l'albédo



- Une évolution semblable de tous les îlots mais avec une diminution de la moyenne d'albédo dès 2021
- Une moyenne d'albédo plus grande au printemps/été pour Q3 :
 - → impact de la végétation (îlot le plus végétalisé)
- Peu de changement dans l'aménagement des îlots







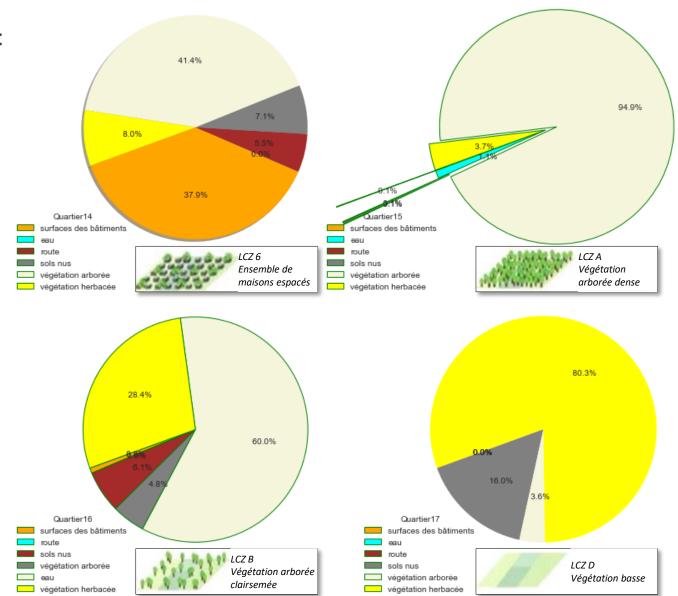
Îlots péri-urbain et végétalisés

4 îlots hétérogènes en terme d'occupation du sol :

- Un îlot péri-urbain (Q14) avec 38 % de bâti et 50 % de végétation
- Un îlot à végétation arborée dense (Q15)
- Un îlot à végétation mixte (Q16)
- Un îlot à végétation globalement herbacée (Q17)





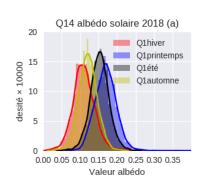


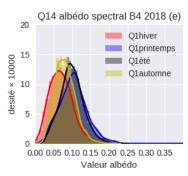


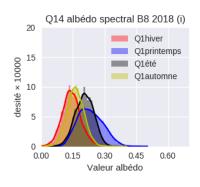


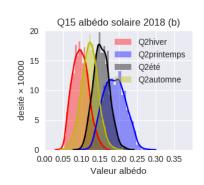
Variation saisonnière de l'albédo (2018)

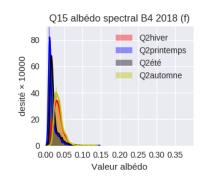
- » « Décalage » vers un albédo plus fort au printemps et à l'été
- « Décalage » plus important pour Q15 à Q17, avec étalement de l'histogramme
- Analyse spectrale B4 & B8a montre variabilité différente entre Q14 et Q15 à Q17 :
 - B8a >> B4 pour les îlots végétalisés
 - végétation absorbe le rouge (B4) et réfléchi le proche-infrarouge (B8a)



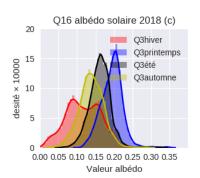


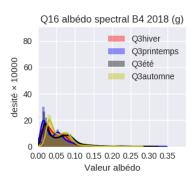


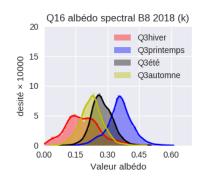


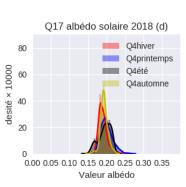


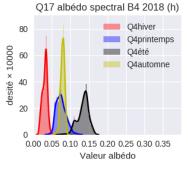


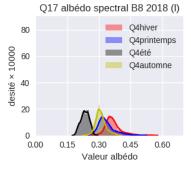












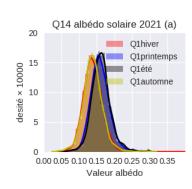


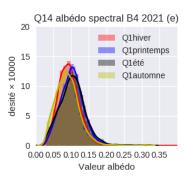


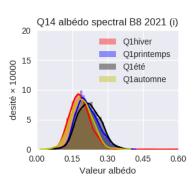
Variation saisonnière de l'albédo (2021)

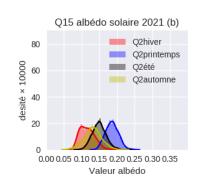
- Même observations en 2021 qu'en 2018
- Différences sur Q17 :

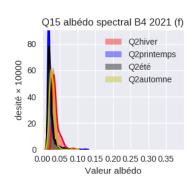
 « décalage » des
 histogrammes vers albédo
 plus faible en 2021 :
 - → Plage de valeur d'albédo est décalé vers ~0.15 pour B8a en 2021
 - changement de nature du sol

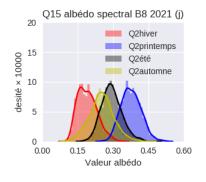


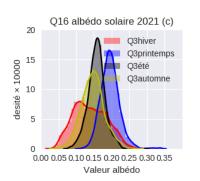


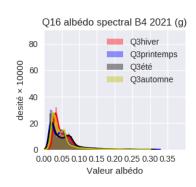


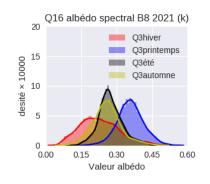


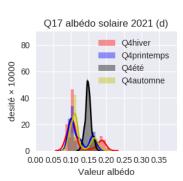


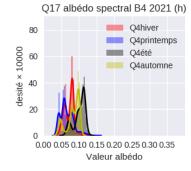


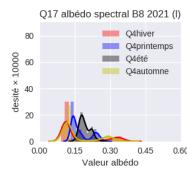






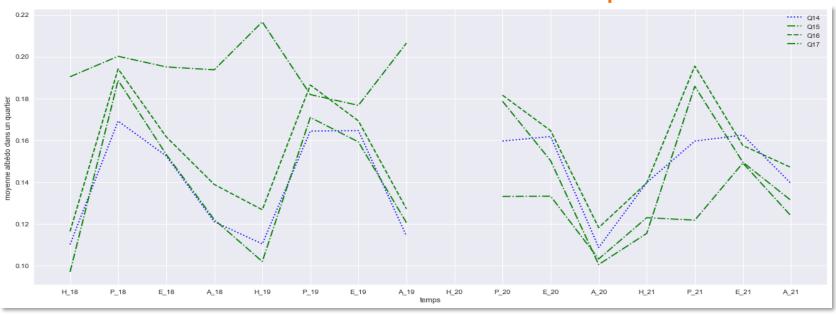








Evolution temporelle de l'albédo



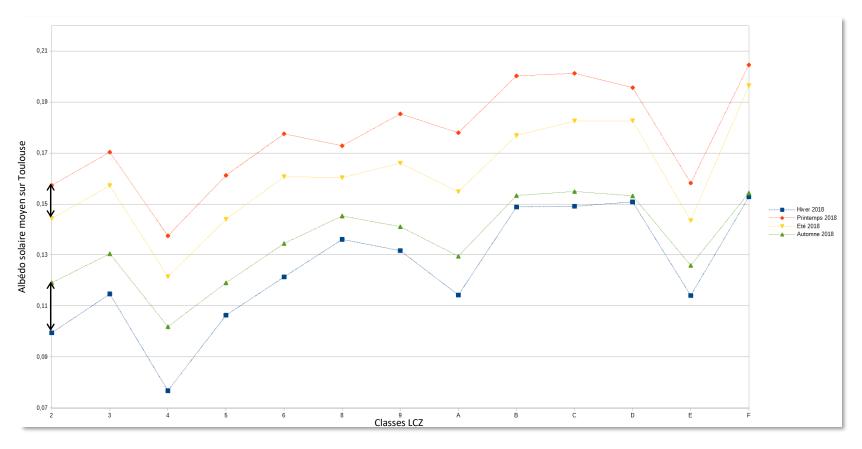
- > Tendance similaire pour les îlots 14 à 16 entre 2018 et 2019
- En 2020, la valeur d'albédo la plus faible est observée en automne
- Changement de nature du sol sur Q17 s'observe bien dès le printemps 2020 :
 - → construction d'une centrale photovoltaïque







Albédo moyen par classe LCZ et par saison (2018)



- → Albédo P-E >> albédo A-H
- → Ecart des valeurs d'albédo entre l'automne et l'hiver pour les classes urbaines diminue

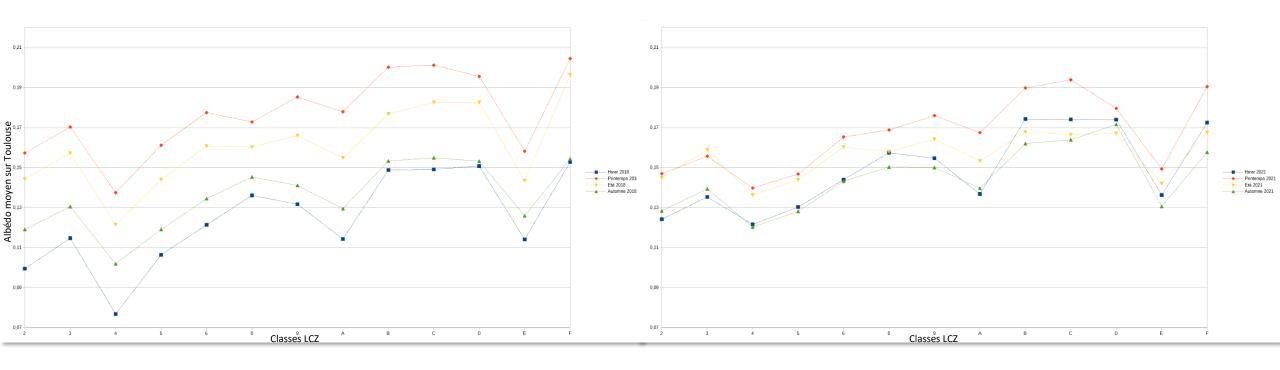


Influence conjointe de l'incidence solaire et des changements dans la densité des objets urbains





Albédo moyen par classe LCZ et par saison (2018 vs 2021)



2021:

- l'écart d'albédo au P/E est faible pour les classes urbaines, de même en A/H
- l'albédo des classes B-C-D en hiver > été



Influence de la climatologie avec un été 2021 plus sec que 2018

En A/H: albédo 2021 > albédo 2018



Conclusion et perspectives

- Les valeurs d'albédo :
 - ✓ obtenues à partir de Sentinel-2 sont cohérentes avec celles de la méthode de Stewart & Oke (2012);
 - ✓ dans les îlots avec une classe LCZ majoritairement urbaine présentent quelques variations saisonnières (hormis dans le cas où la proportion de végétation est plus importante) et interannuelles ;
 - √ dans les îlots végétalisés, sont plus fortes que celles dans les îlots urbains (propriété de réflexion de la végétation dans le PIR);
 - ✓ de l'îlot péri-urbain se situent entre celles des îlots majoritairement urbains et végétalisés.
- Le cas de l'îlot 17 démontre :
 - ✓ le fort impact d'un changement de la nature du sol sur le signal de l'albédo;
 - ✓ la nécessité d'étudier l'évolution de l'albédo conjointement avec des images visibles.
- Impact du climat pour les évolutions interannuelles.
- > Impact de l'incidence solaire et de la densité des objets pour les variations saisonnières.
- > Pousser plus loin l'étude avec l'évolution du climat ;
- > Etude de l'influence de la typologie urbaine ;
- > Faire la même étude sur une autre ville (Nancy).

Nouveau stage au printemps

Merci de votre attention

Benjamin PICCININI

Cerema / Direction Territoriale Occitanie

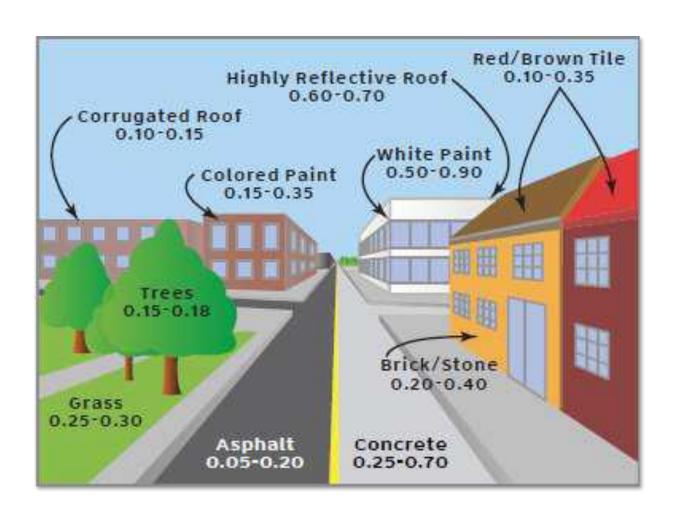
benjamin.piccinini@cerema.fr







Introduction



L'albédo α

$$\alpha = \frac{P_r}{P_i}$$

avec:

- P_r: rayonnement réfléchie (par la surface)
- P_i: rayonnement incident (arrivant sur la surface)