



## **Le changement climatique**

**Quel risque d'îlot de chaleur urbain dans  
une petite ville ?,  
l'exemple de Plélan le Grand**

**De 1952 à 2100 l'évolution de sa climatologie**

**Le risque "îlot de chaleur"**

**Quels autres risques climatiques ?**

**Des aménagements pour une résilience urbaine**

# Table des matières

Chapitre 1. Le climat et son évolution.....	3
1.1 – Le climat passé sur Plélan Le Grand.....	3
1.2 – Le changement climatique et les scénarios du GIEC.....	3
1.3 – La modélisation du climat futur sur Plélan Le Grand.....	5
Chapitre 2. L’îlot de chaleur sur Plélan Le Grand.....	7
2.1 – Rappel de sa description.....	7
2.2 – La méthodologie d’étude utilisée sur Plélan Le Grand.....	8
2.3 – L’îlot de chaleur de l’air - Résultats.....	9
2.4 – L’îlot de chaleur de surface - Résultats.....	11
√ – Cas de la zone artisanale de La Pointe.....	11
√ – Cas de l’expansion de la ville.....	12
Chapitre 3. La résilience climatique : quels autres risques et des propositions.....	13
3.1 – Deux autres phénomènes à considérer.....	13
√ - Le risque “îlot de chaleur et forte chaleur”.....	13
√ - Le risque “eau”.....	13
3.2 – Des aménagements pour une résilience urbaine.....	14
Chapitre 4. Conclusion.....	20

Les chapitres 1 et 2 sont rédigés par Frédéric Gonnet, étudiant en master 2 Cartographie et Gestion de l’Environnement de l’université de Nantes. Ils s’appuient sur son étude de fin de master 2 "Étude de l’îlot de chaleur urbain dans une petite ville, l’exemple de Plélan le Grand (35) " réalisée sous pilotage de Monsieur Vincent Dubreuil, professeur chercheur au laboratoire CNRS-LETG-Rennes de l’université de Rennes 2 et Monsieur Bruno Liegre, chargé de mission "Energie-Climat" de la Direction Départementale et des Territoires d’Ille et Vilaine.

Le dernier chapitre est rédigé sur la base des travaux de Frédéric Gonnet (3.1) et de ceux des étudiants de l’INSA Blois. Ces étudiants ont réalisé des travaux de recherche et de propositions d’aménagements urbains pour une préservation de la qualité de vie des habitants face au changement climatique. Madame Jacqueline Osty et Madame Dominique Caire, enseignantes co-responsables de l’atelier de projet de paysage de DEP1 du département École de la Nature et du Paysage ont assuré le pilotage de ces travaux.

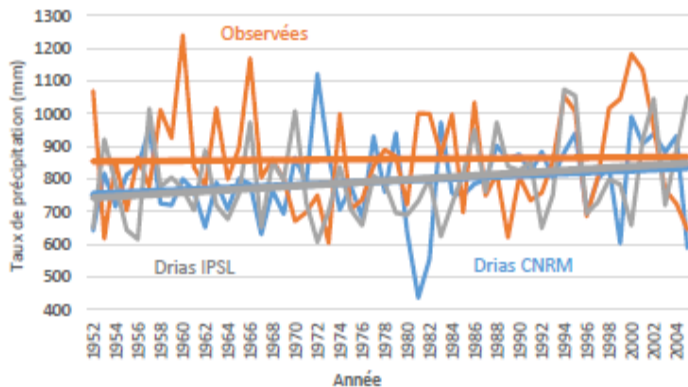
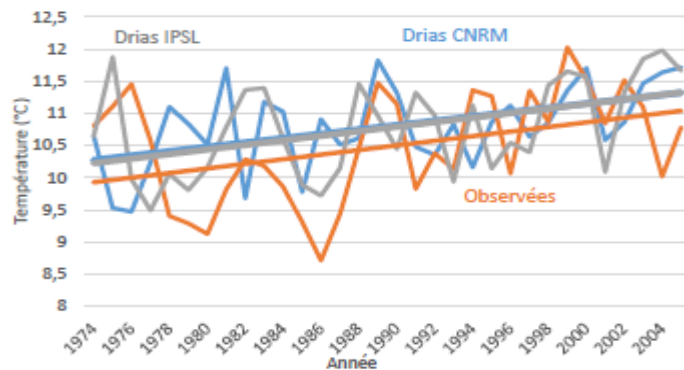
Ces travaux sont présentés lors de la réunion en mairie de Plélan Le Grand le 29 novembre 2021.

## Chapitre 1. Le climat et son évolution

### 1.1 – Le climat passé sur Plélan Le Grand

La terre connaît actuellement une période de réchauffement climatique. Ce réchauffement provient de l'augmentation du taux de  $\text{CO}_2$  dans l'atmosphère depuis le 19<sup>ème</sup> siècle (industrialisation). Il est possible de l'observer à Plélan-Le-Grand grâce aux informations récoltées par les stations météo sur des périodes historiques (~1950 jusqu'à 2005). Les paramètres étudiés sont (1) les températures (2) les précipitations.

Depuis 1974 à Paimpont (station la plus proche de Plélan-Le-Grand) l'augmentation des températures est de ~ 1 °C. Cette augmentation est observable avec les données des stations météo mais également avec deux des modèles Drias : (IPSL et CNRM).



En parallèle, le volume annuel de précipitation est resté relativement stable (aux alentours de 860mm de pluie). Les modèles Drias montrent une légère augmentation des précipitations mais ont tendance à sous-estimer le total de précipitation au début de la période d'étude de 5 à 10%.

On observe donc à Plélan-Le-Grand une augmentation des températures au cours des 30 dernières années, marqueur du changement climatique. Les modèles drias CNRM et IPSL vont être utilisés afin d'estimer l'évolution potentielle des températures et des précipitations dans le futur.

### 1.2 – Le changement climatique et les scénarios du GIEC

Le climat futur dépend étroitement de la concentration de gaz à effet de serre dans l'atmosphère, et pour cette raison, différents scénarios climatiques ont été élaborés par le GIEC et par la communauté scientifique.

À chaque publication, le GIEC communique des projections climatiques fondées sur des hypothèses de concentration de GES. Dans la perspective du 5e rapport d'évaluation du GIEC, publié en 2013-2014, les experts ont défini quatre profils représentatifs de l'évolution des concentrations de gaz à

effet de serre (RCP, pour Representative Concentration Pathways) : RCP2.6 ; RCP4.5 ; RCP6.0 ; RCP8.5 pour le 21ème siècle. Ces trajectoires englobent un large éventail de possibilités, correspondant à des efforts plus ou moins grands de réduction des émissions de GES au niveau mondial.

Les scénarios RCP regroupent quatre scénarios de référence de l'évolution du forçage radiatif pour la période 2006-2100. Leur sélection a été effectuée par les scientifiques sur la base de 300 scénarios publiés dans la littérature.

Le bilan radiatif représente la différence entre le rayonnement solaire reçu et le rayonnement infrarouge réémis par la planète. Sous l'effet de facteurs d'évolution du climat, comme par exemple, la concentration en gaz à effet de serre, ce bilan se modifie : on parle de forçage radiatif. Les 4 profils RCP correspondent chacun à une évolution différente de ce forçage à l'horizon 2100. Ils sont identifiés par un nombre, exprimé en  $W/m^2$  (puissance par unité de surface), qui indique la valeur du forçage considéré. Plus cette valeur est élevée, plus le système terre-atmosphère gagne en énergie et se réchauffe.

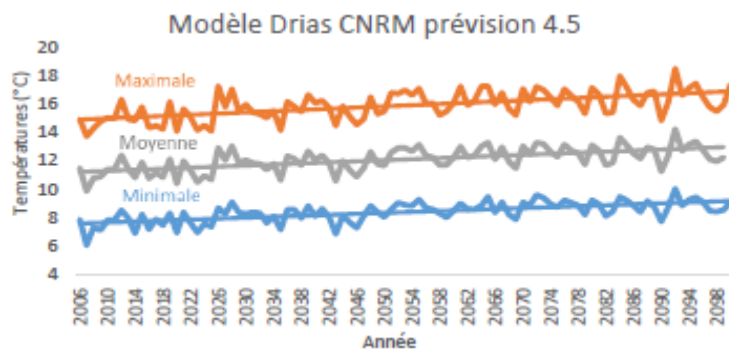
Scénario	Trajectoire du scénario	Forçage radiatif	Augmentation moyenne de la température prévue (en C°)
RCP 2.6	Pic puis déclin avec une politique climatique visant la diminution des concentrations en CO2	Pic à $\sim 3Wm^{-2}$ avant 2100 puis déclin	1,5-2
RCP 4.5	Stabilisation avec une politique climatique visant à stabiliser les concentrations en CO2	$\sim 4,5Wm^{-2}$ au niveau de stabilisation après 2100	2,7
RCP 6.0	Stabilisation sans dépassement	$\sim 6Wm^{-2}$ au niveau de stabilisation après 2100	3,5
RCP 8.5	Croissante avec aucune politique climatique	$>8,5Wm^{-2}$ en 2100	4-5

**Tableau 1.** Présentation des quatre scénarios, leurs trajectoires, forçages radiatifs et l'augmentation moyenne de la température (C°).

Les données modélisées proviennent du portail DRIAS qui met à disposition près de 30 projections climatiques régionalisées par les laboratoires français de recherche sur le climat, avec 8 modèles RCP 2.6, 10 modèles pour le RCP4.5 et 12 modèles pour le RCP8.5. Pour cette étude, seuls les modèles français (CNRM et IPSL) et les deux scénarios RCP4.5 et RCP8.5 seront utilisés.

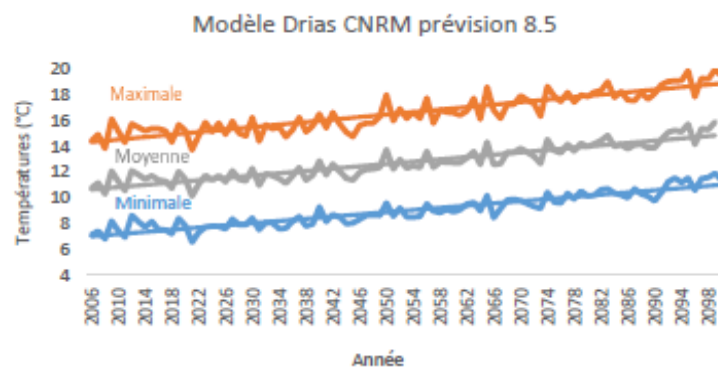
### 1.3 – La modélisation du climat futur sur Plélan Le Grand

De par la convergence des résultats rendus par les modèles dans la partie 1.1, seul le modèle CNRM sera illustré sous forme de graphiques ici.



D'après le modèle CNRM, les températures pourraient augmenter de **1,8 °C** avec un scénario RCP 4.5 d'ici 2100. Pour le modèle IPSL cette augmentation s'élève à **1,5°C** d'ici 2100. La hausse des températures est similaire pour les moyennes, maximales et minimales

Pour un scénario RCP 8.5, cette augmentation est beaucoup plus importante puisqu'on estime l'augmentation des températures dans ce cas de **3,5°C** en moyenne d'ici 2100 selon le modèle CNRM et de **3°C** d'ici 2100 selon le modèle IPSL.

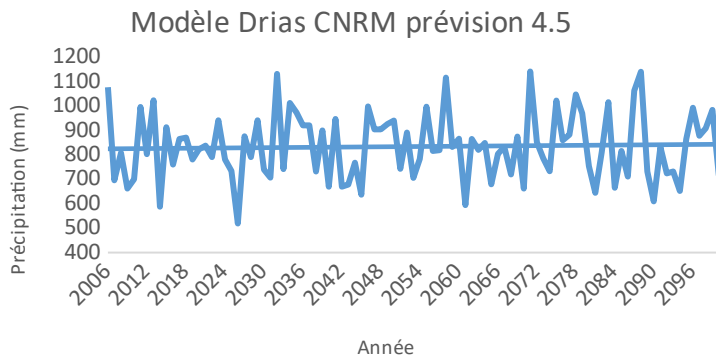


Cette augmentation va avoir un impact important sur les journées types : Jours de gel (minimale inférieur à 0°C), Jours chaud (maximale supérieur à 25°C), Nuits tropicales (minimale la nuit supérieur à 18°C)

	CNRM	IPSL	CNRM 4.5		CNRM 8.5	
Période d'étude	1974-2005	1974-2005	2040 - 2070	2070 - 2100	2040 - 2070	2070 - 2100
Jours de Gel	38	38	28	21	20	10
Jours Chauds	23	24	43	50	50	77
Nuits Tropicales	2	1	8	10	10	26

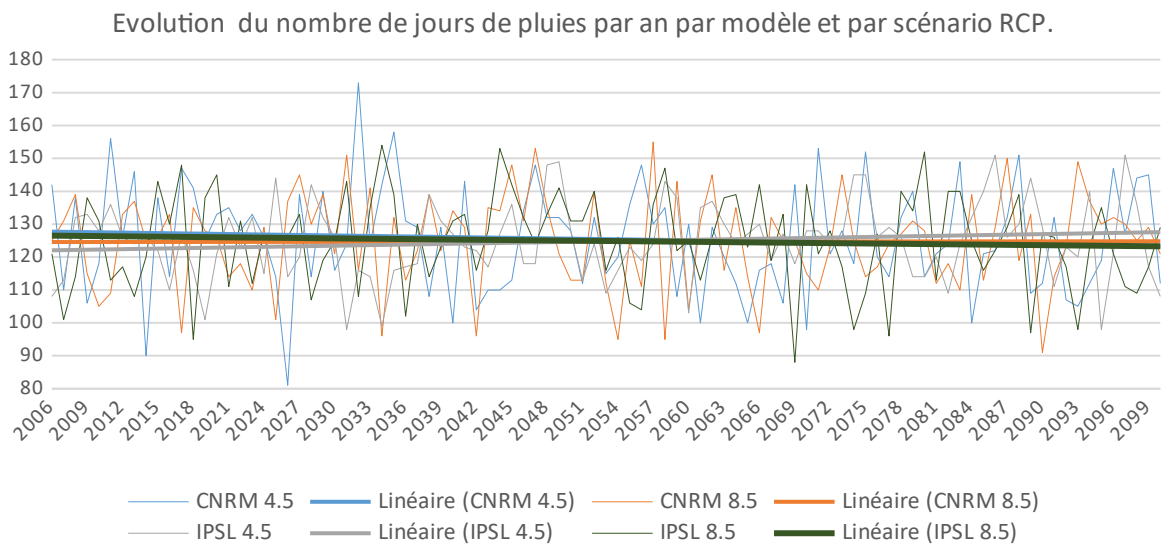
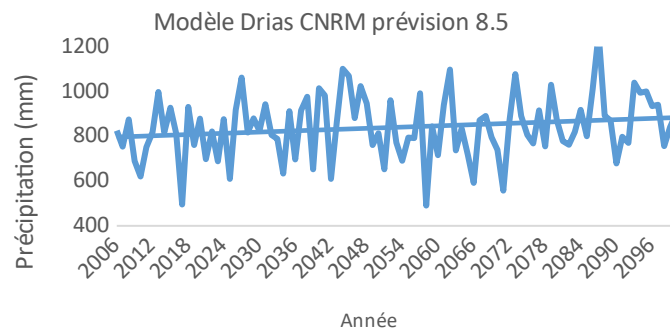
*Evolution du nombre de journées types par an en moyenne pour le modèle CNRM pour chaque période d'étude et pour chaque modèle de prévision.*

On observe une réduction importante du nombre de jours de gel d'ici 2100 quel que soit le modèle de prévision RCP même si cette réduction est plus importante avec un scénario 8.5. On observe également une augmentation des jours chauds et des nuits tropicales (également plus intense pour le scénario 8.5). On aura donc une augmentation des jours de sécheresse, jours pendant lesquels les conditions météo sont favorables à la mise en place d'un îlot de chaleur.



En termes de précipitation, on observe une augmentation des précipitations très faibles pour le modèle CNRM 4.5 (50mm par an de plus en 2100). Cette augmentation est légèrement plus importante pour le modèle IPSL (100mm par an de plus en 2100).

Pour un scénario RCP 8.5, l'augmentation des précipitations est plus importante pour les deux modèles. Cette augmentation s'élève à 82mm par an en moyenne pour le modèle CNRM et 155mm par an pour le modèle IPSL.



Pour les deux modèles et les deux scénarios RCP, on n'observe pas une augmentation forte du nombre de jours de pluies. Cela indique donc une augmentation de l'intensité des événements pluvieux notamment l'hiver.

## Chapitre 2. L'îlot de chaleur sur Plélan Le Grand

### 2.1 – Rappel de sa description

Un îlot de chaleur urbain ou ICU est un phénomène décrit par une différence de température entre un milieu urbain plus chaud et un milieu rural environnant plus froid. Cette différence de températures peut posséder des origines multiples telles que l'accumulation de température dans les matériaux urbains, un manque de végétation dans les villes ou encore les activités humaines.

Cette différence de température peut atteindre 7 degrés dans des grandes villes comme la ville de Rennes pour laquelle des études ont été menées pendant une dizaine d'années. L'intensité de l'îlot de chaleur varie en fonction des caractéristiques urbaines de la zone étudiée notamment de la densité de bâtiments et du taux de surface imperméabilisée / surface de végétation. Une zone comme un centre-ville avec une forte densité de bâtiment et un taux de surface imperméabilisée fort aura donc une intensité d'îlot de chaleur plus importante qu'une zone pavillonnaire composée de lotissement avec des jardins (voir figure(1)).



Evolution de l'intensité de l'îlot de chaleur d'une ville en fonction des caractéristiques urbaines. Source: World Meteorological Organization: <https://community.wmo.int/activity-areas/urban/urban-heat-island>

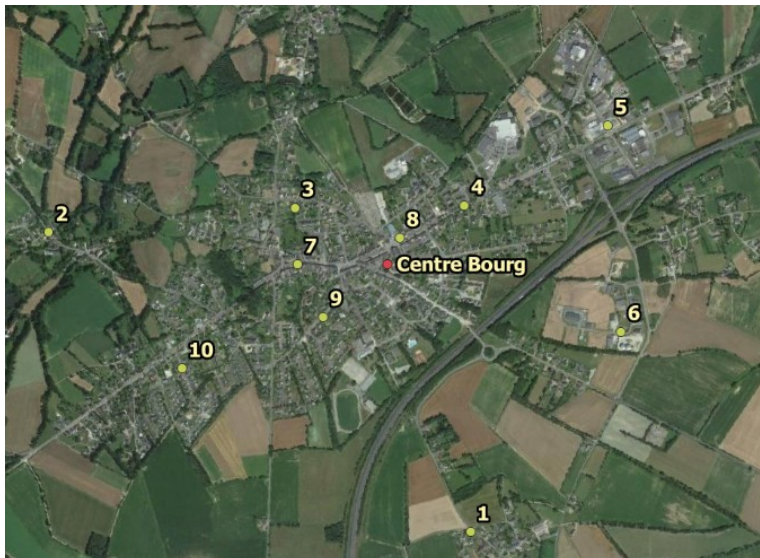
L'intensité de l'îlot de chaleur va dépendre également des paramètres météo tels que la force du vent, le taux d'ensoleillement, le taux de précipitation... Des conditions climatiques stables et anticycloniques vont favoriser les ICU, notamment lorsque les journées sont très ensoleillées et avec aucun vent ni couverture nuageuse. Ces conditions vont favoriser l'accumulation de la chaleur à la surface. Il existe deux types d'ICU :

- L'îlot de chaleur de surface qui se manifeste avec une différence de température entre les surfaces d'un milieu urbain et d'un milieu rural. Cet écart s'exprime majoritairement pendant la journée quand l'apport de chaleur est le plus important. Les matériaux urbains n'étant pas recouverts d'une couche végétale vont accumuler la chaleur alors que les surfaces du milieu rural, détenant une part de végétation plus importante, vont utiliser le surplus de chaleur pendant le processus d'évapotranspiration des plantes.
- L'îlot de chaleur de l'air décrit la différence de température entre les 2/3 premiers mètres d'atmosphère du milieu urbain et du milieu rural. Il s'exprime d'une manière plus intense en début d'après-midi mais surtout la nuit. Le jour, la surface va avoir tendance à accumuler la chaleur et c'est seulement la nuit, quand les températures vont diminuer que le surplus de chaleur accumulée en surface va être restitué à l'atmosphère créant cette différence de température.



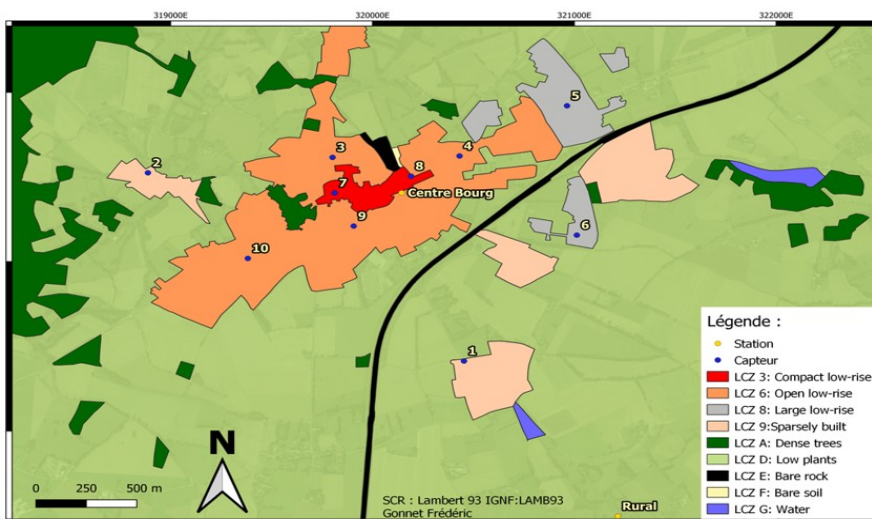
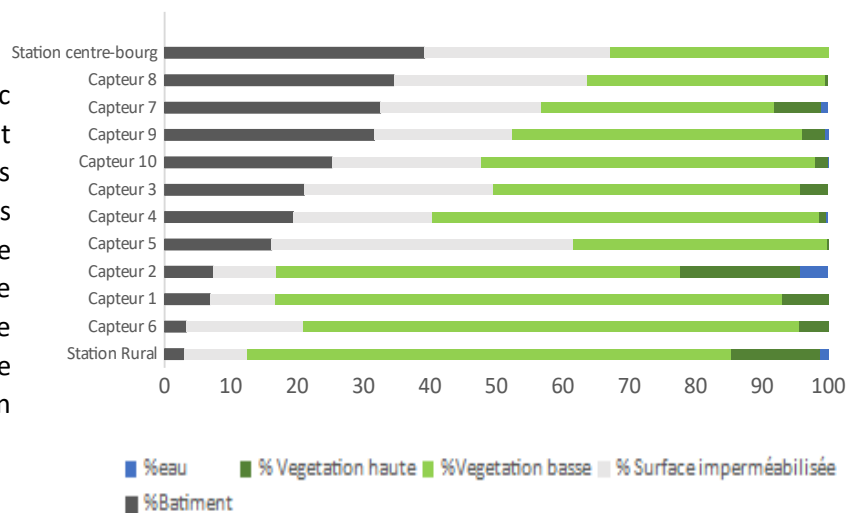
## 2.2 – La méthodologie d'étude utilisée sur Plélan Le Grand

Afin d'étudier le phénomène îlot de chaleur à Plélan-Le-Grand, un réseau de 10 capteurs + 2 stations météo a été mis en place.



Bien évidemment, les capteurs n'ont pas été placés au hasard, ils ont été placés chacun dans des milieux avec des caractéristiques urbaines différentes. Par exemple les capteurs 8 et 7 sont au centre-ville, les capteurs 3, 10, 9 et 7 dans une zone pavillonnaire etc... L'objectif est d'observer les différences de températures entre ces capteurs afin d'estimer l'impact de la ville sur le phénomène.

Chacun des capteurs va donc décrire un environnement urbain qui lui est propre. Les caractéristiques urbaines retenues sont : La surface de végétation haute et la surface de végétation basse, la surface de bâtiment, la surface imperméabilisée et la surface en eau.



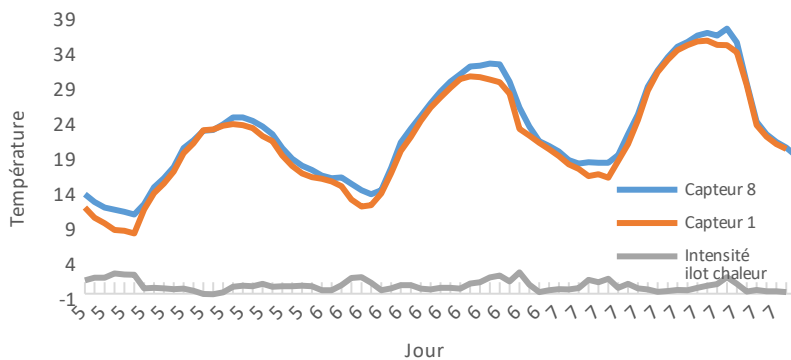
Il est également possible de classer la ville en "Local climate zone". Cette classification permet de délimiter les zones avec des caractéristiques urbaines relativement similaire afin d'identifier les capteurs qui devraient montrer des valeurs de températures proches et ainsi mieux reconnaître les paramètres qui font

fluctuer ces valeurs de températures et ainsi proposer des perspectives d'aménagement.



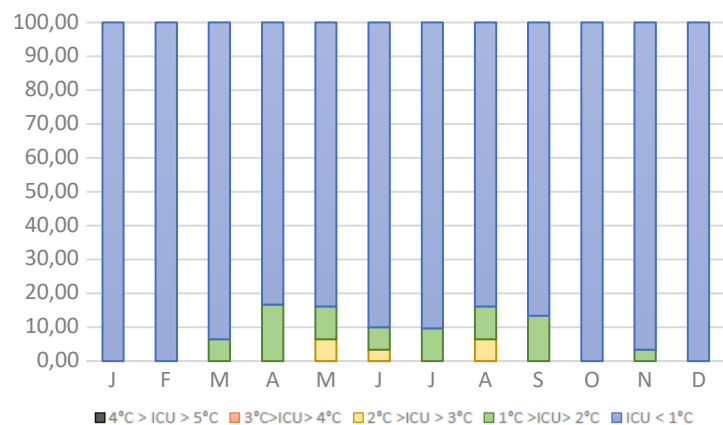
## 2.3 – L'îlot de chaleur de l'air - Résultats

Le graphique suivant représente l'évolution de la température du capteur 8 et du capteur 1 du 5 au 7 août. Le capteur 8 est un capteur situé en centre-ville et le capteur 1 est le capteur le plus rural.



On observe une différence de températures entre ces deux capteurs plus importante en fin d'après-midi (quand les températures commencent à descendre) et la nuit quand les températures sont basses. Le capteur 8 étant le capteur le plus urbain et également le plus chaud ici, on parle d'îlot de chaleur.

La fréquence d'apparition des îlots de chaleurs à Plélan-Le-Grand est faible puisque la différence de température entre le capteur 8 et le capteur 1 est **inférieur à 1 °C**, 90% de l'année (soit environ 330 jours par an). Rennes, en comparaison, a un îlot de chaleur inférieur à 1 °C seulement 50% de l'année. De plus, l'intensité de l'îlot de chaleur (quand celui-ci est présent), reste relativement faible et ne dépasse pas les 3°C (contre 7°C) pour une ville de la taille de Rennes.



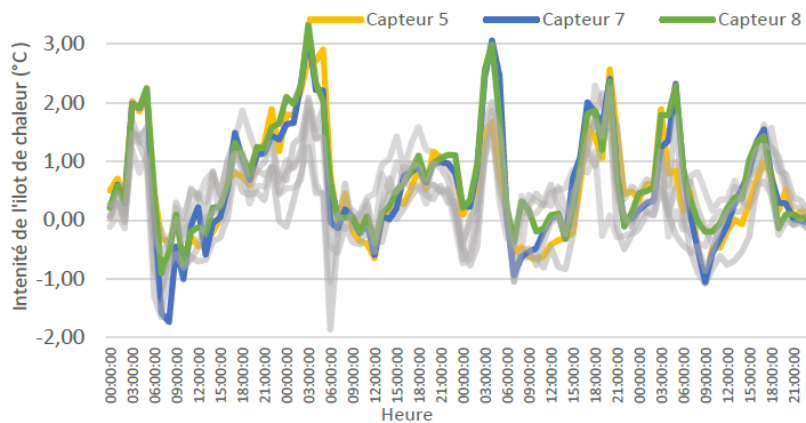
Fréquences mensuelles des classes d'intensité d'ICU quotidienne à Plélan-Le-Grand pendant la période d'étude.

ICU	00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	Moy
J	0,03	0,07	-0,05	0,01	-0,01	0,07	0,07	0,08	0,12	-0,10	-0,13	-0,02	0,02	0,04	0,09	0,11	0,22	0,18	0,11	0,08	0,05	0,04	0,09	0,10	0,1
F	0,16	0,15	0,14	0,08	0,11	0,07	0,05	0,09	0,03	0,01	0,05	0,06	0,09	0,17	0,20	0,21	0,32	0,30	0,23	0,16	0,21	0,14	0,15	0,20	0,1
M	0,49	0,49	0,48	0,23	0,22	0,15	0,20	-0,12	-0,25	-0,06	-0,01	0,11	0,16	0,28	0,32	0,40	0,53	0,61	0,56	0,51	0,41	0,44	0,40	0,36	0,3
A	0,51	0,49	0,50	0,49	0,49	0,42	0,24	0,00	0,19	0,24	0,23	0,38	0,46	0,51	0,67	0,70	0,84	0,85	0,72	0,68	0,70	0,63	0,52	0,47	0,5
M	0,53	0,48	0,57	0,62	0,57	0,47	0,01	-0,04	0,11	0,14	0,26	0,30	0,34	0,40	0,48	0,50	0,76	0,82	0,70	0,64	0,69	0,77	0,65	0,62	0,5
J	0,47	0,50	0,49	0,37	0,41	0,27	0,01	-0,05	0,09	0,11	0,05	0,10	0,10	0,25	0,25	0,43	0,47	0,58	0,49	0,56	0,61	0,51	0,45	0,46	0,3
J	0,40	0,41	0,38	0,35	0,44	0,35	-0,14	-0,09	0,09	-0,02	0,09	0,18	0,12	0,28	0,18	0,38	0,61	0,72	0,66	0,74	0,71	0,63	0,51	0,37	0,3
A	0,51	0,53	0,50	0,69	0,59	0,59	0,28	-0,04	-0,05	0,08	0,03	0,11	0,05	0,21	0,34	0,33	0,58	0,68	0,69	0,50	0,60	0,50	0,51	0,51	0,4
S	0,49	0,42	0,40	0,34	0,38	0,33	0,32	-0,04	-0,03	-0,01	0,00	0,11	0,10	0,17	0,25	0,29	0,63	0,69	0,53	0,49	0,55	0,54	0,52	0,48	0,3
O	0,12	0,02	0,04	0,02	0,04	0,03	0,07	0,03	-0,20	-0,10	0,00	0,11	0,17	0,18	0,17	0,20	0,27	0,25	0,26	0,20	0,15	0,14	0,09	0,07	0,1
N	0,14	0,21	0,22	0,18	0,21	0,24	0,26	0,26	0,23	-0,06	-0,07	-0,04	0,04	0,13	0,22	0,27	0,36	0,39	0,26	0,17	0,18	0,23	0,17	0,18	0,2
D	0,08	0,05	0,06	0,10	0,07	0,13	0,13	0,10	0,13	-0,17	-0,11	-0,08	0,01	0,03	-0,01	0,02	0,14	0,15	0,09	0,11	0,12	0,06	0,14	0,07	0,1
Moy	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2	0,3	0,3	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3

Variabilité horaire et mensuelle de l'îlot de chaleur de Plélan-le-Grand entre le capteur (8) et le capteur (1) pendant 1 ans d'étude : (Janvier à Mai 2021 – Juin à Decembre 2020). (Heure UTC)

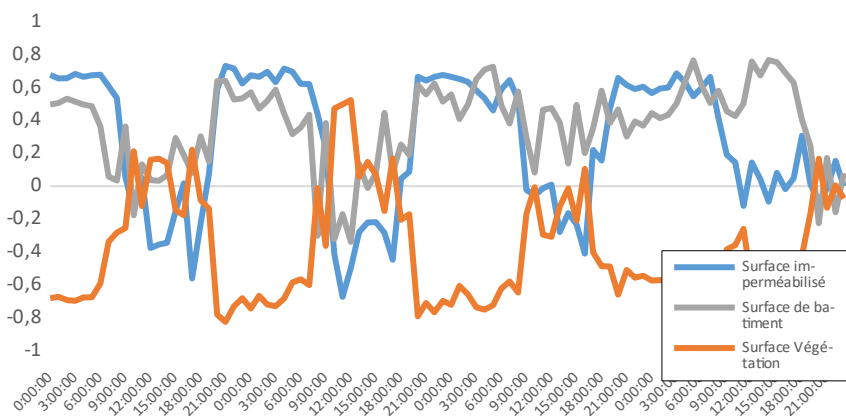
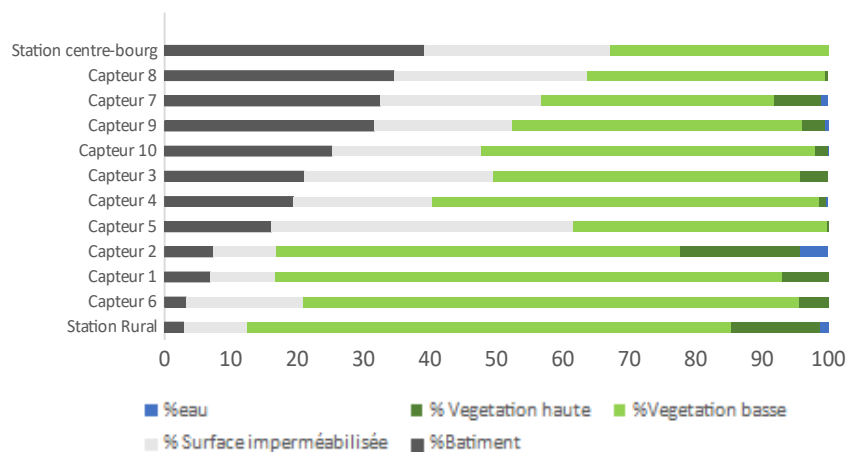
L'îlot de chaleur est saisonnier, celui-ci est majoritairement présent lors des mois chauds (de mars à Septembre) mais il possède également un cycle journalier comme on a pu le voir précédemment. L'intensité de l'ICU est maximale en fin d'après-midi et va avoir tendance à diminuer au fil de la nuit. Ces caractéristiques sont propres à l'îlot de chaleur de l'air.

Le graphique suivant représente l'évolution de la température de tous les capteurs du 5 au 7 août.



On observe que les capteurs les plus chauds sont les capteurs 5, 7 et 8. Ces capteurs sont uniquement plus chauds la nuit, période pendant laquelle l'îlot de chaleur de l'air est le plus marqué. La journée, ces capteurs n'apparaissent pas plus chauds que les autres.

Les capteurs 8 et 7 sont positionnés dans le centre-ville. Naturellement ils ont donc une surface environnante de bâtiment et imperméabilisée plus importante que les autres. Le capteur 5, disposé dans la zone artisanale de la pointe, possède une surface de bâtiment relativement faible mais une surface imperméabilisée environnante très importante.



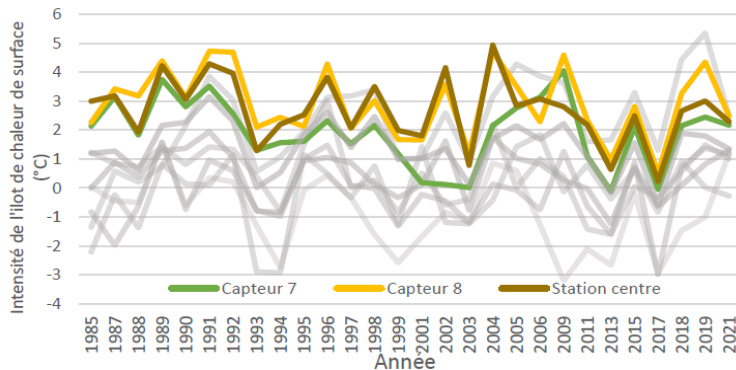
Evolution du coefficient de corrélation entre la surface imperméabilisée / surface de bâtiment / surface de végétation et l'intensité de l'îlot de chaleur pendant les journées du 4 au 7 août 2020

On observe que la nuit, le coefficient de corrélation entre l'intensité de l'îlot de chaleur de l'air et la surface imperméabilisée/surface de bâtiment est fort (environ 0.8). Cela indique que plus ces surfaces sont présentes plus le milieu sera chauffé la nuit.

En contrepartie, on observe que la nuit plus la surface de végétation est importante, plus l'intensité de l'îlot de chaleur a tendance à diminuer. On a donc bien une corrélation relativement importante entre les caractéristiques urbaines et l'intensité de l'îlot de chaleur.

## 2.4 – L'îlot de chaleur de surface - Résultats

L'objectif de cette partie est de déterminer si les îlots de chaleurs de surfaces et de l'air sont liés. Pour cette étude, nous avons une collection d'image landsat (1 par an) donnant des informations sur la température de surface à 11 heures du matin en période estival.

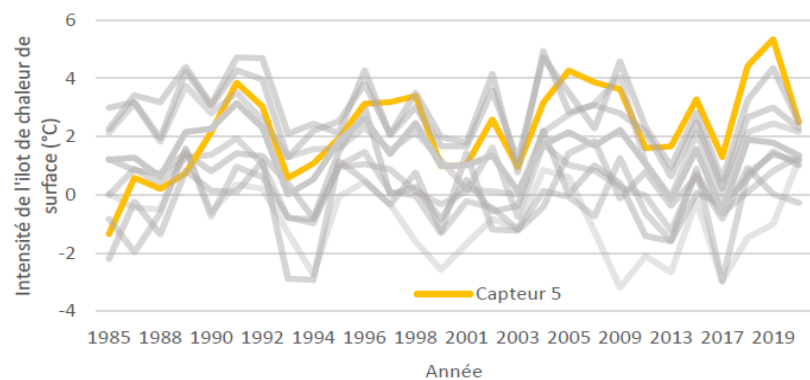


On observe que les capteurs avec les températures de surfaces les plus chaudes sont les capteurs 7 et 8 (ainsi que la station centre). Cela montre que l'îlot de chaleur de l'air et de surface sont intimement lié puisque ce sont les mêmes capteurs qui, dans les deux cas, sont les plus chauds. Cette liaison est dû au phénomène de restitution de la chaleur. En journée, la surface de la

ville va accumuler de la chaleur (car matériaux accumulateur en ville + manque de végétation) ce qui va augmenter l'îlot de chaleur de surface. La nuit, ce surplus de chaleur va être restitué à l'air quand les températures diminuent créant un îlot de chaleur dans l'air.

Les deux îlots de chaleurs sont donc liés mais ne s'observent pas au même moment de la journée.

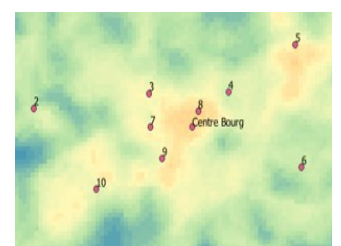
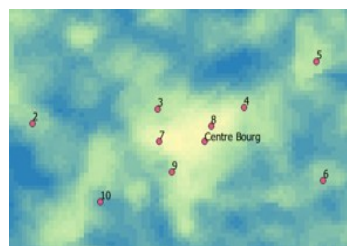
Le capteur 5, est également lui aussi très chaud en matière de température de surface. Néanmoins on observe que celui-ci était relativement froid dans les années 1980 (aussi chaud que les autres capteurs qui ne sont pas dans le centre-ville).



### V – Cas de la zone artisanale de La Pointe

Photo aérienne et image landsat – 1985 / 1987

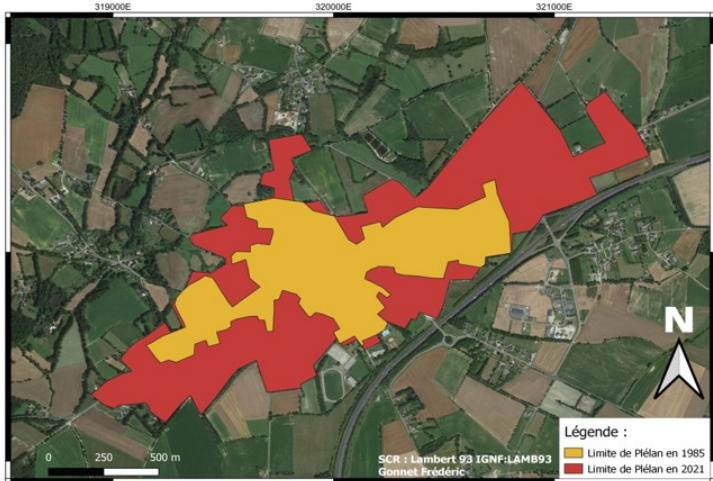
Photo aérienne et image landsat – 1995 / 1996



On observe sur ces images, qu'en effet, dans les années 1980, la zone artisanale de la pointe (qui abrite le capteur 5) n'était à l'époque pas présente (ce qui explique les températures basses). Alors que dans les années 1990 quand cette zone artisanale s'est mise en place, les températures de surfaces ont considérablement augmenté jusqu'à atteindre les températures observables aujourd'hui.

## V – Cas de l'expansion de la ville

L'objectif de cette partie est de montrer l'impact de l'expansion de la ville sur l'évolution spatiale de l'îlot de chaleur.

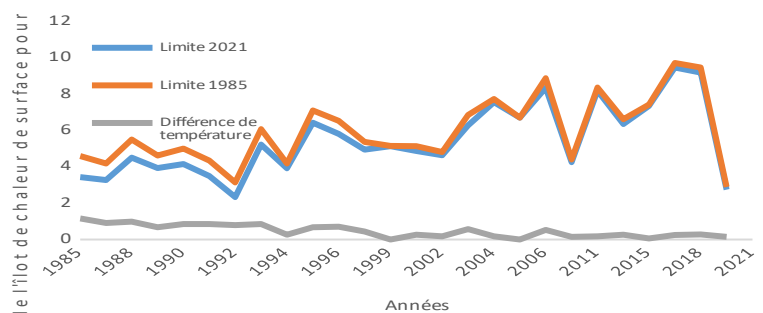


Les limites de Plélan en 1985 ont été tracées grâce à des photos anciennes (polygone jaune) puis les limites de Plélan en 2021 ont été tracées. Puis on a ensuite comparé chaque année, la température moyenne à l'intérieur du polygone jaune et la température moyenne à l'intérieur du polygone rouge. Si l'expansion de la ville augmente la taille de la tâche de l'îlot de chaleur, alors au fil du temps la température du polygone rouge

devrait augmenter et se rapprocher de la température du polygone jaune puisque le polygone rouge (originellement rural) va peu à peu être urbanisé et donc se réchauffer à la hauteur du polygone jaune.

On observe qu'effectivement, la différence de températures entre les deux polygones a tendance à se réduire au fil du temps (courbe grise). On observe également qu'au fil du temps, la température des deux polygones a tendance à augmenter. Cela est dû à (1) le réchauffement global observé dans la partie climatologie et (2) la densification des milieux urbains.

L'îlot de chaleur de surface est donc intimement lié à l'îlot de chaleur de l'air. Plus l'ICU de surface est intense la journée et plus l'ICU de l'air sera intense la nuit. Les intensités de ces deux ICU vont dépendre des caractéristiques urbaines et notamment du taux de végétation haute / basse qui va avoir tendance à les diminuer. Plus le milieu est recouvert par une surface imperméabilisée et des bâtiments, plus l'intensité de l'ICU sera importante. Les différents projets tels que des projets d'aménagements d'expansion de la ville ou de densification de la ville vont avoir des impacts importants sur l'effet îlot de chaleur.



## Chapitre 3. La résilience climatique : quels autres risques et des propositions

### 3.1 – Deux autres phénomènes à considérer

#### v - Le risque "Îlot de chaleur et forte chaleur"

Si le risque îlot de chaleur semble présentement relativement limité, l'évolution des températures et des périodes caniculaires ne doit pas être occultée. En effet l'augmentation moyenne de 3 -3,5 ° d'ici 2100 s'accompagnera d'un accroissement très substantiel des jours chauds et nuits tropicales.

Période d'étude	CNRM	IPSL	CNRM 4.5		CNRM 8.5	
	1974-2005	1974-2005	2040 - 2070	2070 - 2100	2040 - 2070	2070 - 2100
Jours de Gel	38	38	28	21	20	10
Jours Chauds	23	24	43	50	50	77
Nuits Tropicales	2	1	8	10	10	26

*Evolution du nombre de journées types par an en moyenne pour le modèle CNRM pour chaque période d'étude et pour chaque modèle de prévision.*

#### Deux définitions utiles

Jour chaud : Jour durant lequel la température est supérieure à 25°.

Nuit tropicale : Nuit durant laquelle les températures minimales ne passent pas en-dessous de 18 degrés.

#### v - Le risque "eau"

La pluviométrie devrait, selon l'étude de M. Gonnert et du LEGT, connaître une évolution défavorable avec une modification des régimes de pluies saisonnières et une augmentation de l'intensité des pluies.

Il est observé, pour le modèle de prévision RCP 4.5 une augmentation contenue à importante des précipitations selon le modèle CNRM ou IPSL soit respectivement 3 et 13%.

Dates	CNRM	CNRM 4.5		IPSL 4.5	
	1974-2005	2040 - 2070	2070 - 2100	2040 - 2070	2070 - 2100
Pluie (mm)	794	+ 22	+ 57	+ 45	+ 104
Pluie (%)	///	+ 3	+ 7	+ 6	+ 13

*Evolution relative des précipitations pendant les périodes d'études futures proposées pour le modèle Drias CNRM et le modèle Drias IPSL pour une prévision 4.5.*

Dans le cas d'une prévision RCP 8.5, l'augmentation des pluies est plus conséquente en particulier pour le modèle IPSL avec un taux de l'ordre de 20 %.

	CNRM	CNRM 8.5		IPSL 8.5	
Dates	1974-2005	2040 - 2070	2070 - 2100	2040 - 2070	2070 - 2100
Pluie (mm)	794	+ 44	+ 82	+ 105	+ 155
Pluie (%)	///	+ 6	+ 10	+ 13	+ 20

*Evolution relative des précipitations pendant les périodes d'études futures proposées pour le modèle Drias CNRM et le modèle Drias IPSL pour une prévision 8.5.*

Cette augmentation pluviométrique s'accompagne d'une modification des fréquences saisonnières et de facto de l'intensité des pluies.

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Moyenne précipitation observée (1950 - 2005)	93,35	72,18	65,28	59,25	66,77	50,34	48,4	46,99	69,17	84,41	93,56	97,43
CNRM 4.5 (2071-2100)	86,49	75,45	72,78	77,1	79,84	39,31	41,83	28,06	58,52	89,52	92,03	104,95
Variation	-7 %	5 %	11 %	30 %	20 %	-22 %	-14 %	-40 %	-15 %	6 %	-2 %	8 %
CNRM 8.5 (2071-2100)	96,18	83,64	81,27	64,68	77,13	44,4	36,41	23,58	69,6	90,9	90,9	107,87
Variation	3 %	16 %	24 %	9 %	16 %	-12 %	-25 %	-50 %	1 %	8 %	-3 %	11 %
IPSL 4.5 (2071-2100)	113,2	80,44	72,28	60,06	56,13	42,51	43,07	53,1	56,62	91,2	108,27	117,54
Variation	21 %	11 %	11 %	1 %	-16 %	-16 %	-11 %	13 %	-18 %	8 %	16 %	21 %
IPSL 8.5 (2071-2100)	115,99	106,27	86,95	59,51	54,14	33,94	49,41	51,03	73,38	75,11	116,17	130,07
Variation	24 %	47 %	33 %	0 %	-19 %	-33 %	2 %	9 %	6 %	-11 %	24 %	34 %

*Evolution des précipitations moyennes (mm) en fonction du mois pendant la période d'étude (2070 -2100) pour chacun des modèles et des scénarios.*

Quels que soient le modèle CNRM ou IPSL et le scénario d'évolution du taux de carbone dans l'atmosphère, les périodes pluvieuses devraient se renforcer sur la période s'étalant de novembre à mars (hausse de la pluviométrie jusqu'à 47%). A contrario les mois de mai à septembre devraient subir une récurrence et aggravation des sécheresses (baisse de la pluviométrie jusqu'à -33%).

### 3.2 – Des aménagements pour une résilience urbaine

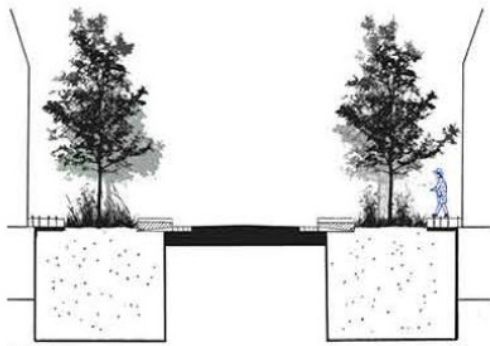
Les éléments précédents soulignent bien l'importance bénéfique des espaces de végétation et perméables lors des périodes de fortes chaleurs et propices à l'apparition d'îlot de chaleur. En outre ces aménagements végétalisés participent à l'amoindrissement des risques liés à l'eau ; inondation par ruissellement et sécheresse.



Les étudiants de l'INSA Blois ont engagé des réflexions quant à des aménagements urbains pour un espace urbain plus résilient. 6 zones de la ville ont fait l'objet de propositions : la canopée, le centre bourg, l'extension Sud, Les sites équipements, le vélodrome et la zone artisanale.

Ces réflexions s'appuient sur des aménagements urbains favorisant l'infiltration de l'eau, la diversité végétale et des méthodologies

### ✓ - Exemples d'aménagements pour l'infiltration des eaux pluviales



Coupe au 1/50

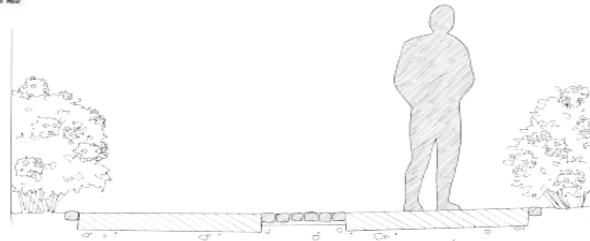


Les bancs encastrés vont permettre d'aller chercher la fraîcheur dans le sol, et permettre de récupérer l'eau au sein de la couverture végétalisée grâce à son inclinaison vers le centre.

#### DES SYSTÈMES DE COLLECTE DES EAUX PLUVIALES

1- Une récupération des eaux aux niveaux des trottoirs  
Les trottoirs possèdent des fentes afin de laisser passer l'eau. La pluie tombe sur la route, puis s'écoule de part et d'autre jusqu'aux trottoirs, ou elle s'échappe par les fentes pour venir alimenter les fosses de plantations.

ALLÉE CARROSSABLE ET PIETONNE  
VOIE À SENS UNIQUE  
PRÉSENCE DE BANDES DE PLANTATIONS EN PÉRIPHÉRIE  
PENTE EN DIRECTION DU FIL D'EAU CENTRAL, ZONE D'INFILTRATION

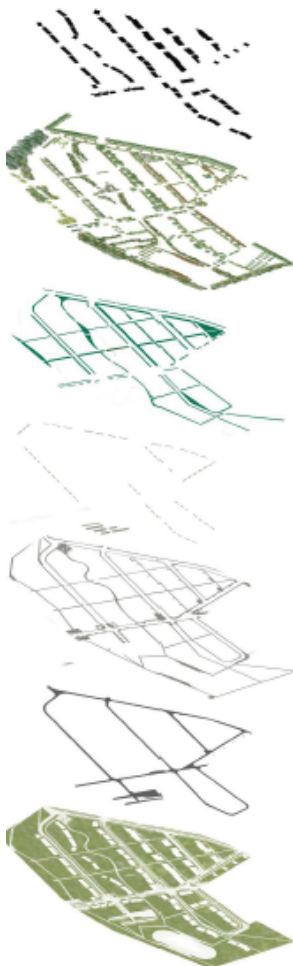


### ✓ - Exemples d'espèces végétales proposées





## V - Exemples de méthodologie : quartier du Fief



**BÂTI** : Le nouveau quartier du Fief propose désormais des logements pour tous. Il est possible d'habiter un petit appartement avec ou sans jardin voir même un pavillon individuel. Les habitations véront leurs façades orientées vers le sud pour profiter d'une lumière et d'une température naturel en toute saison.

**VÉGÉTATION** : La place du végétal est vivement donné dans l'espace. Il vient composé les noies et englober les habitations pour garder la fraicheuret l'ombre. Les essences rappellent donc l'emprise importante de l'eau sur le site et soulignent les axes viaires du quartier.

**NOUES** : Les noies accompagnent chacun des déplacement des riverains du quartier. Chaque chemins ou routes sont liés à ces ouvrage hydrauliques et paysagers afin de guider l'eau vers le point le plus bas du quartier, faisant d'elle le fil rouge de la déambulation.

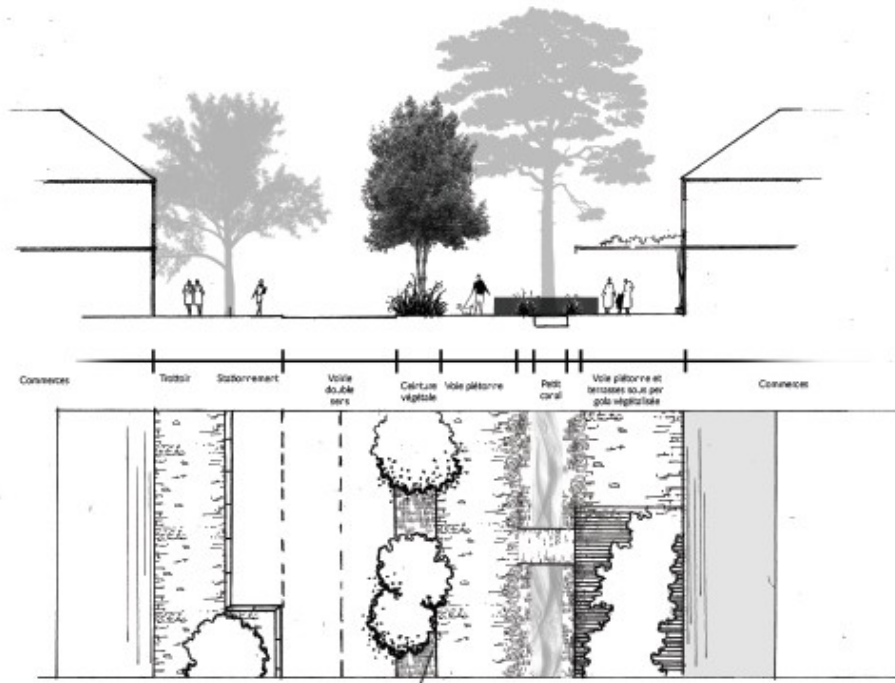
**STATIONNEMENTS** : Les espaces de stationnement sont aussi conçu pour permettre de conserver un site perméable aux eaux pluviales et empêcher un trop fort rayonnement et une amplification de la chaleur. Les riverains disposent de 222 places de stationnement en créneau pour leur véhicule.

**VENELLES** : De très nombreuses venelles piétonnes permettent aux riverains de déambuler en sécurité et favorise l'utilisation des mobilités douces dans le site. Elles permettent entre autre une continuitée et des liens entre les voies douces existantes et les quartiers en périphérie.

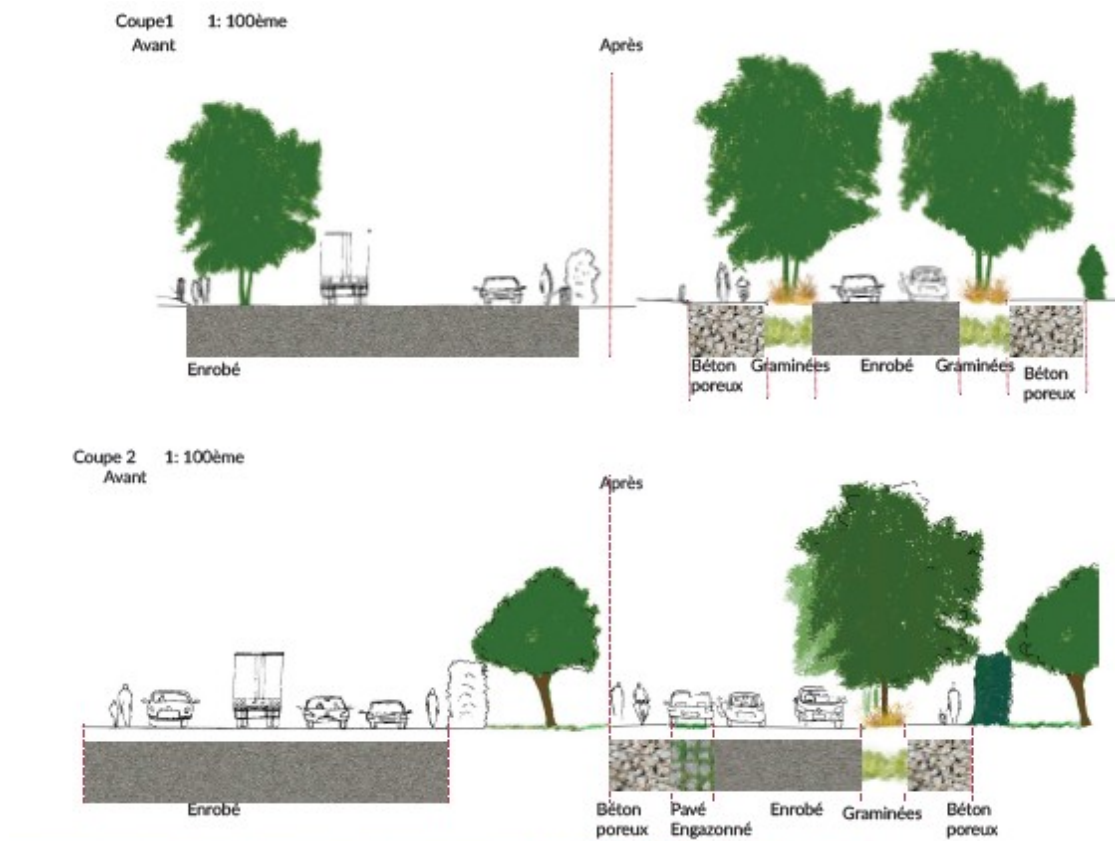
**VOIRIES CARROSSABLES** : Traversé par la rue du Fief, le quartier se compose de peu de voiries carrossables afin de limiter au maximum l'usage de la voi-

**SURFACES VÉGÉTALES** : L'emprise des surfaces végétales va avoir pour effet direct de limiter les îlots de chaleur urbains dans le secteur et favorise ainsi, avec la strate arborée les trames verte et bleues (noies).

v - Exemples d'aménagement : rue principale après déport de la circulation



v - Exemple d'aménagement : Entrée de bourg Sud Ouest



## **v - Analyse des propositions des étudiants**

M. Gonnet s'est efforcé d'analyser chacune des propositions. Mais en l'état de la présentation des maquettes, l'analyse est effectuée essentiellement sous l'angle qualitatif. L'analyse s'attache à relever les points forts et points faibles de chacun des travaux.

- Une couleur vert foncé indique que l'élément du champ (ex "Augmentation de la végétation haute", ....., "Diminution de la surface imperméabilisée") a très bien été pris en compte dans le projet et a tendance à diminuer l'effet îlot de chaleur. Moins le vert est foncé et moins cet élément a été pris en compte dans le projet.
- Une couleur grise signifie que l'élément du champs n'a pas été pris en compte dans le projet mais qu'il n'est pas modifié. Par exemple, si la prise en compte de l'albédo est en gris, cela indique que ce n'est pas mentionné dans le projet. Ce n'est donc pas mieux mais ce n'est pas moins bien non plus.
- Une couleur orange foncé indique que l'élément du champs aurait tendance a augmenté l'effet îlot de chaleur. Par exemple dans "Diminution et surface de bâtiment ", si la case est orangée, cela veut dire qu'une augmentation de la surface de bâtiment est prévue, Elle aurait alors tendance a augmenté l'effet îlot de chaleur. Pour la végétation, c'est la même chose. Si la case est orangée, cela indique qu'une diminution de la végétation est proposée et donc une augmentation de l'effet îlot de chaleur est supposée.

Il est bien convenu que cette analyse ne préjuge aucunement des possibilités opérationnelles de mise en œuvre de ces projets. L'analyse de l'ensemble des contraintes inhérentes aux espaces publics : réseaux assainissement, adduction d'eau, gas, .... n'entre pas dans le cadre de cette étude.

	AUTEUR							
		Augmentation de la végétation haute	Augmentation de la végétation basse	Prise en compte d'espèce de végétation adapté	Diminution de la surface imperméabilisée	Diminution de la surface de bâtiment	Prise en compte de l'effet de l'albédo pour le choix des matériaux	Augmentation du taux de végétation sur la surface bâtiment (toiture végétalisée...)
Canopée	Basile							
	Delafontaine Théa							
	Debeaux Laetitia							
	Lorcerie Arthur							
	Massé Marie							
	Pinsard Louise							
	Pinto Juliette							
Centre-Bourg	Bouzid Sephora							
	Champenois Pauline							
	Guicheteau Manuel							
	Lelievre Camille							
	Marteau Odeline							
	Sonesi Axel							
Extension-Sud	Hennebel Clothilde							
	Lebellec Clothilde							
	Mallet Elisa							
	Projean Remi							
Sites équipement	Boileau Lucile							
	Giraldi Chloé							
	Leclaire Charlotte							
	Thillaye Clara							
	Verduzier Juliette							
Velodrome	Caudron Sarah							
	Coste Guillaume							
	Dal Mas Enzo							
	Pyskir Jeanne							
	Sanchez Constance							
	Villota Juliette							
Zone artisanale	Baudemont Agathe							
	De Waele Elsa							

Tableau représentant l'efficacité des différents projets des étudiants de l'INSA à réduire l'effet îlot de chaleur grâce à des paramètres jugés « Impactant ».

## Chapitre 4. Conclusion

Lors de la clôture de la COP 26 à Glasgow le 13 novembre 2021, Alok Sharma, président de cette convention a adressé ces excuses "*Je suis profondément désolé*" car en l'état des décisions des différents gouvernements, **l'humanité emprunte le chemin du scénario RCP8.5, le scénario du pire.**

Sur la base de ce scénario, l'étude réalisée par Monsieur Frédéric Gonnet et du laboratoire CNRS-LETG-Rennes de l'université de Rennes 2 sur la ville de Plélan Le Grand montre, en l'état de son aménagement :

- un risque limité d'îlot de chaleur (proportion adéquat d'espaces végétalisés et ville à surface optimale ?)
- une augmentation annuelle des jours chauds (23 jours/an (moyenne 1974-2005) à 77 jours/an (2070 -2100)) et de nuits tropicales ( 2 à 26 jours/an )
- un renforcement de la pluviométrie sur les mois de novembre à mars ( augmentation de la pluviométrie pouvant atteindre 47%)
- une récurrence et aggravation du risque "sécheresse" de mai à septembre (réduction du régime de pluie jusqu'à 33%)

avec pour conséquences

- une dégradation du confort de vie des habitants,
- une dégradation de la qualité de l'air,
- une probabilité accrue d'inondation urbaine par les eaux de ruissellement,
- une moindre résistance des végétaux aux variations climatiques et aux diverses attaques (xylophages, ..),
- une amplification du phénomène retrait - gonflement des sols avec destructuration du bâti,

Afin de préserver autant que possible la qualité de vie des habitants, multiples solutions proposées par les étudiants de l'INSA Blois pourraient être mises en œuvre :

- favoriser l'infiltration des eaux pluviales par une réduction des espaces imperméabilisés privés et publics,
- amplifier la végétalisation des espaces,
- définir les matériaux urbains adéquats,
- développer des habitations dotées d'une qualité thermique estivale et hivernale passive,
- préconiser des couleurs des façades et toitures des habitations et bâtiments,
- ....

Mais la réflexion ne doit pas se limiter à l'espace urbain et doit bien s'étendre sur les espaces rural et naturel de la commune. En effet ceux-ci contribuent de manière importante à la réduction ou à aggravation des risques en particulier : inondation, sécheresse, qualité de l'air, ....

- reméandrer les cours d'eau,
- créer des ceintures boisées à grande biodiversité autour des lieux d'habitations en particulier sur l'amont
- restaurer le bocage,
- restaurer les zones humides,
- ....