

h e g

Haute école de gestion
Genève

h e p i a

Haute école du paysage, d'ingénierie
et d'architecture de Genève

Hes·SO

Haute Ecole Spécialisée
de Suisse occidentale
Fachhochschule Westschweiz
University of Applied Sciences and Arts
Western Switzerland



Haute école de gestion de Genève // HES-SO Genève

Projet MIDAS - Analyse des mesures TSF

Marielle Guirlet - HEG, HES-SO Genève

Domitille Baron (TSF) : coordination des bénévoles et transmission des mesures

Peter Gallinelli et Reto Camponovo (HEPIA, HES-SO Genève) : instruments de mesure et protocole

René Schneider (HEG, HES-SO Genève): responsable du projet MIDAS pour la HEG

Table des matières

1	Présentation des mesures	2
1.1	Contexte et objectif	2
1.2	Dispositif de mesures	2
1.3	Protocole	2
2	Collecte et traitement des mesures	3
2.1	Collecte	3
2.2	Préparation et nettoyage des fichiers	3
3	Analyse	5
3.1	Soubeyran, été 2021 : comparaison de séries de T en début d'été et en fin d'été	6
3.2	Soubeyran, été 2022 : comparaison des séries de T en début d'été et en fin d'été.....	6
3.3	Soubeyran, fin d'été 2021 : comparaison des séries de T sur les différents tronçons.....	6
3.4	Soubeyran, fin d'été 2022 : comparaison des séries de T sur les différents tronçons.....	7
3.5	Colline, été 2022 : comparaison des profils en début d'été et en fin d'été.....	8
3.6	Colline/Ferme, été 2022 : séries végétalisées vs. non végétalisées.....	8
3.7	Saint-François, été 2022 : comparaison des profils en début d'été et en fin d'été	9
3.8	Jean Violette, été 2022 : comparaison des profils en début d'été et en fin d'été	9
4	Discussion	9
5	Recommandations.....	10
5.1	Protocoles de mesures, responsabilités et ressources	10
5.2	Dépouillement, nettoyage et analyse des mesures	11
6	Conclusions.....	12
Annexes		13
	Protocole de mesures pour le toit Soubeyran	13
	Traçage des mesures à Soubeyran en été 2022 par les bénévoles.....	15
	Parcours à suivre pour les mesures.....	17
	Alcide Jentzer, été 2021	17
	Colline/Ferme, été 2021.....	17
	Colline/Ferme, été 2022.....	18
	Saint-François/Jean Violette, été 2021	18
	Saint-François/Jean Violette, été 2022	19
	Photos de végétation	19
	Soubeyran, été 2022	19
	La Colline, 17/06/2022	20
	La Colline, 31/08/2022 (légère reprise de la végétation après les pluies de fin d'été).....	20

1 Présentation des mesures

1.1 Contexte et objectif

MIDAS est un projet de l'appel "Territoire en Recherches" porté conjointement par une équipe de la filière Information Science de la HEG et le LEEA de l'HEPIA. L'association TSF est partenaire de ce projet. Elle a pour mission de végétaliser des toits en ville de Genève. Dans le cadre de MIDAS, des mesures faites pendant les étés 2021 et 2022 sur quelques toits végétalisés par TSF ont été analysées par l'équipe de la HEG afin d'étudier l'impact de cette végétalisation sur le micro-climat urbain.

1.2 Dispositif de mesures

Les mesures sont faites avec des perches mobiles conçues et fournies par l'HEPIA. Ces perches sont équipées de capteurs de température et d'humidité relative, fixés sur la perche à quatre hauteurs différentes (voir Figure 1). Un capteur de luminosité en haut de la perche vient compléter le dispositif.

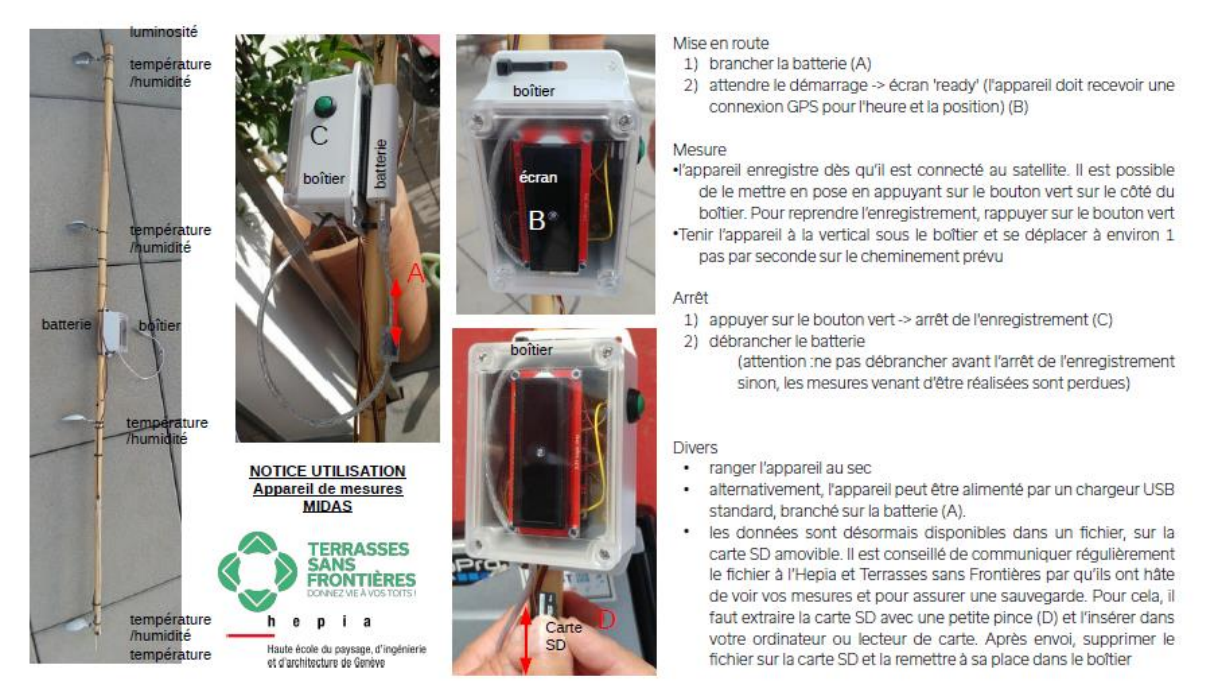


Figure 1: Dispositif de mesure et notice d'utilisation fournis par l'HEPIA pour les bénévoles de TSF.

1.3 Protocole

Le protocole de mesures a été également fourni par l'HEPIA. Il spécifie les éléments de contexte à respecter (voir en Annexe):

- Les conditions météo : journées typiques de situations d'îlot de chaleur urbain : chaudes, estivales, ensoleillées, sans vent (se produisant généralement de juin à fin août). Il est intéressant de comparer les mesures faites en situation de stress hydrique de celles faites en situation d'abondance hydrique (suite à des précipitations).
- Les heures et la fréquence dans la journée : idéalement entre 2 et 4 séries de mesures par jour de 30 mn environ chacune, juste avant ou au moment du lever du soleil, en fin de matinée, en milieu d'après-midi, après le coucher du soleil.
- L'itinéraire sur le toit : toujours le même, indiqué sur un plan ou par un marquage au sol, à parcourir 2 ou 3 fois par série de mesure.

2 Collecte et traitement des mesures

2.1 Collecte

Les mesures ont été effectuées par des bénévoles (occupant.e.s des immeubles concernés ou autres volontaires de l'association) pendant les étés 2021 et 2022, sur des toits végétalisés ou en cours de végétalisation. Les fichiers de données ont été reçus par l'HEPIA et la HEG en cours ou à la fin de chaque été, avec quelques informations contextuelles. Celles-ci peuvent concerner les conditions météorologiques au moment des mesures, l'état de la végétation, l'écart possible par rapport au protocole (trajet ou horaires de mesures), ou des difficultés techniques. Des informations sur le trajet à suivre pour les mesures sont aussi parfois transmises (photo, plan ou texte).

Le détail de ces mesures par lieu et par couverture temporelle est donné dans le tableau suivant (Tableau 1).

Le toit Soubeyran comprend une zone végétalisée (première partie du parcours), une zone en béton et une zone avec des panneaux solaires légèrement végétalisée (suite du parcours).

Le toit Jentzer est encore non végétalisé en 2021.

Le toit Colline/Ferme désigne en fait deux toits, ceux de deux immeubles accolés. L'un est au premier étage, enclavé entre les immeubles, végétalisé (Colline). L'autre est au 5^e étage, non végétalisé, et comprend des panneaux solaires (Ferme).

Le toit St François/Jean Violette désigne aussi un ensemble de 2 toits parallèles, faisant partie du même bloc d'immeubles. L'un des toits a été végétalisé à la fin de 2020 mais la végétation s'y est très peu développée. L'autre est en graviers avec quelques panneaux solaires.

Des photos avec le tracé des parcours à suivre pour les mesures sont données dans les annexes.

Localisation du toit	Date des mesures
Soubeyran (7 rue Soubeyran)	2021 : 17, 18, 22, 23/07 ; 15/08 ; 7, 8, 13/09 2022 : 21/06 ; 2, 16-19, 23/07 ; 5-7, 26/08
Alcide Jentzer (11 rue Alcide Jentzer)	2021 : 30/06 ; 2, 8, 22/07 ; 13/08
Colline/Ferme (5 rue de la Colline/ 17 rue de la Ferme)	2021 : 30/06 ; 8, 13/09 2022 : 17/06 ; 8, 15, 22, 29/07 ; 12, 31/08
St François/Jean Violette (4 passage de Saint-François/3 rue Jean Violette)	2021 : 30/06 ; 8, 13/09 2022 : 17/06 ; 8, 15, 22, 29/07

Tableau 1: Localisation et dates des mesures TSF. Les dates des fichiers supprimés par l'étape de nettoyage sont indiquées en bleu et en italique.

2.2 Préparation et nettoyage des fichiers

A la réception des fichiers « bruts », on peut observer que certains contiennent les anomalies suivantes :

- une position enregistrée erronée : latitude et longitude sont nulles, ou de valeurs différentes de celles du toit (trouvées au préalable pour chaque toit à partir de l'adresse du bâtiment) ;
- une date fautive dans quelques cas (année 2015 au lieu de 2021, 2018-08 au lieu de 2022-07, ...).

Avant d'exploiter ces mesures et d'analyser les données, plusieurs étapes de préparation et de nettoyage des fichiers sont donc nécessaires.

Les mesures pour lesquelles la latitude et longitude enregistrées dans les fichiers ne correspondent pas aux valeurs attendues ont été effacées, ainsi que celles pour lesquelles la date est fausse. Certaines séries de mesures très courtes (quelques secondes) ne sont pas conservées dans les fichiers. D'autres séries enregistrées dans les fichiers ont été mesurées par d'autres personnes que les bénévoles de TSF (information communiquée par TSF) et doivent aussi être exclues. Cette étape peut entraîner la suppression de séries de mesures pour plusieurs jours entiers.

Enfin, l'heure enregistrée dans les fichiers de mesures de Soubeyran doit être corrigée de 2h (information aussi communiquée avec l'envoi des fichiers de mesures).

On garde la trace de ces opérations de nettoyage et de correction dans un document texte.

Les fichiers sont ensuite découpés par jour (voir pour le détail des dates et des heures de mesure). Ils sont alors stockés par lieu (un dossier par lieu) et par jour (un dossier par été, puis un fichier par jour).

Localisation du toit	Jour des mesures	Heure approximative de début et de fin de série
Soubeyran	17/07/2021	11h, 17h
	07/09/2021	16h
	21/06/2022	19h
	02/07/2022	6h, 18h, 22h
Alcide Jentzer	30/06/2021	9h
	08/07/2021	8h
Colline	13/09/2021	13h
	17/06/2022	12h
	08/07/2022	13h30
	15/07/2022	12h
	22/07/2022	13h
	29/07/2022	12h
	12/08/2022	13h
	31/08/2022	15h
Ferme	13/09/2021	13h
	17/06/2022	9h, 10h, 13h, 13h30, 14h
	08/07/2022	14h
	15/07/2022	13h
	22/07/2022	13h30
	29/07/2022	12h
	12/08/2022	14h
	31/08/2022	15h30
Saint François	13/09/2021	12h
	17/06/2022	9h
	08/07/2022	12h
	15/07/2022	12h
	22/07/2022	12h
	29/07/2022	12h
Jean Violette	17/06/2022	10h
	08/07/2022	13h
	15/07/2022	12h
	22/07/2022	12h10
	29/07/2022	12h30

Tableau 2: détail des séries de mesures: toit, jour, heures de mesure.

3 Analyse

L'effet attendu de la présence de végétation sur les toits est une diminution de la température, par rapport à la température mesurée dans les mêmes conditions mais sans végétation. Pour détecter ce possible effet, on compare la température mesurée dans un contexte sans végétation et celle mesurée dans le même contexte avec végétation. Cela correspond à deux types de cas d'étude possibles:

- Type de cas 1 : comparaison de températures sur la même zone de toit, à deux dates différentes (avant la présence de végétation, après la présence de végétation)
- Type de cas 2 : comparaison de températures sur deux zones différentes du toit (l'une végétalisée, l'autre pas), à une même date

Seules des mesures faites à Soubeyran peuvent fournir des données correspondant à ce 2^e type, avec une partie du toit végétalisée, l'autre non (voir Figure 2 ; D : départ ; A : Arrivée).



Figure 2: Trajet à suivre pour les mesures sur le toit de Soubeyran.

A partir des fichiers de données reçus, on identifie alors les cas d'étude suivants (Tableau 3), à la condition de disposer de mesures faites approximativement à la même heure, pour tenir compte de la forte variation diurne de la température.

Localisation du toit	Périodes	Type de comparaison
Soubeyran	a. Début été 2021 vs. fin été 2021 b. Début été 2022 vs. fin été 2022	1.
Soubeyran	c. Fin d'été 2021, Tronçon 1 vs. 2 et/ou 3 ou 4 à 6 d. Fin d'été 2022, Tronçon 1 vs. 2 et/ou 3 ou 4 à 6	2.
Colline(/Ferme)	e. Début été 2022 vs. fin été 2022	1.
Saint François	f. Début été 2022 vs. fin été 2022	1.
Jean Violette	g. Début été 2022 vs. fin été 2022	1.

Tableau 3: Cas d'étude identifiés.

Les informations envoyées avec les fichiers de mesures par TSF peuvent aussi mettre en avant certaines situations à étudier en priorité. Par exemple : « Les habitants ont pu constater un écart flagrant entre la zone non végétalisée et le potager. » (à propos des mesures à Soubeyran en été 2021).

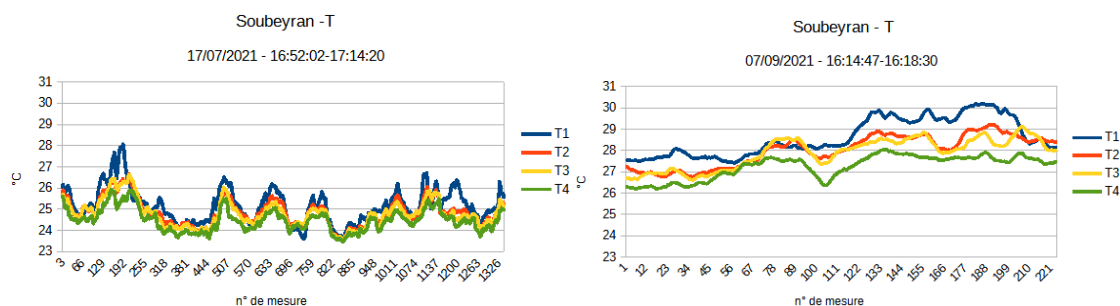
Outre la condition sur des heures de mesures proches, les séries comparées doivent également correspondre à des conditions météo similaires. On suppose aussi ici que les mesures sont prises sur tout le trajet fixé par le protocole. Il s'avère en fait que la durée des séries (et le nombre de points échantillonnés et représentés sur les graphiques ci-dessous) est très variable d'une série de mesures à l'autre, comme le montre le contenu des fichiers.

On analyse visuellement les séries de T pour les cas d'étude identifiés dans le tableau ci-dessus.

3.1 Soubeyran, été 2021 : comparaison de séries de T en début d'été et en fin d'été

On se concentre ici sur les T mesurées dans la zone végétalisée du toit, correspondant à la première partie des séries (tronçon 1, Figure 2). Si la végétation a bien un effet d'atténuation de la chaleur, ces T devraient être plus faibles dans cette zone en fin d'été après le développement de la végétation qu'en début d'été.

Les seules mesures avec des heures similaires disponibles pour ce cas sont les séries du 17/07/2022 et du 07/09/2022 entre 16h et 17h. Néanmoins, les longueurs des séries sont très différentes (durée de moins de 4 minutes seulement de la série du 07/09). Sur la partie « commune » aux 2 séries (n° de mesures entre 100 et 200 environ), les valeurs maximum de température sont même plus élevées le 07/09 que le 17/07. Mais sans autre information contextuelle ni sur le trajet suivi ni sur les conditions météo, on ne peut pas conclure sur le manque d'effet de la végétalisation du toit ni sur les autres raisons possibles concernant ces observations.



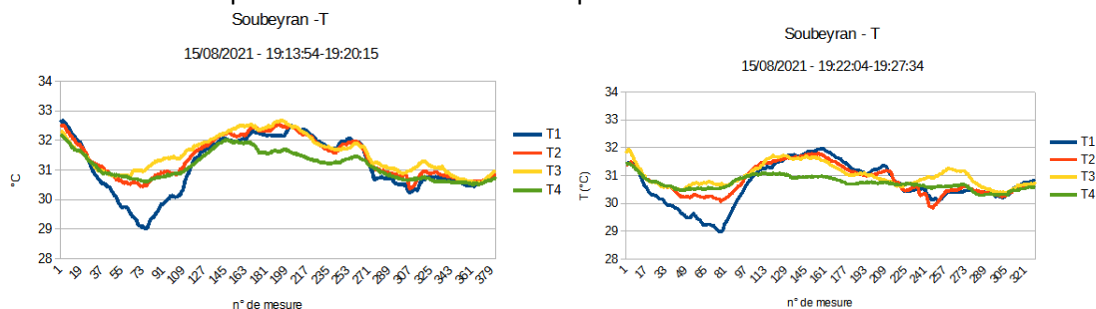
3.2 Soubeyran, été 2022 : comparaison des séries de T en début d'été et en fin d'été

L'absence de mesures faites en fin d'été (avec seulement un mois d'écart entre la première série de mesures : 21/06/2022 et la dernière : 23/07/2022) s'ajoutant au manque de mesures faites à des heures similaires ne permet pas d'explorer ce cas.

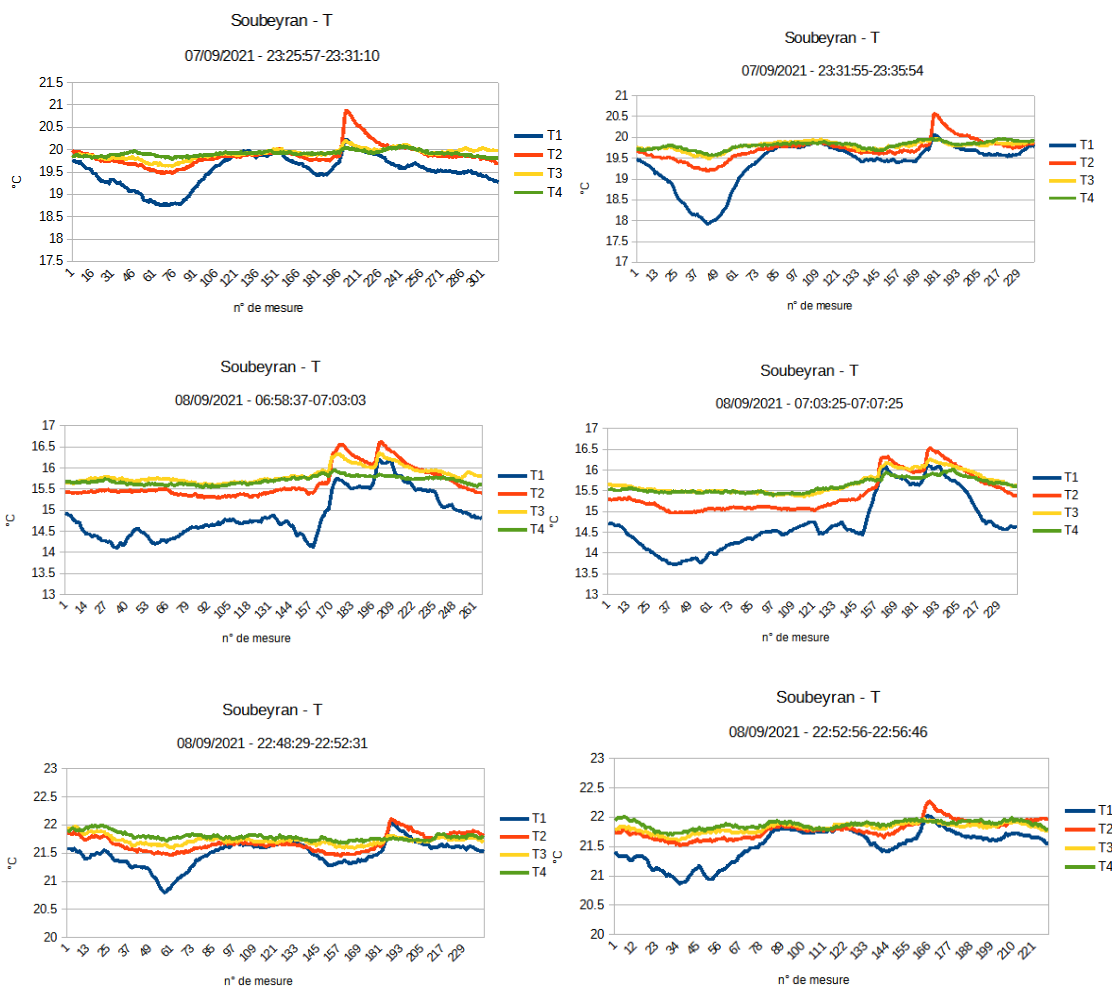
3.3 Soubeyran, fin d'été 2021 : comparaison des séries de T sur les différents tronçons

Une des informations reçues avec les fichiers de mesures était que « les habitants ont pu constater un écart flagrant entre la zone non végétalisée et le potager ». C'est ce qu'on essaye de détecter ici à partir de la comparaison des mesures sur le tronçon végétalisé (première partie de la série) et sur la partie du toit non végétalisée (les mesures suivantes). On s'attend à un impact surtout en fin d'été, une fois que la végétation s'est bien développée.

Cet impact apparaît en effet sur les séries T1 du 15/08/2021 en début de soirée et du 07/09/2021 en fin de soirée. Il est plus atténué ou très atténué pour les séries T2 à T4.



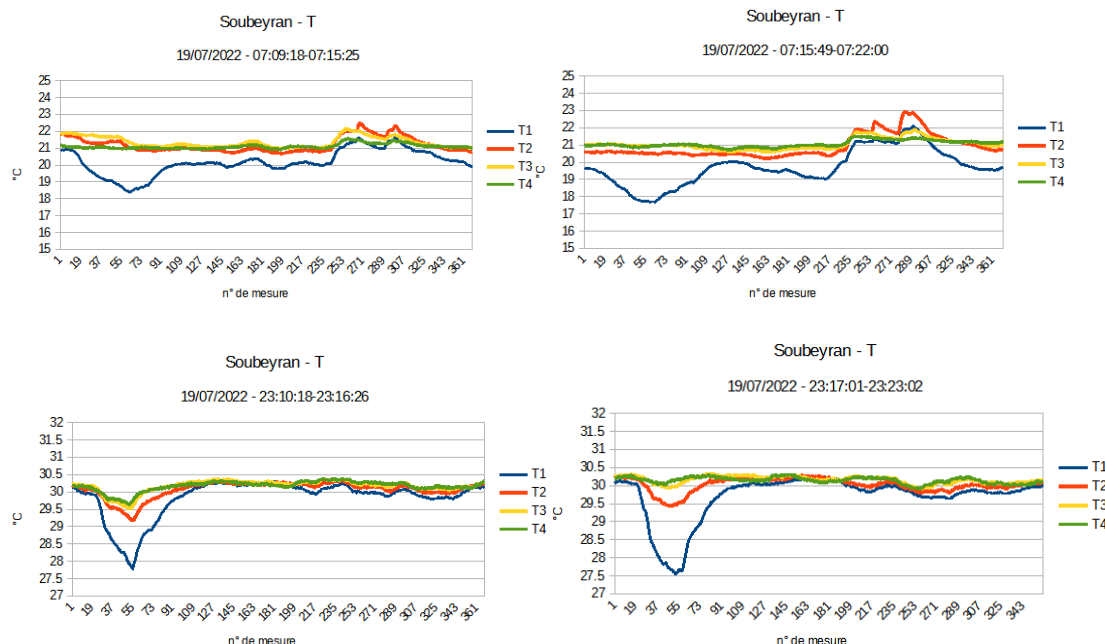
Il apparaît aussi sur les mesures du 07/09/2021 pour les séries T1 en fin de soirée, et sur les séries du 08/09/2021 au matin et dans la soirée.



3.4 Soubeyran, fin d'été 2022 : comparaison des séries de T sur les différents tronçons

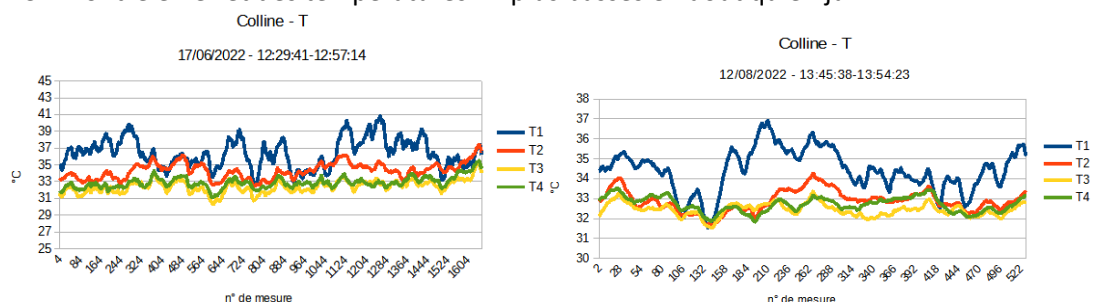
On observe le 19/07/2022 le même effet qu'en c. : des températures T1 plus faibles dans la première partie des séries de mesure que dans la partie suivante, le matin et en soirée. Pour les séries T2 à T4, cet effet est peu visible (le matin) ou atténué (en soirée).

Par contre, on n'observe pas d'effet pour les mesures faites le 23/07/2021 (dernier jour de mesures disponible à Soubeyran pour l'été 2022).



3.5 Colline, été 2022 : comparaison des profils en début d'été et en fin d'été

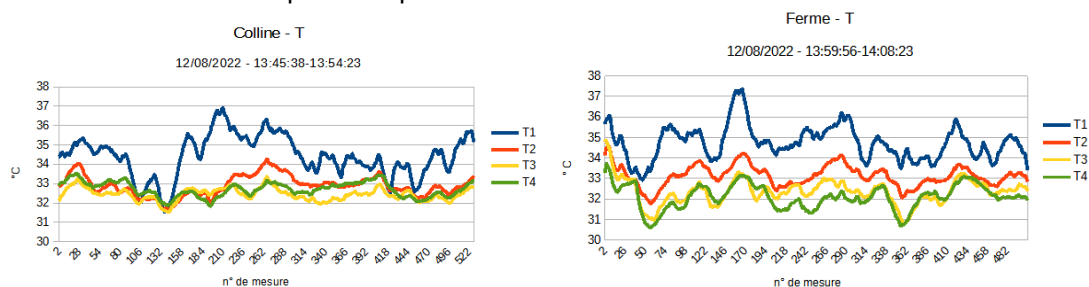
La comparaison des séries mesurées sur le toit Colline le 17/06/2022 et le 12/08/2022 entre 12h et 13h montre en effet des températures T1 plus basses en août qu'en juin.

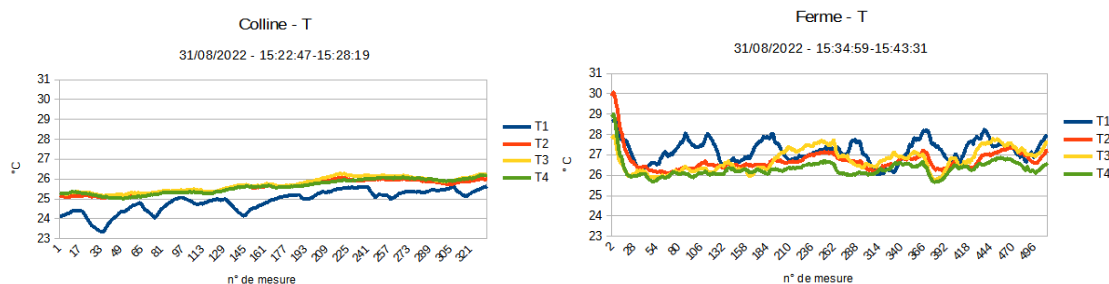


Mais comme en **a.**, il faudrait disposer de plus d'informations contextuelles sur le trajet suivi et les conditions météo pour pouvoir écarter d'autres raisons possibles pour ces températures plus faibles, et conclure de façon robuste sur l'impact de la végétalisation du toit.

3.6 Colline/Ferme, été 2022 : séries végétalisées vs. non végétalisées

Les T mesurées sur le toit Colline le 12/08/2022 vers 14h montrent des valeurs de T1 plus faibles que celles mesurées sur le toit Ferme à des heures proches. Le 31/08/2022, ces différences entre les T (T1) des 2 toits sont encore plus marquées.

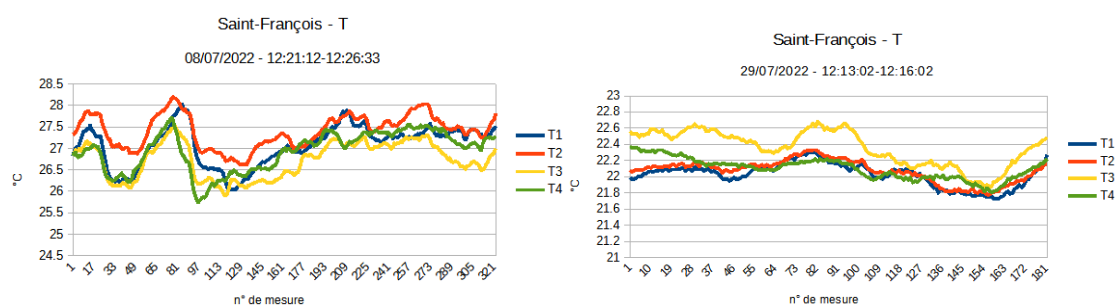




Ces observations dans ce contexte particulier sont particulièrement intéressantes. Même si on n'a pas de certitude absolue sur le respect de l'itinéraire du protocole, on compare ici des séries de températures mesurées soit dans un environnement complètement végétalisé (Colline), soit pas du tout végétalisé (Ferme), aux mêmes dates et à des heures très proches, donc dans les mêmes conditions météorologiques locales. A moins que d'autres facteurs contextuels soient à prendre en compte (orientation du toit, ombrage, etc.), on observe donc bien ici un effet de rafraîchissement de la végétation.

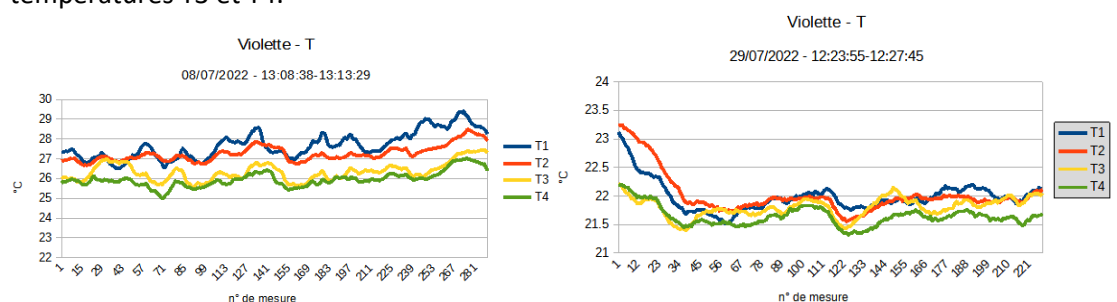
3.7 Saint-François, été 2022 : comparaison des profils en début d'été et en fin d'été

Les mesures les plus tardives pour cet été ont été faites le 29/07. Comparées aux mesures du 08/07, les températures T1 montrent en effet des valeurs bien plus faibles. Cet effet est aussi observé à Colline/Ferme. Vu son ampleur, il est très probable que cet effet aussi marqué soit dû aux conditions météo (à vérifier avec une analyse plus poussée).



3.8 Jean Violette, été 2022 : comparaison des profils en début d'été et en fin d'été

Dans ce cas, on observe des valeurs de température T1 plus faibles le 29/07 que le 08/07. Comme discuté en f., cet effet peut être dû au moins partiellement à des conditions météo particulières ce jour-là. On peut aussi noter que les valeurs de températures T1 et T2 sont supérieures à celles des températures T3 et T4.



4 Discussion

A partir des quelques résultats présentés ici, on voit qu'il est difficile de conclure de façon robuste sur un effet significatif d'atténuation de la chaleur par la végétation. On a mis en avant des comparaisons

visuelles qui représentent cet effet (à plus ou moins grande échelle), mais d'autres comparaisons non présentées ici ne permettent pas de conclure dans ce sens.

Les résultats les plus convaincants semblent concerner la comparaison des parties végétalisées avec les parties non végétalisées. A Soubeyran, en été 2021 (cas **c.** et **d.**), on observe nettement sur plusieurs séries de températures T1 le matin et en soirée une baisse des valeurs en zone végétalisée par rapport aux zones non végétalisées. Cet effet avait d'ailleurs été observé pendant les mesures par les bénévoles, et signalé avec l'envoi des fichiers (on rappelle ici l'importance de ce genre d'informations lorsqu'on dépouille et analyse les mesures). A Colline/Ferme, on observe aussi pour deux jours d'août 2022 des températures T1 plus faibles sur le toit végétalisé que sur l'autre toit.

Il est dommage qu'un effet aussi net n'ait pas pu être observé sur la comparaison des séries de mesures en début d'été et en fin d'été. Des informations complémentaires sur l'état de la végétation et les conditions météo pendant l'été auraient peut-être permis de mieux interpréter les comparaisons visuelles et de mieux sélectionner les mesures à comparer. Les durées différentes des séries de mesures (parfois seulement quelques minutes au lieu de la demi-heure recommandée par le protocole) limitent aussi les possibilités de comparaisons des séries entre elles et la validité de ces comparaisons. On a supposé que les séries les plus courtes commençaient comme les plus longues au point de départ de l'itinéraire fixé par le protocole mais ce point devrait être vérifié.

5 Recommandations

Comme mentionné ci-dessus, l'envoi des fichiers de données s'est accompagné plusieurs fois de quelques informations sur le contexte. Néanmoins, ces informations n'ont pas été assez complètes pour garantir que le protocole de mesures a été suivi de façon stricte, notamment en ce qui concerne le suivi du trajet et les conditions météorologiques. Il se peut que parmi les données reçues, certaines correspondent à des mesures faites dans les conditions recommandées par le protocole, mais les informations contextuelles ne permettent pas de le garantir.

On peut quand même remarquer que dans plusieurs cas, les plages horaires, le nombre de passages dans la journée et la durée de la série de mesures recommandés par le protocole n'ont pas été systématiquement respectés (dans un cas, pour des raisons de sécurité ; ce qui était parfois mentionné dans les informations contextuelles).

On peut alors formuler les recommandations et les pistes d'amélioration suivantes.

5.1 Protocoles de mesures, responsabilités et ressources

- Décliner le protocole générique en protocoles spécifiques pour chaque bâtiment, en tenant compte des contraintes et des disponibilités des bénévoles qui font les mesures
- Dans la mesure du possible, faire intervenir un nombre réduit de bénévoles, ce qui permettra un meilleur contrôle de la qualité et une interaction plus facile
- Impliquer plus les bénévoles dès le début du projet : présentation des objectifs, intérêt spécifique des mesures TSF pour le projet, importance de respecter le protocole, ...
- Organiser un premier-atelier test en présence des personnes ayant rédigé le protocole
- Identifier une personne référente par bâtiment. Celle-ci sera la personne-contact entre les bénévoles effectuant les mesures et les scientifiques dépouillant les données. Elle facilitera l'adaptation éventuelle du protocole de mesures, rendra compte de possibles difficultés et répondra à des demandes spécifiques d'informations supplémentaires sur le contexte des mesures. Elle contrôlera les données avant de les envoyer et fera aussi un premier nettoyage des données si besoin.

- Ne pas laisser utiliser les perches par d'autres personnes que les bénévoles identifiés pour les mesures TSF ; utiliser une perche par toit et toujours la même ; nettoyer les mesures faites pour des tests ou des démonstrations avant d'envoyer les mesures
- Enregistrer de façon standardisée les observations :
 - sur les conditions météo des jours précédant les mesures (idéalement de tout l'été) et des jours de mesure. Le vent peut avoir un impact sur les mesures, comme signalé par les bénévoles notamment à propos des mesures de Saint-François/Jean Violette, où l'un des toits est plus enclavé et protégé du vent que l'autre. L'effet de rafraîchissement par le vent sur un toit non enclavé et non végétalisé pourrait même dépasser l'effet attendu de la végétation sur un toit enclavé (observations transmises mais pas mises en évidence avec l'analyse).
 - sur la végétation (avec photos possibles, comme à Soubeyran et la Colline en été 2022) :
 - le type de végétation: est-elle vivace, est-ce la même qui se développe d'un été à l'autre ou repart-elle de zéro au début de chaque été ?
 - le stade de son développement: la hauteur (pour interpréter les différences entre les T aux 4 hauteurs de la perche, le volume, l'impact de la sécheresse, ...
 certaines informations ont été bien transmises, mais elles étaient parcellaires et/ou difficiles à interpréter pour l'analyse des mesures
 - sur le trajet parcouru pendant les mesures : les coordonnées exactes du trajet à suivre et les écarts du trajet effectivement suivi par rapport à ce trajet à suivre
 - sur tout autre aspect utile pour une bonne manipulation et la bonne interprétation des mesures (anomalies techniques par exemple)

Ces métadonnées supplémentaires permettront de garantir la qualité des mesures, et sélectionner plus finement les mesures à utiliser pour l'analyse: les séries complètes, suivant exactement le trajet fixé par le protocole, pouvant être comparées deux à deux puisque mesurées sur le même trajet.

Elles permettront aussi d'interpréter correctement les mesures, en tenant compte des informations contextuelles : conditions météo, état de la végétation, anomalies diverses.

5.2 Dépouillement, nettoyage et analyse des mesures

- Allouer des ressources suffisantes pour les tâches de dépouillement, de nettoyage et d'analyse des mesures
- Dépouiller plus rapidement les mesures après leur réception (les données ont été envoyées de quelques jours à quelques semaines après les mesures). Le peu de ressources disponibles pour le projet a sur ce point été crucial.
- Analyser aussi les mesures d'humidité relative
- Analyser finement et comparer entre elle les séries mesurées par les 4 capteurs de la même perche; envisager de modifier ces hauteurs si cela peut apporter plus d'informations utiles
- Etablir plus clairement la responsabilité des tâches de suivi, de dépouillement, de nettoyage et d'analyse des mesures entre l'HEPIA et la HEG (qui a assuré l'ensemble de ces tâches), et les échéances.
- Allouer des ressources suffisantes pour les tâches de dépouillement, de nettoyage et d'analyse des mesures. Des ressources supplémentaires pour développer et utiliser des outils d'analyse plus perfectionnés (statistiques, prise en compte de la position à partir de la latitude et de la longitude) permettraient une analyse plus poussée et plus robuste.

6 Conclusions

De cette première analyse, nous avons conclu, dans certains cas limités et moyennant quelques réserves, qu'on observait un effet de rafraîchissement sur les toits dû à la végétation.

Nous avons aussi mentionné les limites de l'analyse, dues principalement au non-respect du protocole fixé pour les mesures, et/ou au manque d'informations contextuelles garantissant le respect de ce protocole, et au manque de ressources disponibles pour le suivi des mesures, leur dépouillement et leur analyse.

Néanmoins, cette première étude a permis d'élaborer une méthodologie, et de formuler des recommandations pour d'éventuelles futures campagnes de mesures. Si ces recommandations sont appliquées, elles simplifieront l'analyse. Elles permettront aussi de produire d'autres résultats et de rendre leur interprétation beaucoup plus robuste.

Annexes

Protocole de mesures pour le toit Soubeyran

PROTOCOLE DE MESURES pour MIDAS Micro climate Data Stories

Principes

Le principe consiste de disposer d'une toiture de référence non végétalisée (TNV) à proximité d'une toiture végétalisée (TV); ce n'est qu'à partir de cette comparaison que nous pourrons tirer des enseignements sur la contribution des TV.

Quant aux relevés in-situ, il s'agit de prendre les mesures avec un appareil sous forme d'un mat portatif d'environ 2-3 m de haut sur lesquels sont placés les différents capteurs. Le mat doit être déplacé sur un cheminement prédéfini qui traverse tant des zones de TV que des zones de TNV, l'objectif étant de démontrer par la mesure comparative l'existence d'un effet sur les températures de l'air.

Conditions météo

Ces interventions se feront à l'occasion de journées susceptibles de générer une situation d'Ilot de Chaleur Urbaine ICU, soit chaudes, estivales, ensoleillées, sans vent. D'expérience la meilleure période commence au mois de juin et dure jusqu'à fin août.

L'effet d'une TV étant impacté par l'état hydrique du substrat il convient de prévoir des mesures

(i) dans une situation de stress hydrique (suite à une période de 10-15 jours sans pluie),

(ii) dans une situation d'abondance hydrique (suite à une averse / orage).

Horaire

Afin d'obtenir une dynamique journalière, le(s) parcour(s) se fera(ont) à différentes heures de la journée :

6h : juste avant ou au lever du soleil

11h : en fin de matinée

16h : en milieu d'après-midi, au moment le plus chaud

22h : 2-3h après le coucher du soleil

Cet horaire est à adapter à la durée des jours (juin <-> août)

Hepia recommande de réaliser au minimum 2 répétitions pour chaque toiture et chacun des états hydriques.

Déroulement

Les mesures sont instantanées, il suffit de suivre 2 à 3 fois par horaire, avec le mat portatif, le cheminement défini selon le plan ou le marquage au sol (selon les modalités définies avec les propriétaires et les opérateurs). Il faudra noter les conditions particulières de mesures (exemple barbecue en cours, cela va en effet impacter la mesure de micro-particule et de pollution).

Compter 30 min environ selon le toit.

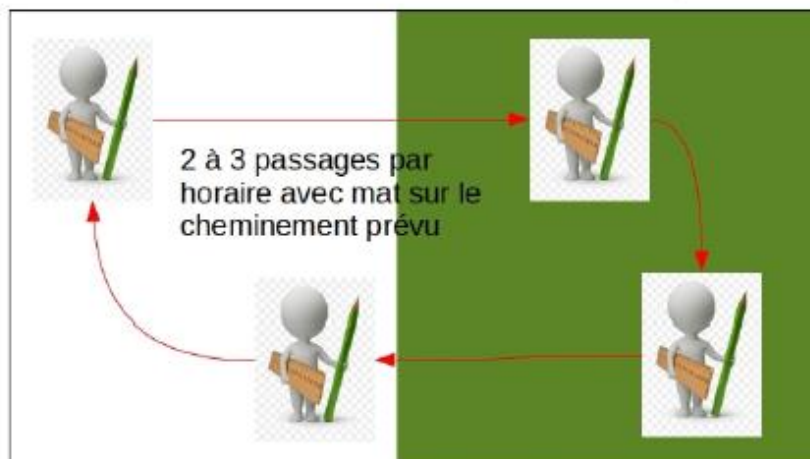
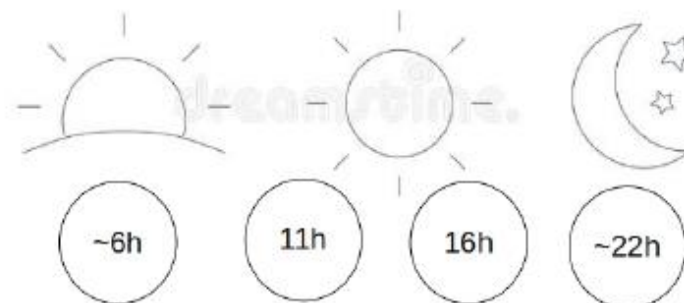
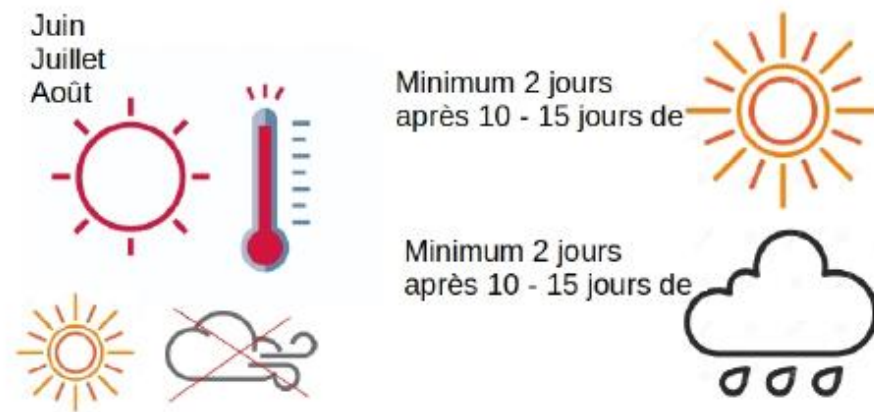
A discuter

Éventuellement, il pourrait être envisagé de compléter ces mesures par moins 2 équipements identiques fixer sur un pied de parasol, 1x sur une TV + 1x sur une TNV.

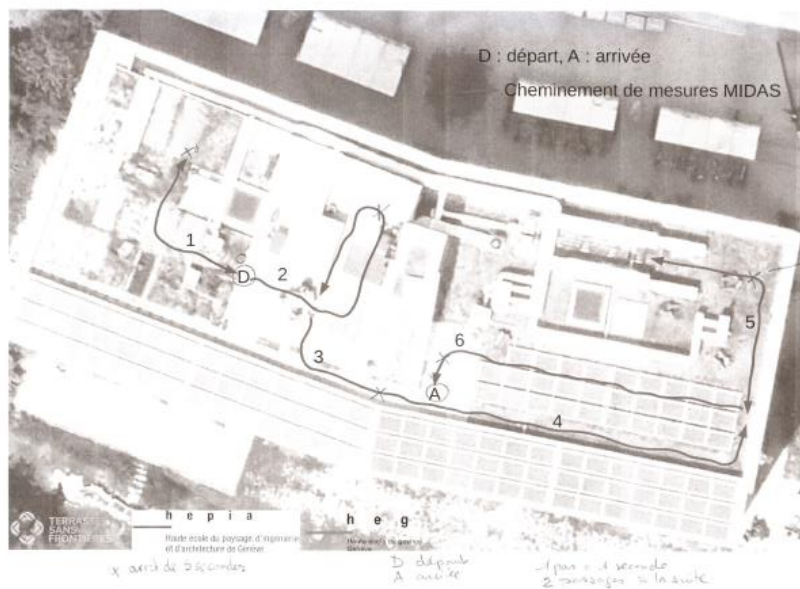
PROTOCOLE DE MESURES pour MIDAS Micro climate Data Stories

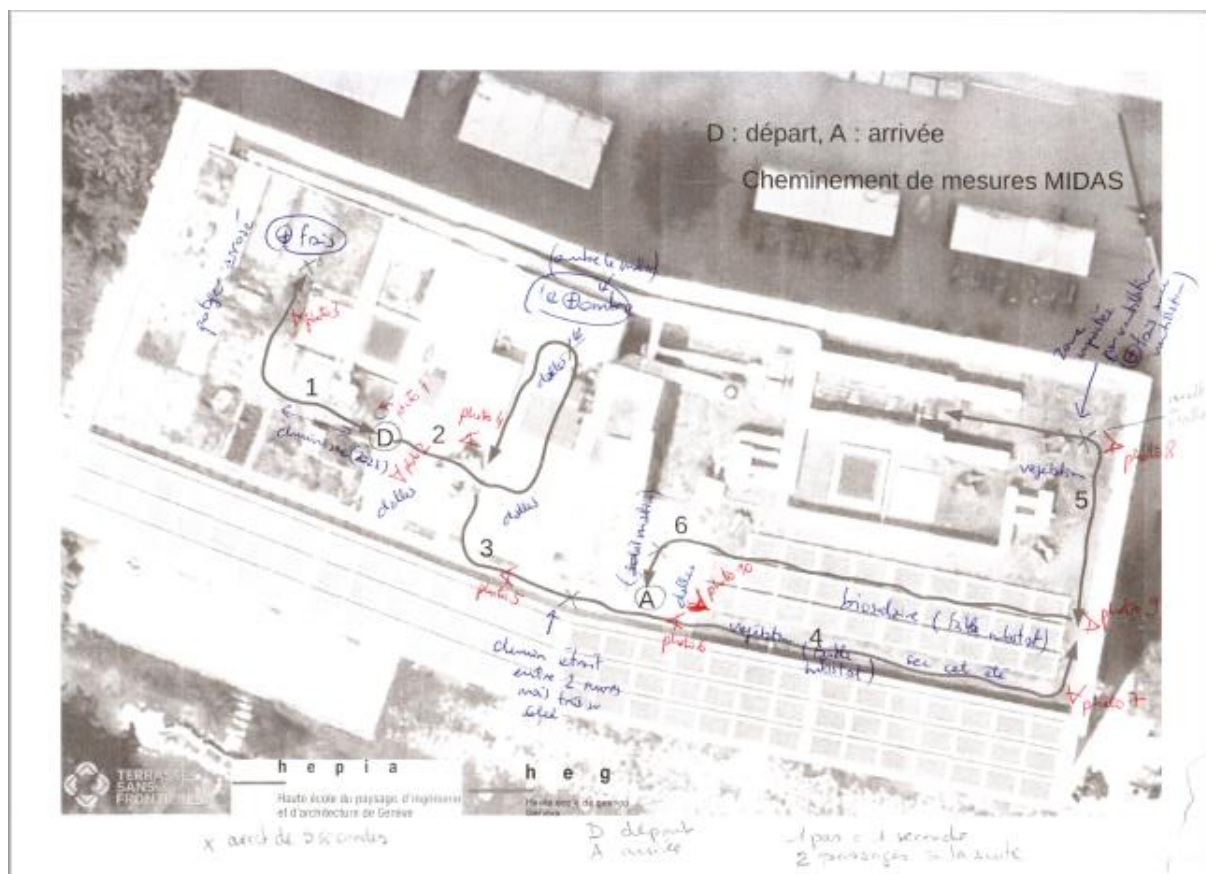
Récapitulatif

		Stress hydrique	Abondance hydrique
QUAND	Juin à fin août 2021 Condition d' Ilot de chaleur Urbaine : chaud, estivale, ensoleillé et sans vent	Condition d' Ilot de chaleur Urbaine : chaud, estivale, ensoleillé et sans vent + Après 10-15 jours sans pluie	Condition d' Ilot de chaleur Urbaine : chaud, estivale, ensoleillé et sans vent + Suite à une averse / orage
HORAIRES	6h : juste avant ou au lever du soleil 11h : en fin de matinée 16h : en milieu d'après-midi, au moment le plus chaud 22h : 2-3h après le coucher du soleil	le temps de faire 2 à 3 fois le parcours par horaire	le temps de faire 2 à 3 fois le parcours par horaire
Où	Sur le tracé prédéfini (TV et TNV)	X	X
COMBIEN	4 jours minimum	2 jours minimum 4 horaires de 6 à 22h 2 à 3 fois le parcours par horaire	2 jours minimum 4 horaires de 6 à 22h 2 à 3 fois le parcours par horaire



Traçage des mesures à Soubeyran en été 2022 par les bénévoles

[illegible]



Parcours à suivre pour les mesures

Alcide Jentzer, été 2021

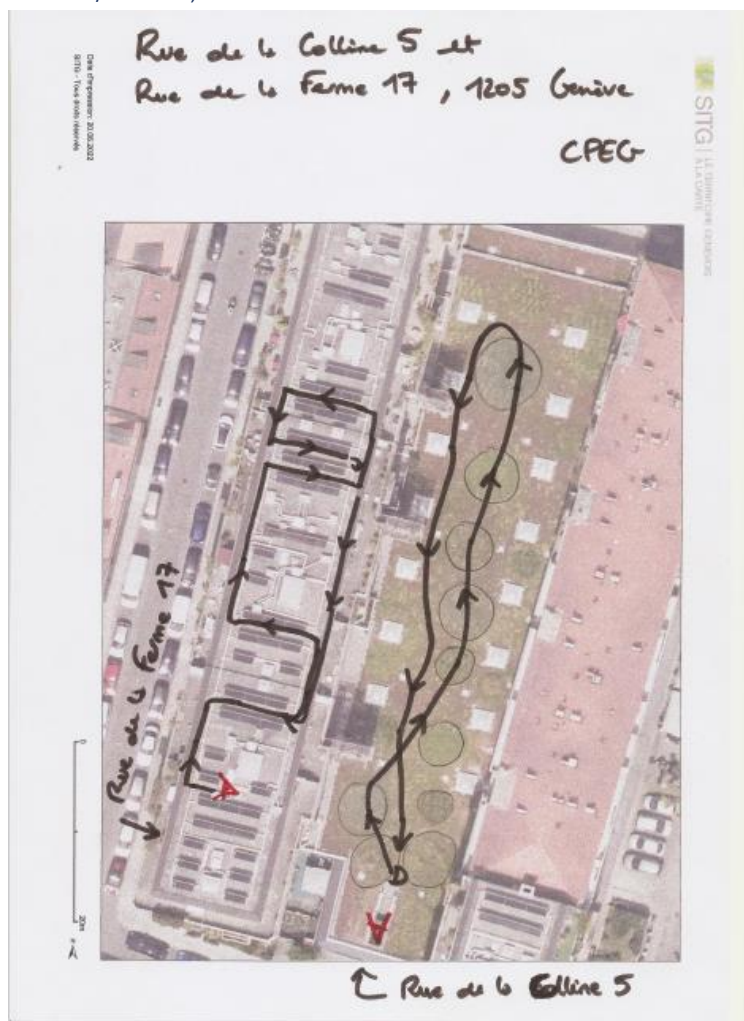
Cheminement de mesures microclimatiques



Colline/Ferme, été 2021



Colline/Ferme, été 2022



Saint-François/Jean Violette, été 2021



Saint-François/Jean Violette, été 2022



Photos de végétation

Soubeyran, été 2022



La Colline, 17/06/2022



La Colline, 31/08/2022 (légère reprise de la végétation après les pluies de fin d'été)

