



# Webinaire CafeT'Observil

## *25 novembre 2022*

Téledétection hypertemporelle de la végétation urbaine :  
apport pour une gestion durable de la strate arborée urbaine

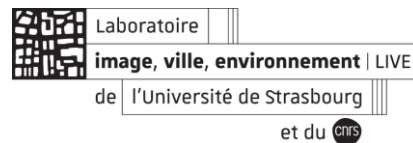
→ *protocole de terrain mis en place*

BRESSANT Clément

[clement.bressant@live-cnrs.unistra.fr](mailto:clement.bressant@live-cnrs.unistra.fr)

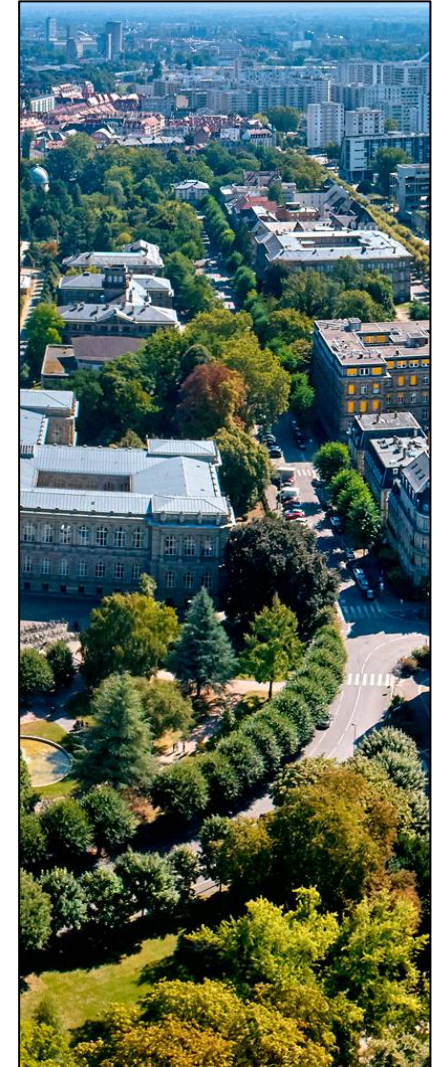
PUISSANT Anne

[anne.puissant@live-cnrs.unistra.fr](mailto:anne.puissant@live-cnrs.unistra.fr)



# Contexte et enjeux – les arbres urbains

- Une composante importante de l'écosystème urbain : dimensions sociale, politique et environnementale
- Des formes très diversifiées : espace d'agrément végétalisé, plantation d'alignement, arbre d'ornement...
- Bénéfices reconnus, particulièrement étudiés et intégrés par les décideurs publics et privés
  - ➔ Services écosystémiques :
    - régulation (qualité de l'air, climat, biodiversité)
    - culturels (esthétique, récréatif)
    - d'approvisionnement et de production (matériaux)
- De nombreux plans d'actions et politiques centrés sur le patrimoine arboré



*Rue de l'Université  
Strasbourg*

# Contexte et enjeux – les arbres urbains

→ Problématique de gestion durable de cette strate arborée urbaine

- Besoin d'un suivi de cette strate arborée urbaine pour :
  - l'adaptation des essences
  - l'implantation de nouv. arbres
  - l'entretien
  - le contrôle sanitaire
- Nécessite des données mises à jour continuellement et des méthodes innovantes (généralisables à d'autres territoires)
- Indispensable de disposer d'un référentiel/support détaillé pour les gestionnaires et les services techniques ou comme données d'entrée dans des modèles
- A travers l'exploitation de d'une source de données intéressante et encore pas assez exploitée : l'imagerie satellitaire
- De nombreux verrous scientifiques à la fois thématiques et méthodologiques

# Objectifs et méthodes

- Différents objectifs thématiques :
  - Cartographier et suivre la composition des arbres en ville, leur état et leur dynamiques intra et interannuelles (cycles phénologiques, anomalies...)
  - Caractériser la strate arborée urbaine par des attributs structurels (morphotypes, densité foliaire, hauteur de canopée...) / Analyser les agencements spatiaux et leurs dynamiques spatio-temporelles
- Et différents défis méthodologiques
  - Exploitation de l'imagerie satellitaire et de ses multiples caractéristiques :
    - exploiter les séries temporelles (tous les 3 à 5 jours) à HRS (3 à 10m)
    - évaluer l'apport d'images satellites multi-temporelles (4 à 6 par an) à THRS (30 à 50cm) et stéréoscopiques + intérêt nouvelle mission 3D (50cm)
  - Application de méthodes basées sur l'Intelligence Artificielle (IA)

# Objectifs et méthodes

- Différents objectifs thématiques :

- Cartographier et suivre la composition des arbres en ville, leur état et leur dynamiques intra et interannuelles (cycles phénologiques, anomalies...)
- Caractériser la strate arborée urbaine par des attributs structurels (morphotypes, densité foliaire, hauteur de canopée...) / Analyser les agencements spatiaux et leurs dynamiques spatio-temporelles

- Et différents défis méthodologiques

- Exploitation de l'imagerie satellitaire et de ses multiples caractéristiques :

- exploiter les séries temporelles (tous les 3 à 6 jours) à HRS (3 à 10m)
- évaluer l'apport d'images satellites multi-temporelles (4 à 6 par an) à THRS (30 à 50cm) et stéréoscopiques + intérêt nouvelle mission 3D (50cm)

- Application de méthodes basées sur l'Intelligence Artificielle (IA)

➔ **Partie « temporelle »** avec étude de la phénologie intra-annuelle

# Protocole de terrain : généralités

- Réaliser des mesures et observations in-situ pour étudier la phénologie de différents sujets arborés au sein de l'Eurométropole de Strasbourg
  - en se focalisant sur un élément de l'arbre : le houppier (dont dépendent les services rendus)
  - par l'analyse de différents paramètres biophysiques
  - pour obtenir une base de données de référence : « vérité terrain »
  - toujours en lien avec leurs caractéristiques biologiques et leur mode de gestion
  - et avec une méthode facilement répliquable, et des instruments simples à utiliser et abordables

1- Suivi du cycle phénologique (échelle BBCH)

2- Photographie hémisphérique (RVB)

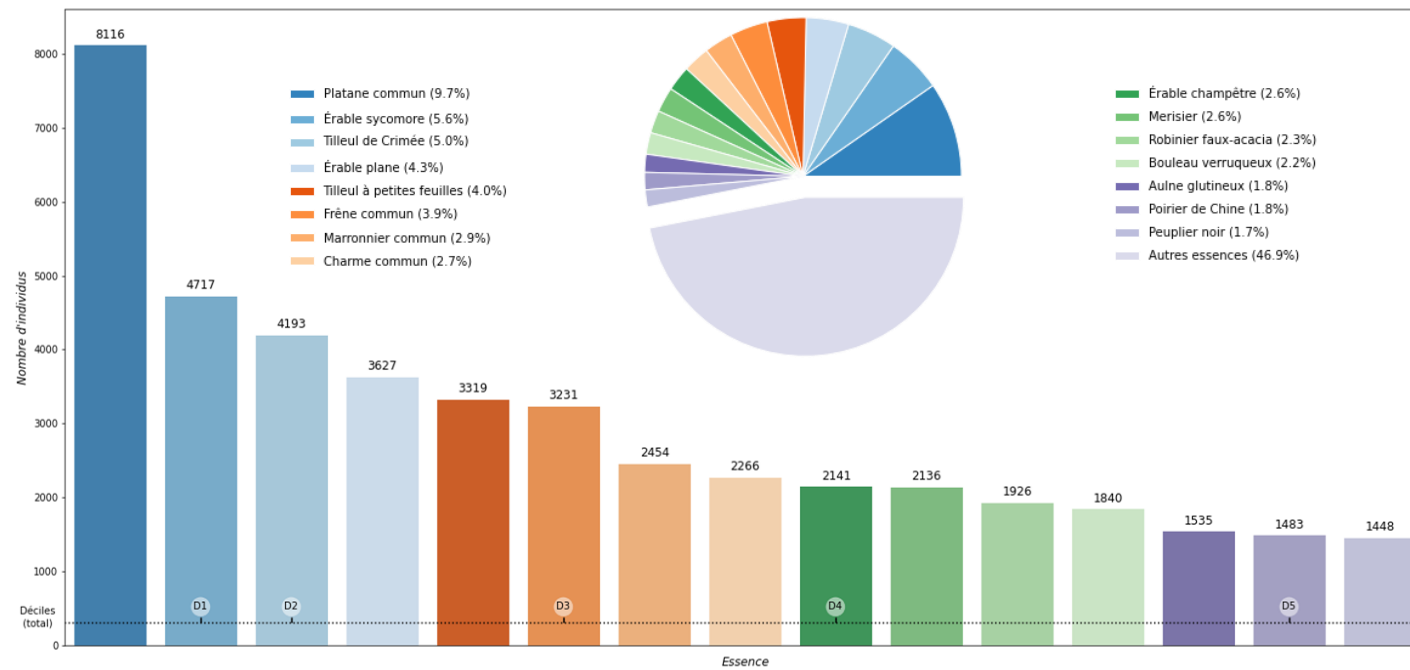
3- Photographie optique frontale (RVB)

- Durant un cycle végétal complet (mars à décembre 2022)
  - revisite toutes les 2 à 4 semaines
  - sur chaque site à des heures régulières (entre 10h et 16h GMT)

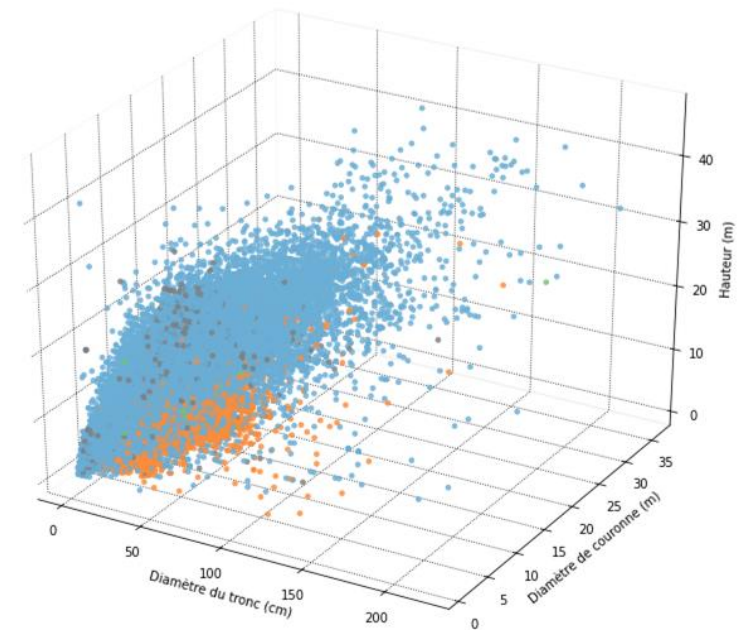
# Protocole de terrain : la sélection des sites « verts »

- A partir d'une BD « patrimoine arboré » produite par les gestionnaires de l'EMS :
  - ensemble des arbres inventoriés et suivis individuellement par les services de la collectivité (sur le domaine public)
  - avec des informations spécifiques et dendrométriques, mais aussi de gestion (limitées)

Distribution des 15 essences les plus représentées

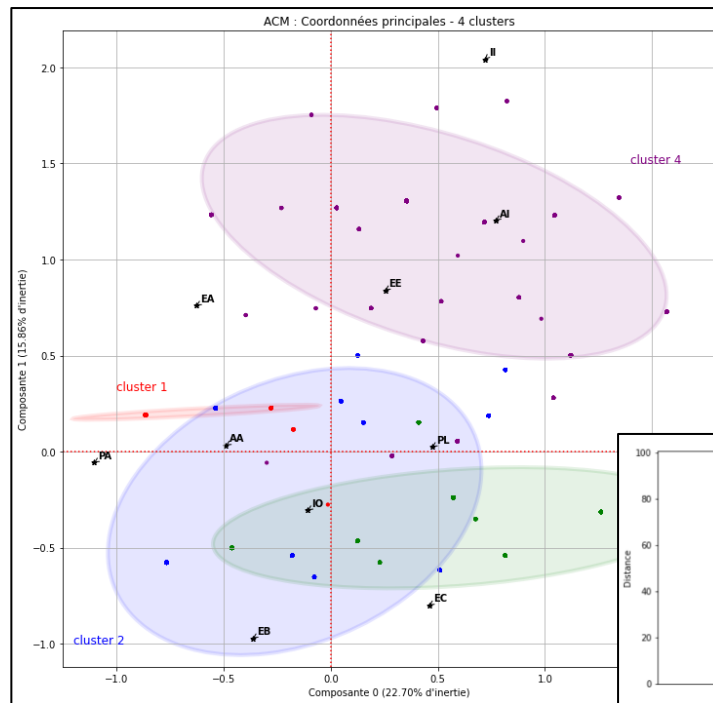


Projection 3D des arbres selon leurs attributs dendrométriques (et leur port)

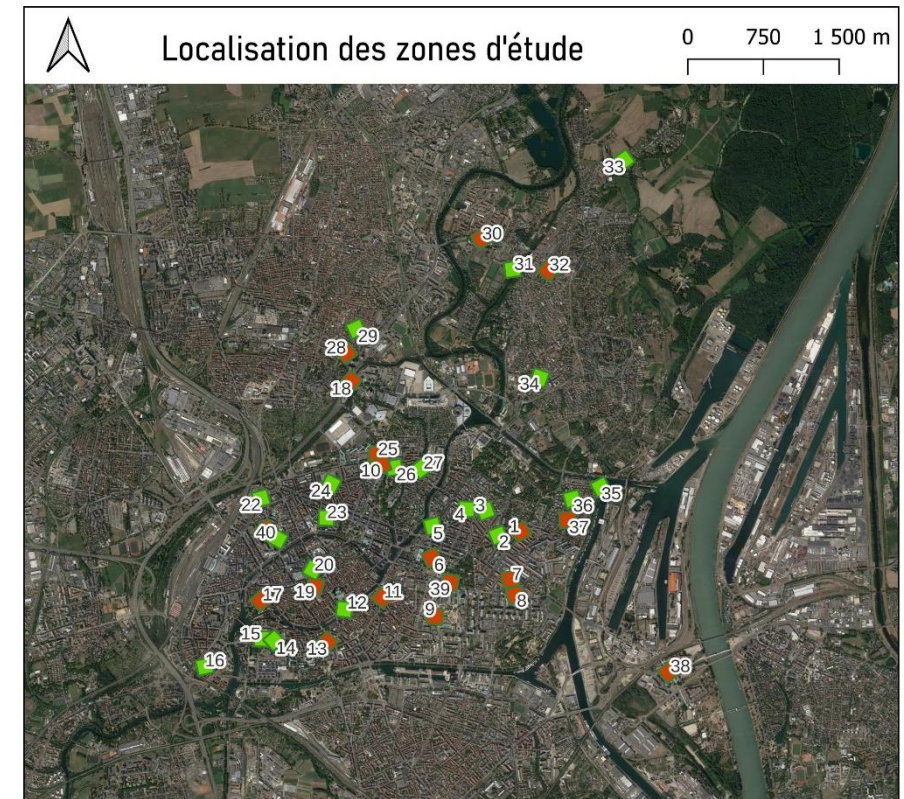
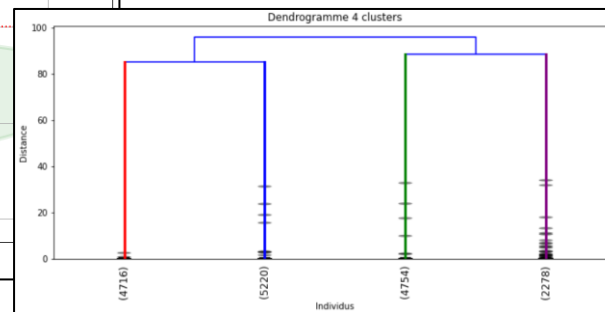


# Protocole de terrain : la sélection des sites « verts »

- Ajout d'autres critères : agencement, gradient urbain...
- Sélection statistique pour extraire des sites « verts » représentatifs de la diversité des arbres de l'EMS



Statistiques effectuées sur les individus selon les critères : ACM, regroupements hiérarchiques, combinatoires....



◆ Relevés phénologiques

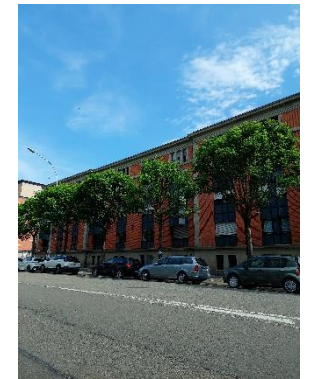
◆ Mesures totales



# Protocole de terrain : les sites « verts »

- 19 sites où est réalisée l'entièreté des mesures
  - accessibilité des zones vérifiées
  - sur deux jours maximum
- Sur certains sujets uniquement :
  - 1 ou 3 sujets (continus ou en quinconce)
  - distances semblables entre eux et aspect similaire
  - au cœur de leur formation végétale
  - pas trop proches du bâti et éloignés d'autres zones vertes
  - visibles sur un minimum de 4 pixels à 10m de résolution

7		Aesculus hippocastanum	
<i>Simple alignement bilatéral</i>	<i>Arch. micro-tête</i>	<i>Stabilisé</i>	<i>Courant</i>
0.28 – 0.33	5.82 – 6.81	9.00 – 10.00	60



13		Platanus acerifolia x	
<i>Isolé</i>	<i>Libre</i>	<i>Stabilisé</i>	<i>Courant</i>
0.41	16.66	10.00	80



# Protocole de terrain : 1- Stade phénologique

- Estimation du stade phénologique grâce à l'échelle BBCH des plantes ligneuses

<b>Stade 1</b>	<i>Débourrement</i>
<b>Stade 2</b>	<i>Début premières feuilles</i>
<b>Stade 3</b>	<i>Fin premières feuilles</i>
<b>Stade 4</b>	<i>Début élongation pousses/tiges</i>
<b>Stade 5</b>	<i>Fin élongation pousses/tiges</i>
<b>Stade 6</b>	<i>Floraison</i>
<b>Stade 7</b>	<i>Début fructification</i>
<b>Stade 8</b>	<i>Fin fructification</i>
<b>Stade 9</b>	<i>Début sénescence</i>
<b>Stade 10</b>	<i>Fin sénescence</i>

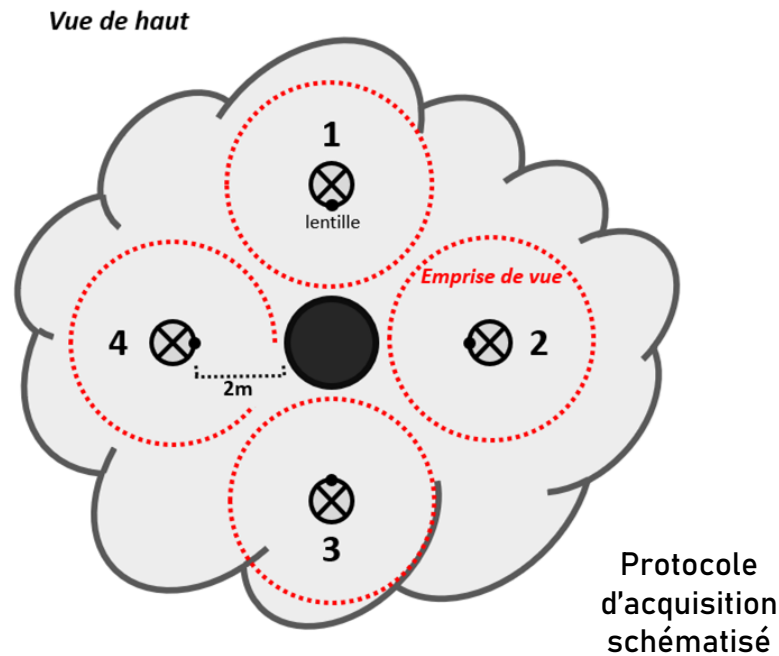
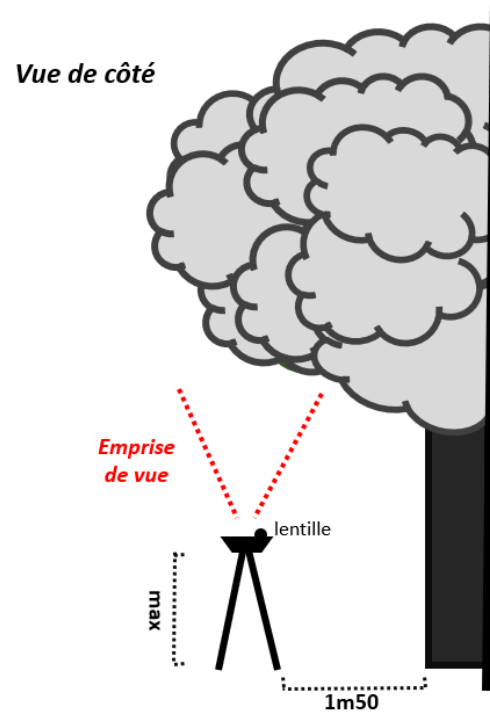
Tableau simplifié des stades BBCH



Exemple sur un marronnier commun

# Protocole de terrain : 2- Photo. hémisphérique

- Utilisation de la photographie hémisphérique pour capter la fraction d'ouverture
- Utilisation d'une lentille fish-eye 180° fixée à un smartphone (paramétrage fixe)
- Plusieurs acquisitions autour et entre les sujets



Mars

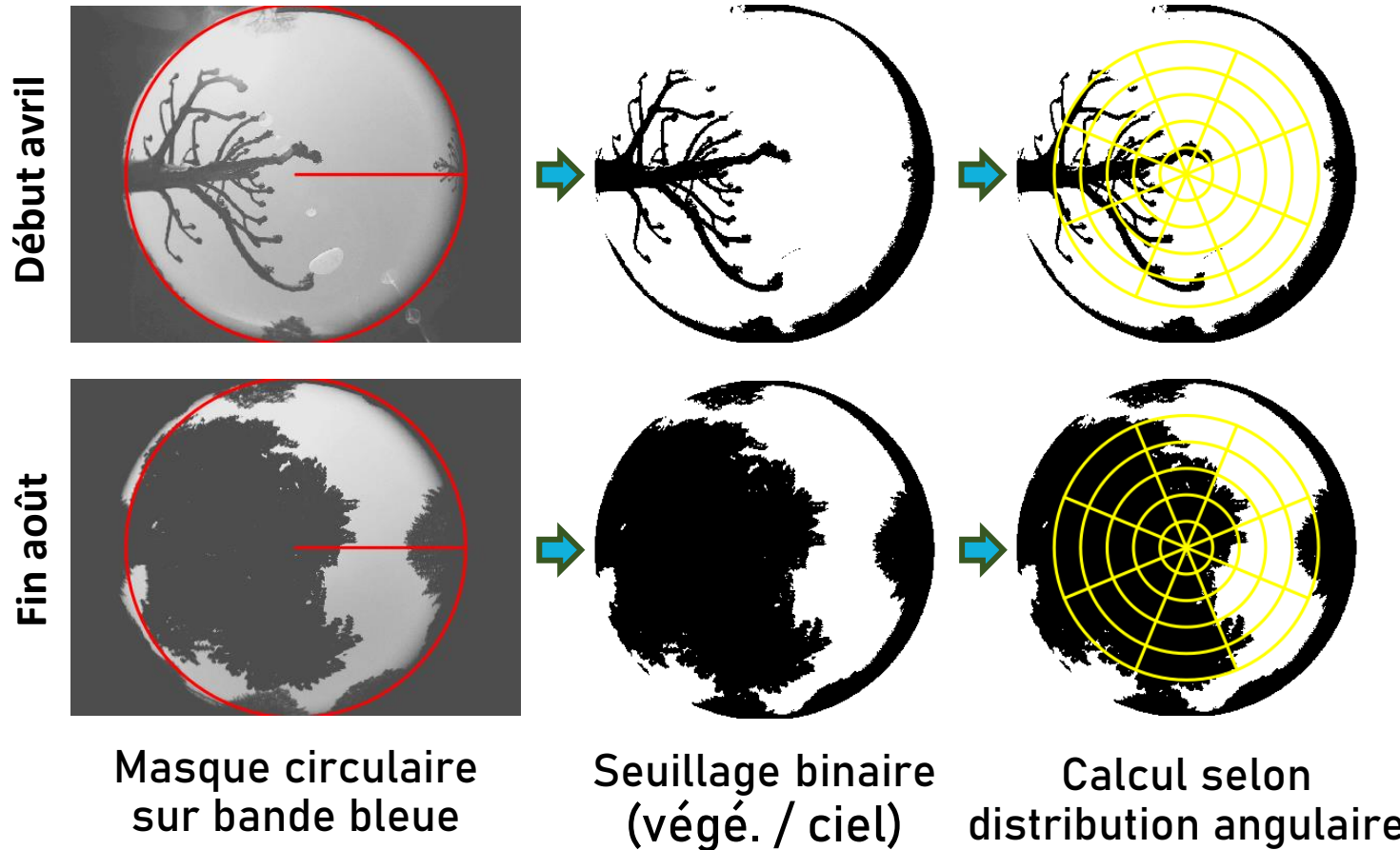


↓  
Juillet

# Protocole de terrain : 2- Photo. hémisphérique

- A partir de cette fraction d'ouverture : calcul du Leaf Area Index = (indice de surface foliaire au sol)

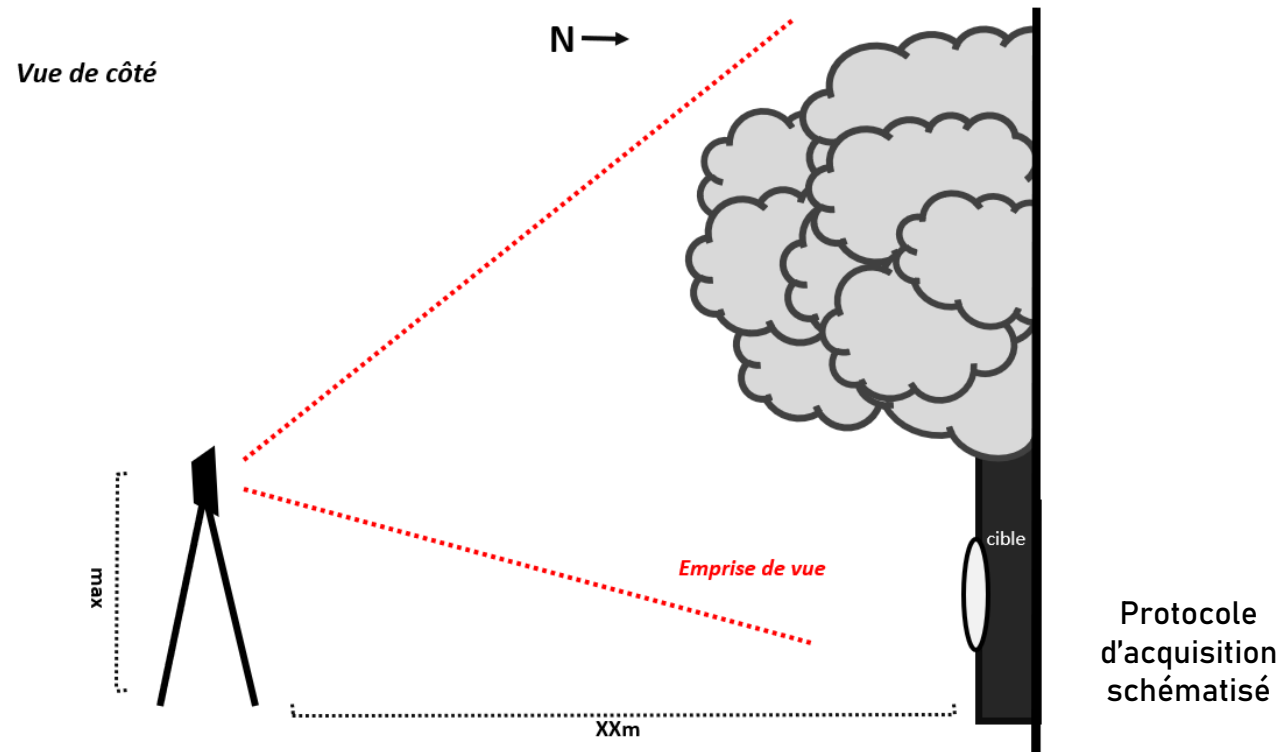
Etapas de traitement pour calculer le LAI



Moyenné par site

# Protocole de terrain : 3- Photo. frontale

- Photographie frontale RVB face au Nord (paramétrage fixe) dans les mêmes condition d'illumination
- Une acquisition par visite (des/du sujets(s) étudié(s))



Mars

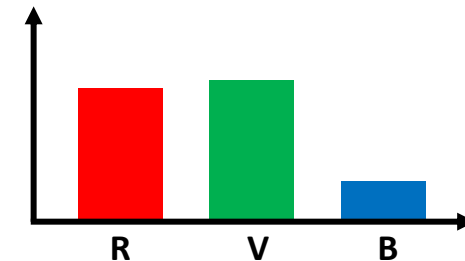
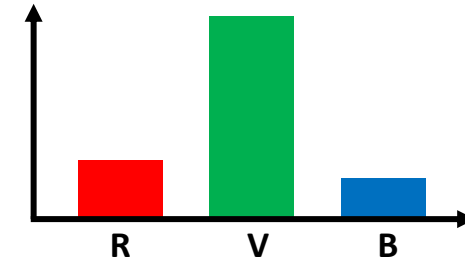


↓  
Juillet

# Protocole de terrain : 3- Photo. frontale

- Calcul du Green Chromatic Coordinates = (taux de « vert »)

Etapas de traitement pour calculer le GCC



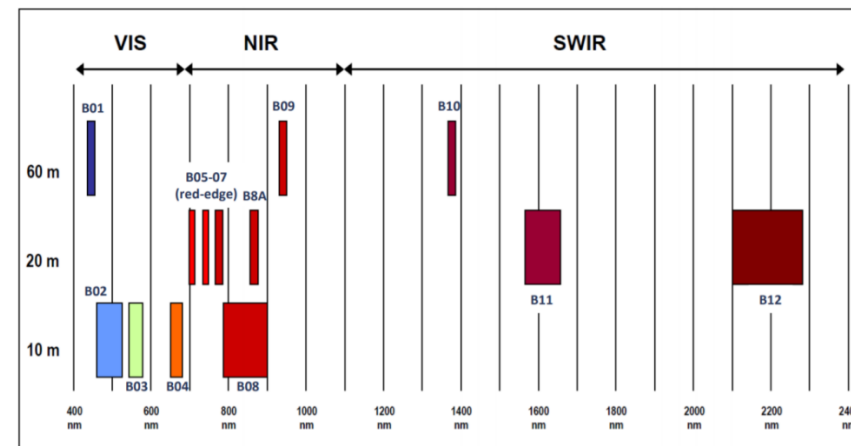
Alignement des photo. frontales

Création de ROI

Calcul du GCC (moyenne)

# Base de données Sentinel-2

- En parallèle, une BD images Sentinel-2 a été constituée
  - satellite à haute résolution spatiale (10 - 20m)
  - fréquence temporelle de 5 jours
  - large gamme spectrale (13 bandes)
  - facilement accessible
- Téléchargées sur la plateforme Théia
  - correction niveau 2A
  - masque de nuages
  - ~30 images exploitables pour 2022
- Des indices de végétation peuvent être calculés comme le NDVI (dans un premier temps)
  - extraction de valeurs de réflectance à plusieurs dates



Bandes spectrales Sentinel-2



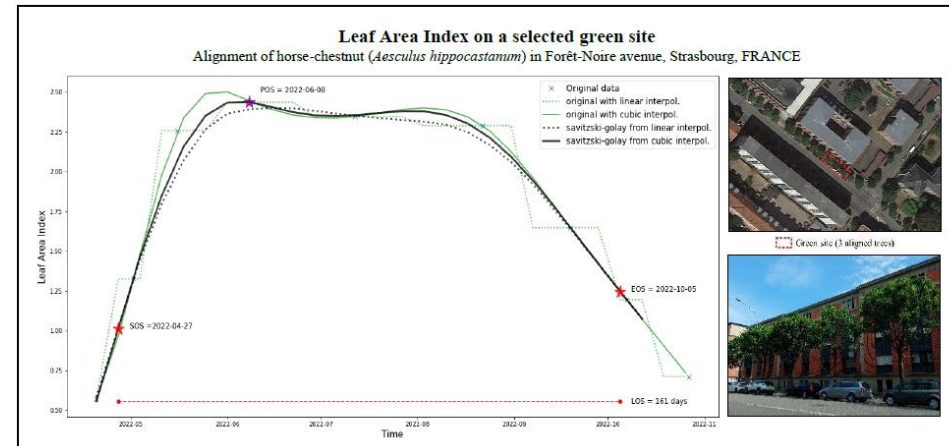
Orthophoto.

NDVI Sentinel-2



# Utilisation des jeux de données produits

- Reconstruction de courbes phénologiques pour ces indicateurs biophysiques, tout au long de l'année
- Nécessite une interpolation des valeurs et un lissage temporel (ex: Savitzky-Golay)
- Possibilité d'extraire des métriques phénologiques
  - SOS : début de saison
  - EOS : fin de saison
  - POS : pic de saison
  - LOS : longueur de saison

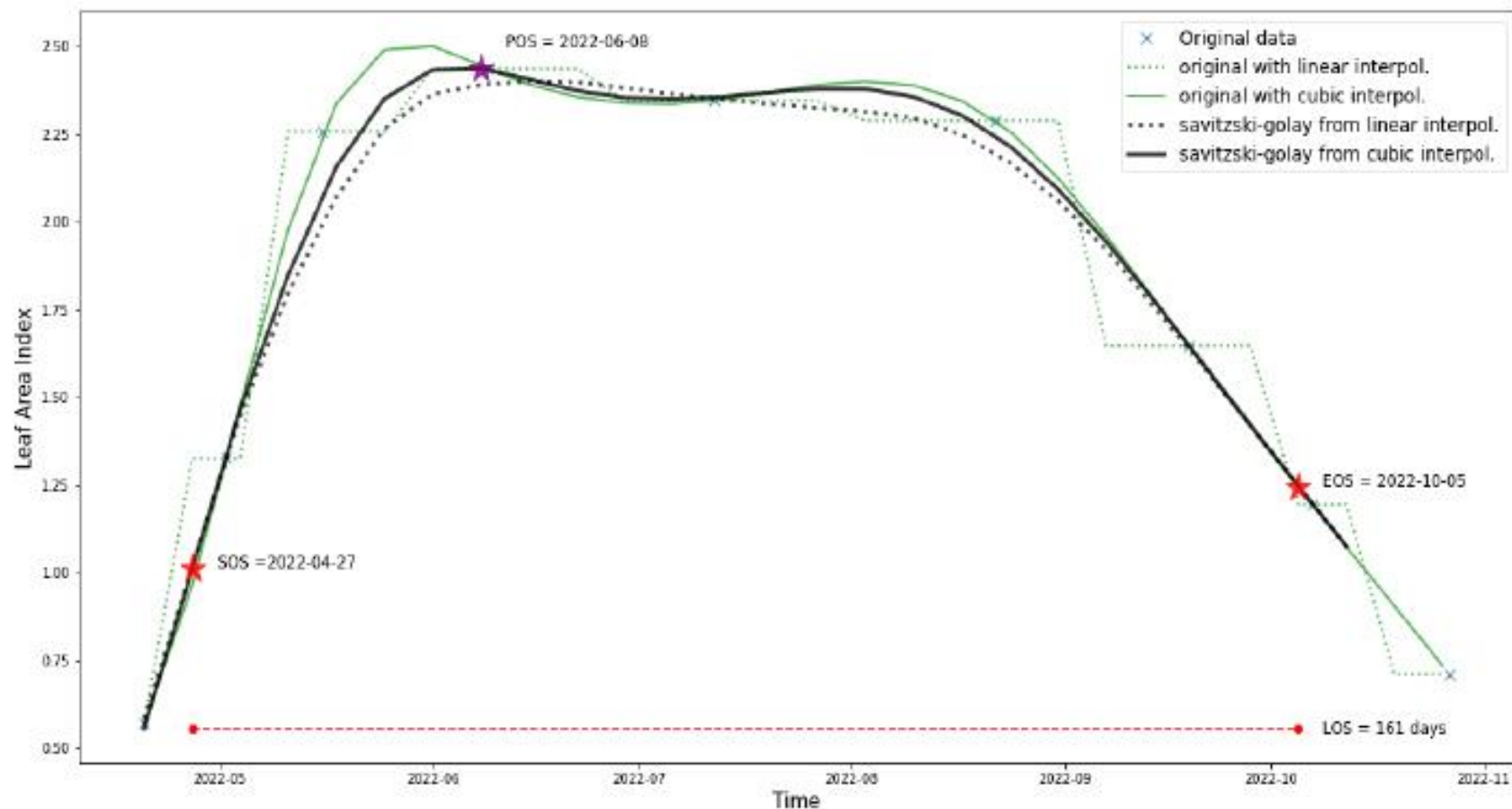






## Leaf Area Index on a selected green site

Alignment of horse-chestnut (*Aesculus hippocastanum*) in Forêt-Noire avenue, Strasbourg, FRANCE



Green site (3 aligned trees)



# Pistes de recherches

- Métriques phénologiques pour aider à la comparaison des différents jeux de données car amplitudes/valeurs différentes (moments de l'année avec les différences les plus faibles/fortes)
- Mieux comprendre l'impact des critères de sélection sur la phénologie
- Mais aussi pour analyser la complémentarité des données et mieux comprendre ce que la réflectance des images satellite signifie en terme de changement couleur/taux de feuilles
  - coefficient d'ajustement des valeurs satellite ?
  - et si pression climatique ?
- Base pour une modélisation de la phénologie des arbres en milieu urbain : zones tardives/précoces
- Des pistes d'amélioration :
  - Sur l'utilisation des photographies hémisphériques en ville (généralisation de ce type de capteur)
  - Sur la désagrégation spatiale des images satellite (« diminution » de la taille des pixels) pour obtenir des courbes plus précises : combinaison avec d'autres sources à très haute résolution spatiale...

Plein de pistes de recherche pour la suite, grâce à la collecte de ces données !