

Modèle basé-agents de la croissance de la canopée des arbres sur le Canton de Genève

Flann Chambers



© cui.unige.ch



**UNIVERSITÉ
DE GENÈVE**

CENTRE UNIVERSITAIRE
D'INFORMATIQUE

© stdl.ch



Swiss Territorial
Data Lab

© OSR, 2021

Sommaire

- ◆ Pourquoi la modélisation des arbres ?
 - ◆ Ilots de chaleur
 - ◆ Evapotranspiration et ombrage
- ◆ Modèle numérique pour la croissance des arbres
- ◆ Fonctionnement du modèle basé-agents et autres spécificités techniques
- ◆ Démonstration du modèle
- ◆ Résultats
- ◆ Conclusion et perspectives



Ilots de chaleur

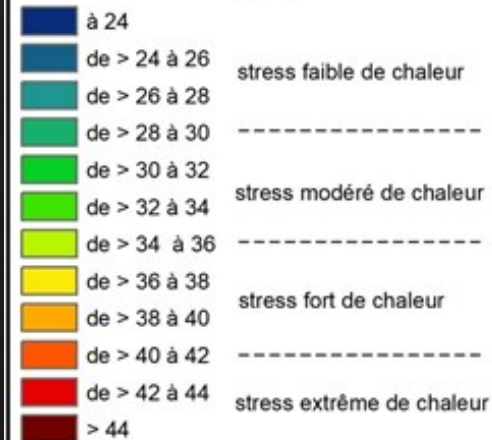


© Ennos, 2015

Température > 21 °C : nuit tropicale !



PET à 1,1 m du sol (°C)



Divers



© SITG, 2021

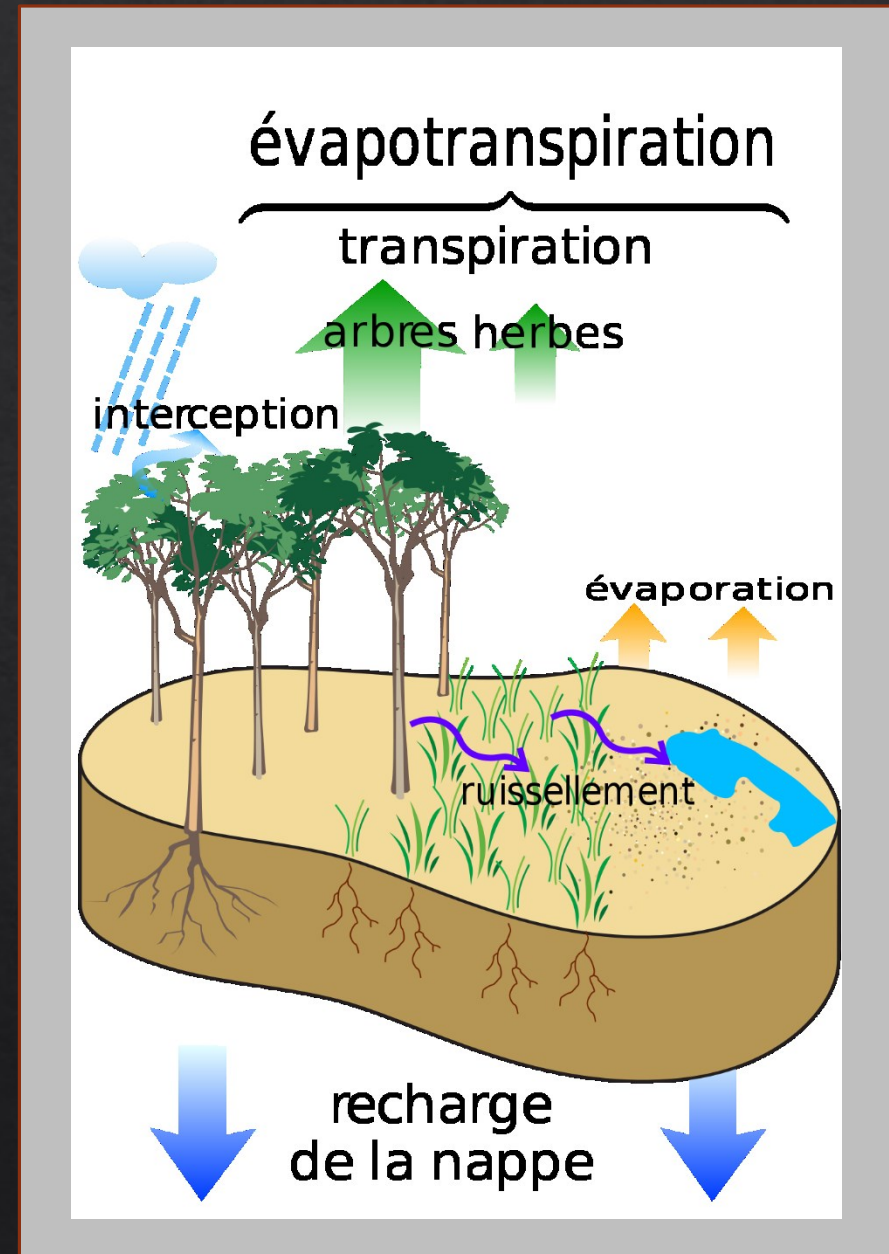
échelle: 1: 50.000



Evapotranspiration

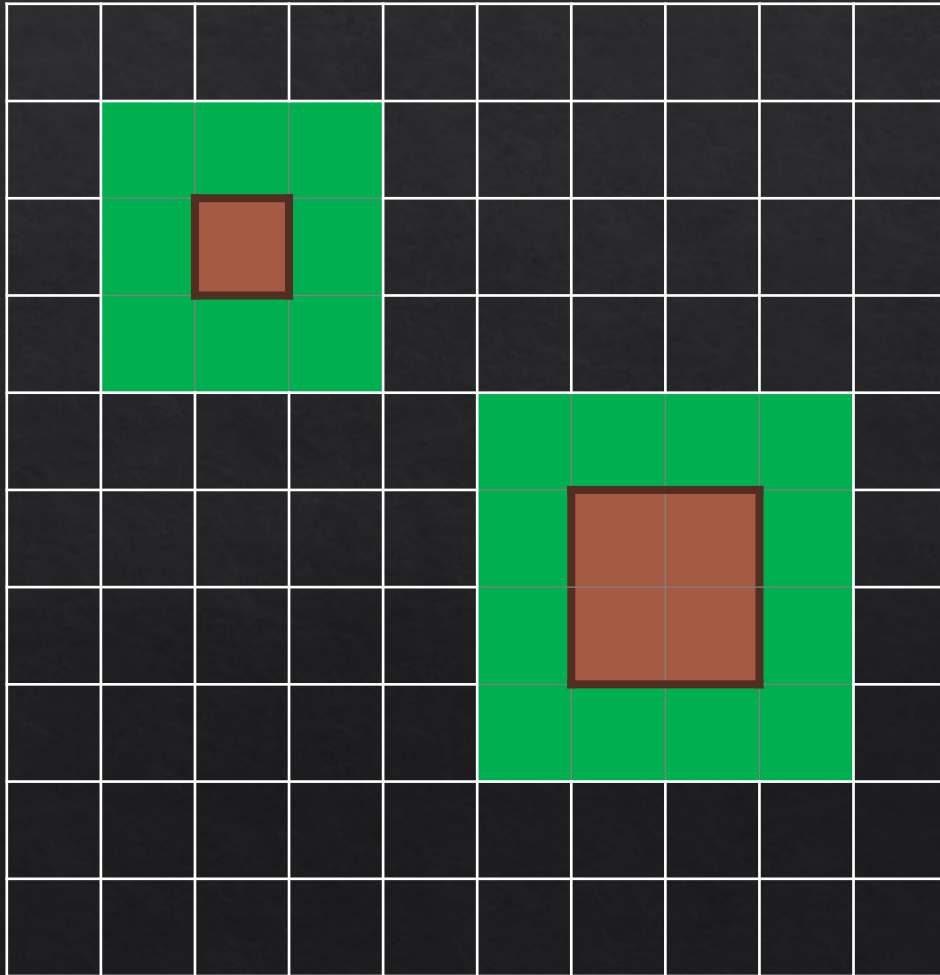


© Ennos, 2015



© Wikipedia, 2021

Taux de canopée



Taux de canopée :

$$\frac{9+16}{100} = 25\%$$

Modèle numérique de croissance

- ◇ Estimation initiale : 10 cm par an.
- ◇ Sont omis de cette estimation, l'effet de :
 - ◇ Age de l'arbre
 - ◇ Espèce
 - ◇ Conditions de plantation
 - ◇ Santé
 - ◇ Situation
 - ◇ Météo
 - ◇ ...

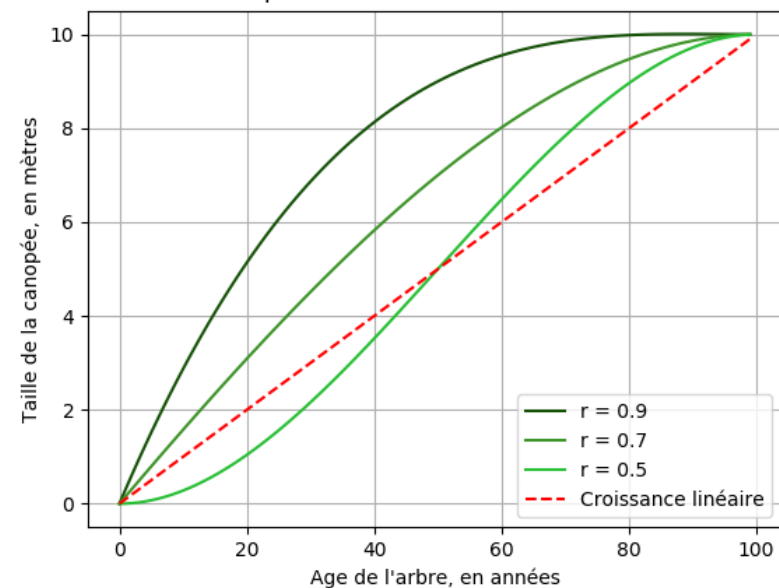
Buts de notre projet

- ◆ Prendre en compte ces paramètres pour la modélisation de la canopée.

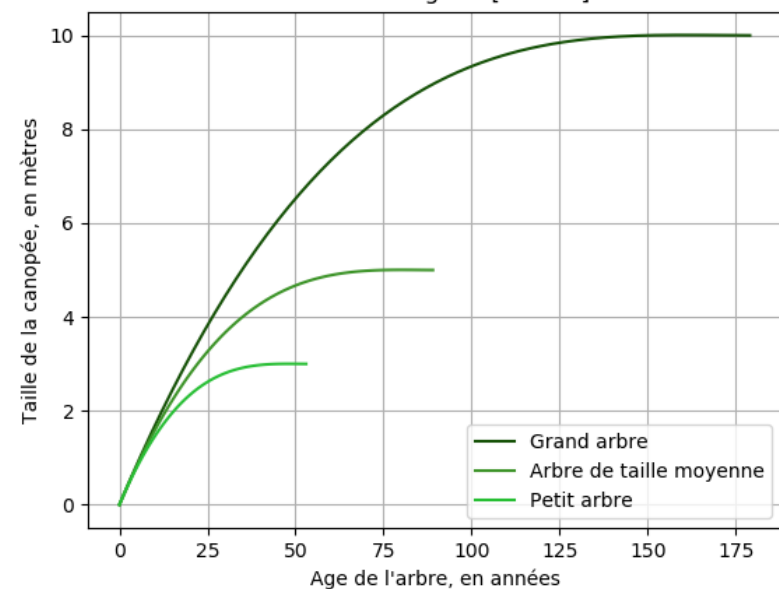
$$D(t) = A_D \cdot t^3 + B_D \cdot t^2 + C_D \cdot t$$

- ◆ (O'Brien et al., 1995)
- ◆ Catégorisation des arbres en fonction de l'espèce.
- ◆ Fournir une estimation du rafraîchissement local induit (-2.5°C par arbre, Rahman et al., 2017).
- ◆ Réaliser des prédictions pour 2050 et autres années.
- ◆ Grâce à ces prédictions, vérifier la compatibilité avec les objectifs fixés par le canton.

Evolution de la taille de la canopée en fonction de l'âge de l'arbre pour différentes valeurs de r.



Evolution de la taille de la canopée en fonction de l'âge de l'arbre et de sa catégorie [r = 0.9].



Forces et contraintes des ABM

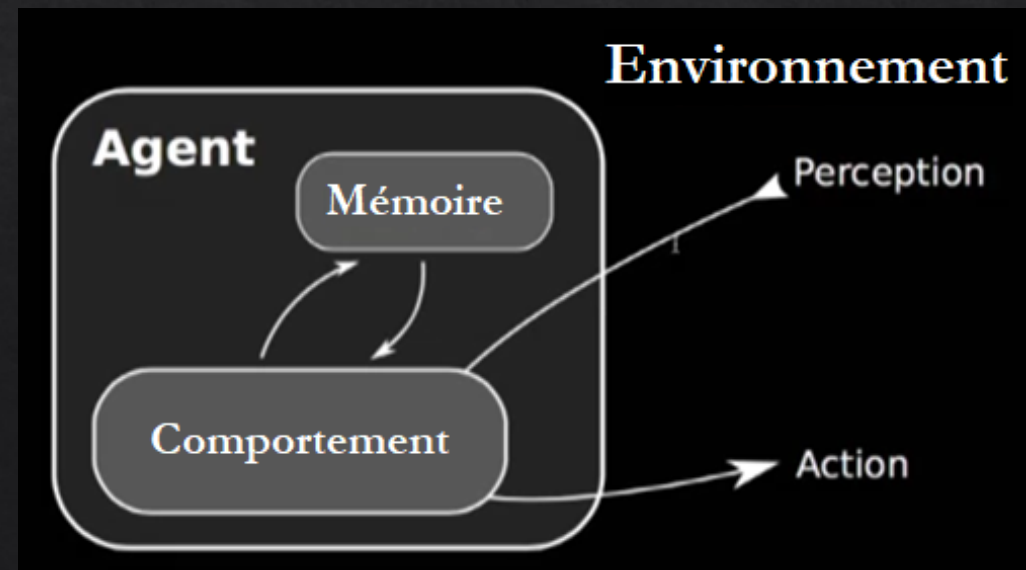
Une liste non-exhaustive

Forces

- ◇ Modélisation à l'échelle micro de chaque individu.
- ◇ Interaction avec les autres agents et leur environnement.
- ◇ Des règles d'évolution simples peuvent donner lieu à des comportements complexes à l'échelle macro.

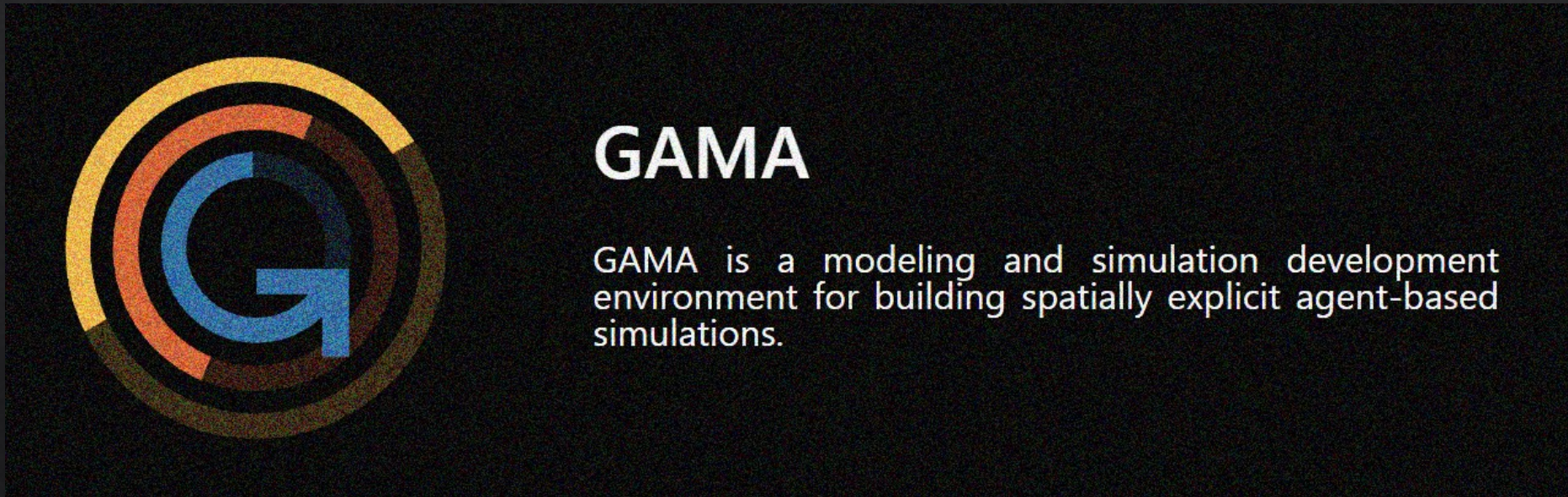
Contraintes

- ◇ Requiert des données très volumineuses, de bonne qualité.
- ◇ Requiert une bonne compréhension du système.
- ◇ Peut nécessiter une grande puissance de calcul.



Spécificités techniques : GAMA

- ◇ Création de modèles agents complexes et versatiles.
- ◇ Concepts de *species*, monde virtuel, cycles.
- ◇ Déclaration des variables et actions (réactives ou réflexes/proactives).
- ◇ Produit un historique complet des états du système et de ses composants au fil du temps.



Spécificités techniques : données

◆ Données :



ArcGIS® Pro

◆ ICA = Inventaire Cantonal des Arbres.

◆ Couches de données géomatiques : une ligne par arbre, avec de nombreux attributs.

FID	Shape	NOM_COMPLE	REMARQUABL	SITUATION	TYPE_PLANT	NOMBRE_TRO	DIAMETRE_1	CIRCONFERE	HAUTEUR_TR	HAUTEUR_TO	DIAMETRE_C	FORME	STADE_DEVE
81	Point	Celtis australis		Parc, square, espace...	Simple	1	17	52	2	9	4	Tige	Jeune
82	Point	Tilia cordata		Parc, square, espace...	Simple	1	18	55	3	8	4	Tige	Jeune
16	Point	Aesculus		Place	Mail	1	33	105	3	9	7	Tige	Adulte
17	Point	Aesculus		Place	Mail	1	33	105	4	10	6	Tige	Adulte
18	Point	Aesculus		Place	Mail	1	57	180	4	14	11	Tige	Adulte
47	Point	Aesculus		Place	Mail	1	32	100	4	10	6	Tige	Adulte
48	Point	Aesculus		Place	Mail	1	43	135	4	11	7	Tige	Adulte
61	Point	Aesculus		Place	Mail	1	33	105	4	9	7	Tige	Adulte
80	Point	Celtis australis		Parc, square, espace...	Simple	1	24	75	3	8	5	Tige	Jeune
83	Point	Ulmus minor		Parc, square, espace...	Simple	1	21	65	4	7	4	Tige	Jeune
84	Point	Quercus cerris		Parc, square, espace...	Simple	1	21	65	4	8	5	Tige	Jeune
85	Point	Tilia cordata		Parc, square, espace...	Simple	1	19	60	3	7	4	Tige	Jeune
86	Point	Celtis australis		Parc, square, espace...	Simple	1	25	80	3	8	5	Tige	Jeune
87	Point	Prunus avium 'Plena'		Parc, square, espace...	Simple	1	27	85	4	7	5	Tige	Jeune
134	Point	Quercus cerris		Place	Simple	1	20	62	4	8	4	Tige	Jeune
135	Point	Ulmus carpinifolia		Place	Simple	1	27	85	4	8	5	Tige	Jeune
136	Point	Ulmus glabra		Place	Simple	1	26	81	4	8	5	Tige	Jeune

Spécificités techniques : calibration et validation

- ◇ **Calibration** : fixer les coefficients du polynôme.

$$D(t) = A_D \cdot t^3 + B_D \cdot t^2 + C_D \cdot t$$

- ◇ Effectuée grâce aux données ICA.

- ◇ **Validation** : contextualiser les prédictions effectuées.
- ◇ LIDAR : Laser Imaging Detection and Ranging
- ◇ Utilise le même principe que les sonars ou radars.
- ◇ Difficultés rencontrées à la validation → partie Perspectives.

Démonstration !

Résultats : Simulation 1

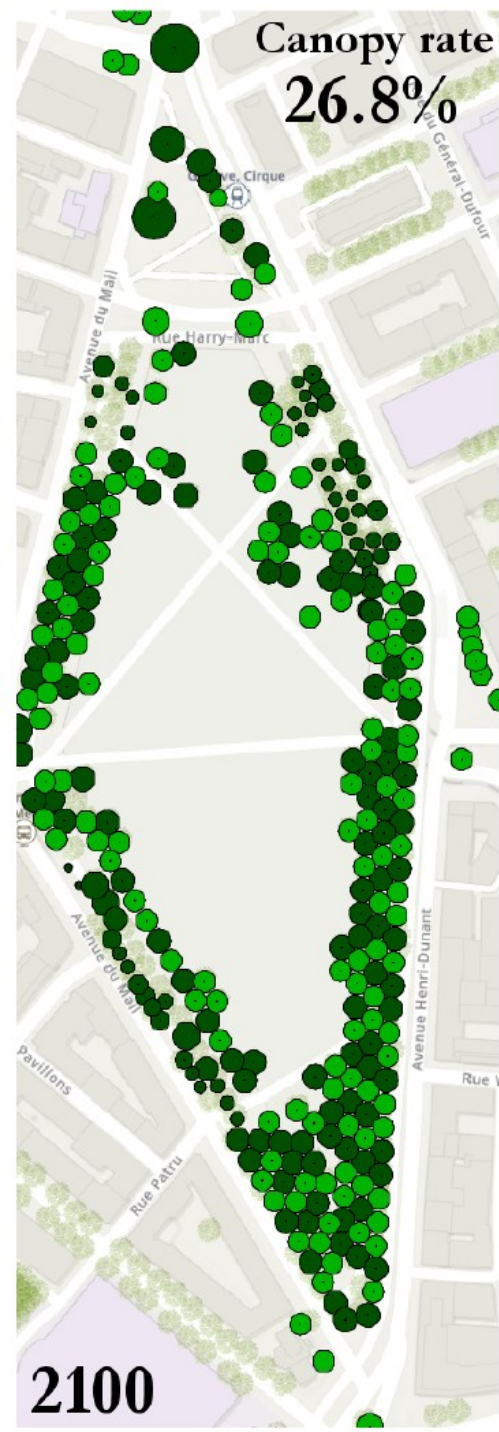
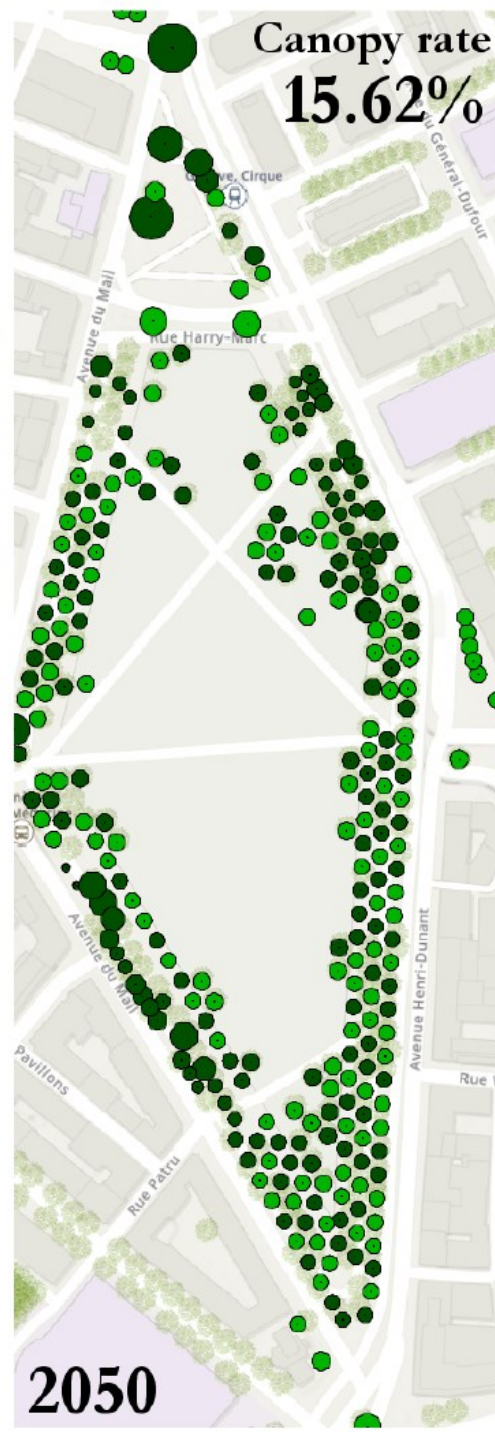
◇ Paramètres utilisés

Category	Max canopy diameter	Max canopy height	Max lifetime	r	APD	GSM
Small	5 m	5 m	50 yrs	0.8	11 yrs	0.75
Medium	15 m	10 m	120 yrs	0.84	10 yrs	0.75
Large	18 m	13 m	150 yrs	0.8	12 yrs	0.75

◇ Taux de canopée simulés :

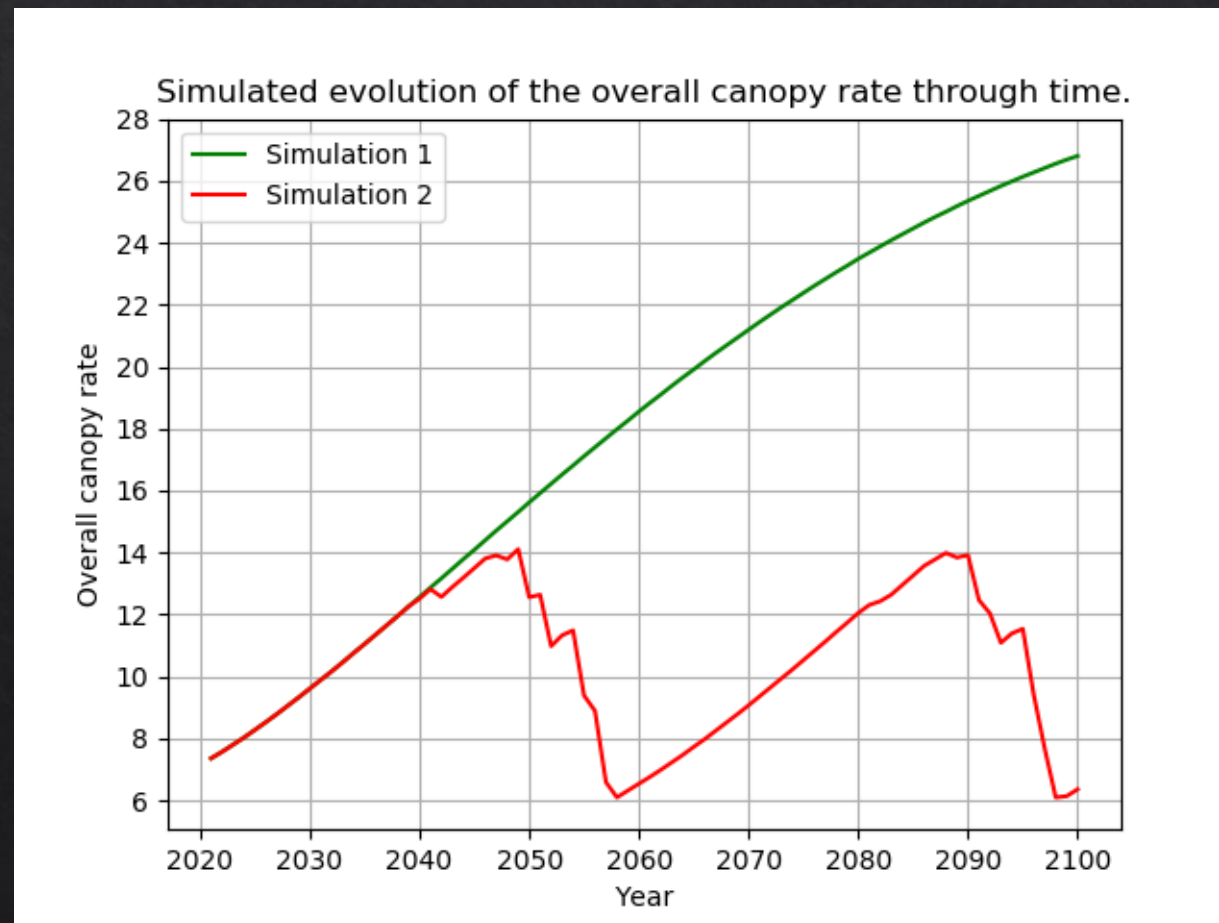
- ◇ 7.36% en 2021
- ◇ 15.62% en 2050
- ◇ 26.8% en 2100

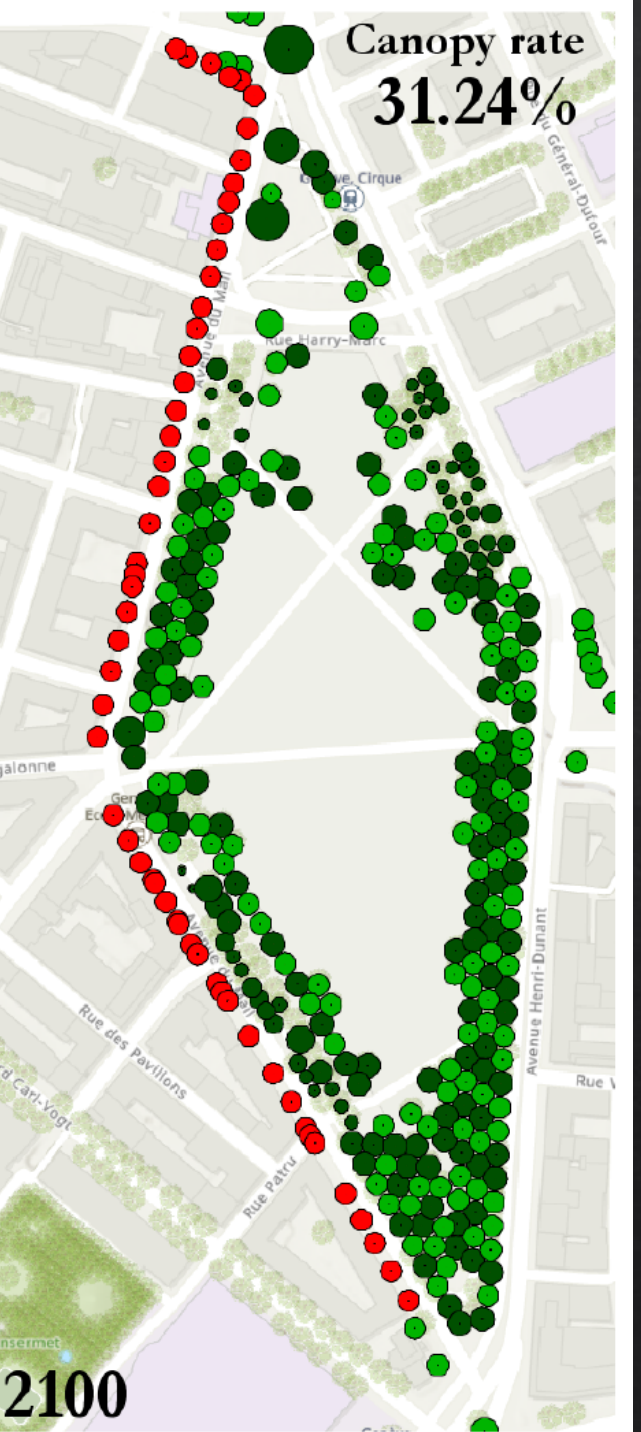
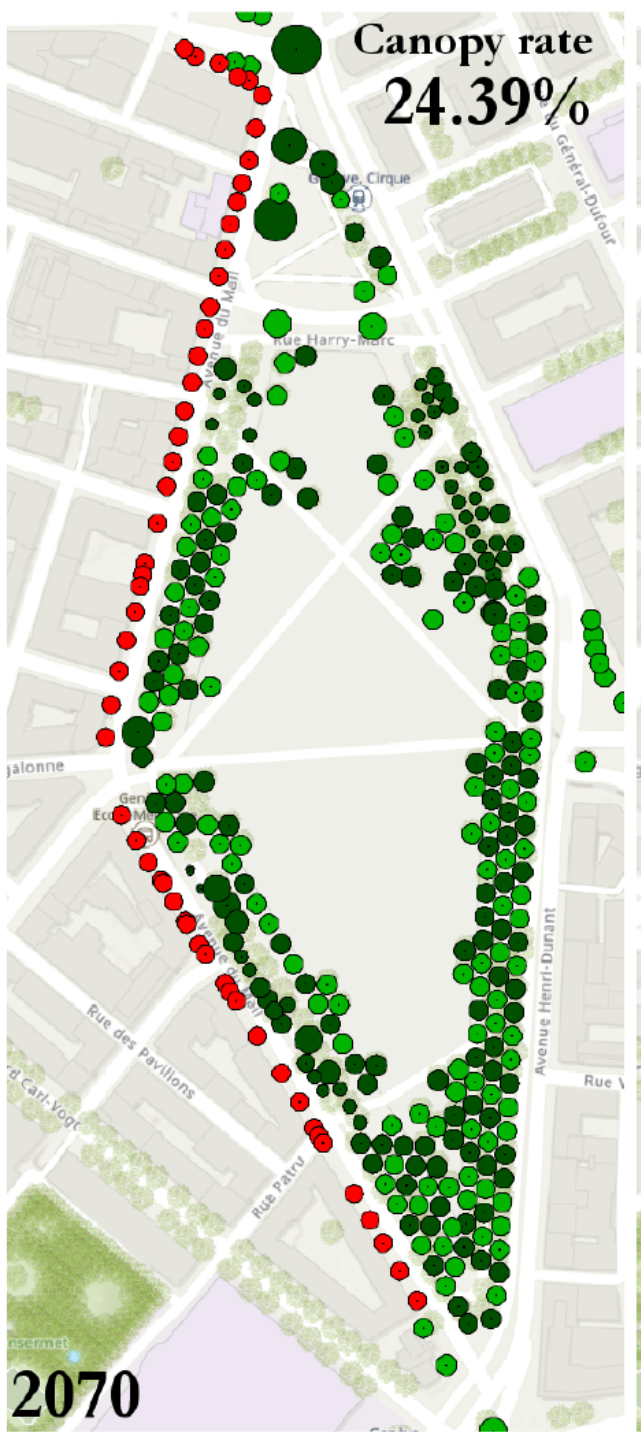
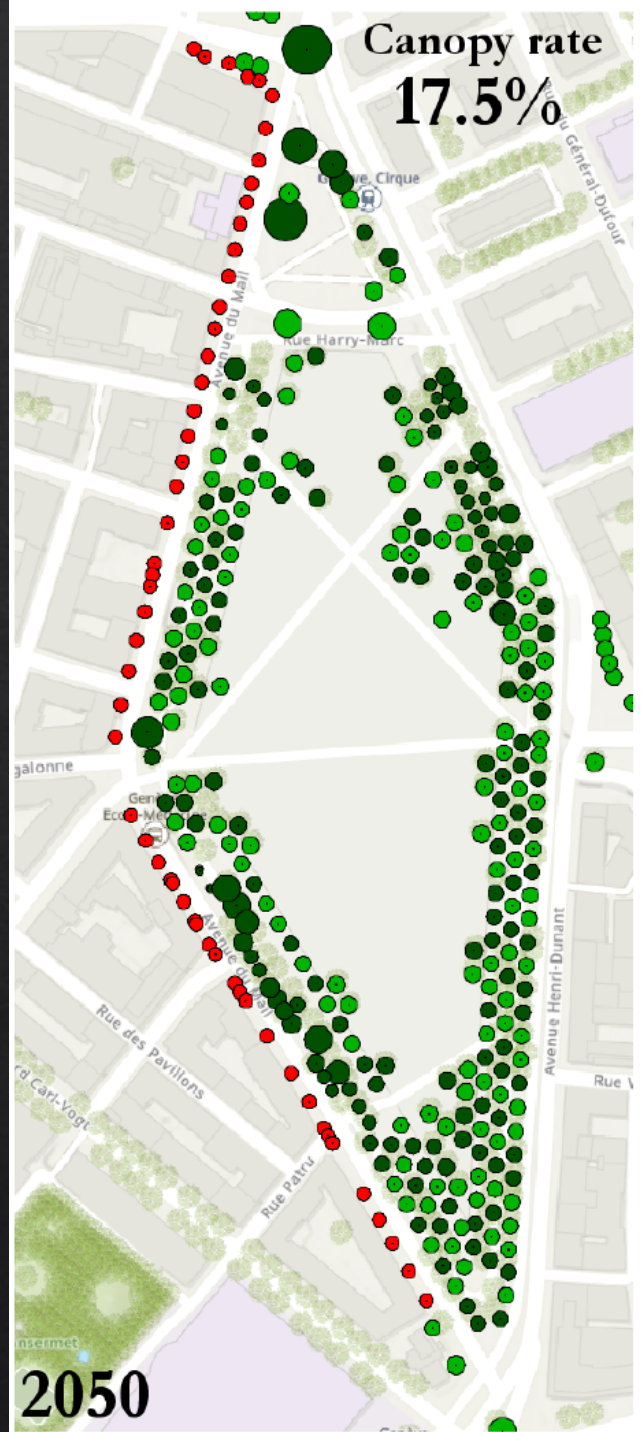
◇ Sous-estimation probable d'environ 40 à 50%



Résultats : Simulation 2

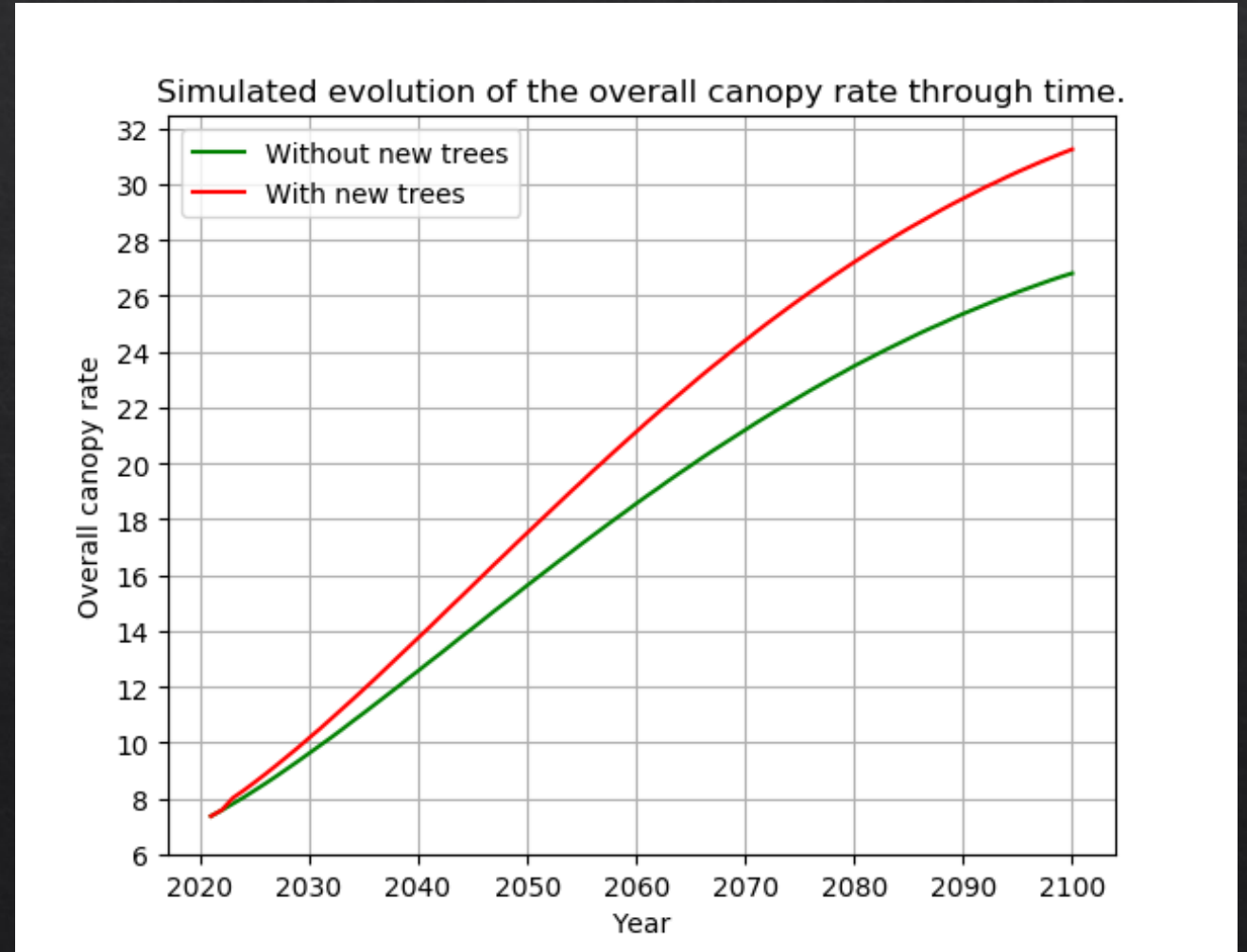
- ◆ Arbres coupés et remplacés à 50 ans d'âge.





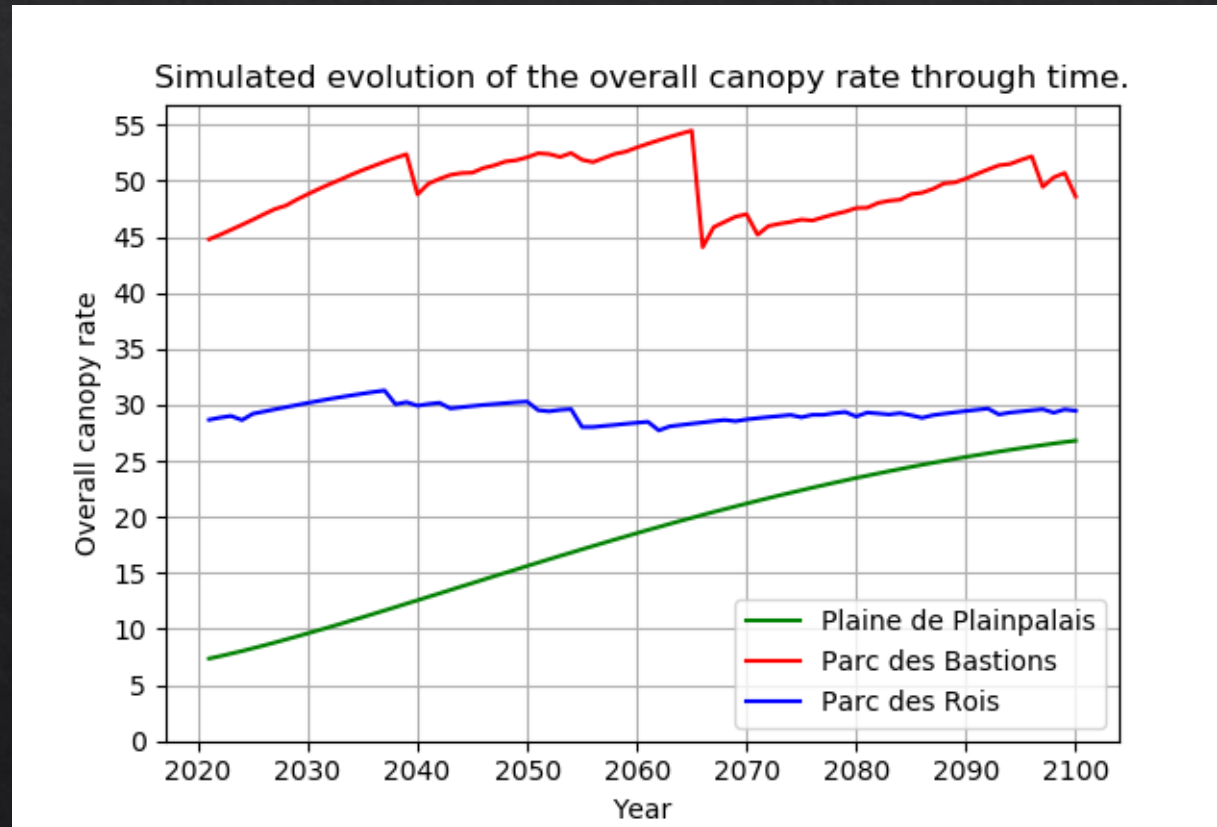
Résultats : Simulation 3

- ◇ Ajout de rangées d'arbres le long de l'avenue du Mail.
- ◇ 2050 : +12% de canopée
- ◇ 2100 : +16% de canopée



Résultats : autres régions d'intérêt

- ◆ Parc des Bastions et parc des Rois.



Discussion des résultats

- ◆ Nuances doivent être apportées aux chiffres relevés.
- ◆ Sous-estimation d'environ 40 à 50%.
- ◆ Contradiction entre les données ICA et les données LIDAR.
- ◆ Erreurs possiblement introduites lors des mises à jour de la base de données ICA.

Perspectives futures

- ◆ Coupler les données LIDAR aux données ICA pour la calibration.
- ◆ Utiliser un autre jeu de données pour la validation.
- ◆ Meilleure évaluation de l'effet rafraîchissant des arbres, + calibration et validation.
- ◆ Etendre le modèle au canton entier.
- ◆ Transformer le modèle en un exécutable indépendant.

Merci pour votre attention !

Projet initié par Prof. Giovanna Di Marzo Serugendo (CUI),
pour M. Bertrand Favre (OCAN).



Sources

- ♦ Ennos R. (2015). Can Trees really cool our cities down ? *The Conversation*
<https://theconversation.com/can-trees-really-cool-our-cities-down-44099>
 Last visited 2021.
- ♦ Falcone, J.-L., Chopard, B., Latt J., Malaspinas, O. (2020).
 MOOC : Simulation and modeling of natural processes.
<https://www.coursera.org/learn/modeling-simulation-natural-processes/>
- ♦ O'Brien, S.T., Hubbell, S.P., Spiro, P., Condit, R., Foster, R.B. (1995) : Diameter, Height, Crown and Age Relationships in eight Neotropical Tree Species. *Ecology*, 76(6), 1995, pp. 1926-1939.
- ♦ OSR. Plaine de Plainpalais.
<https://www.osr.ch/fr/concerts-billets/salles-de-concert/salle/salle/plaine-de-plainpalais>
 Last visited 2021.
- ♦ Rahman, M.A., Moser, A., Rötzer, T., Pauleit, S. (2017) : Within canopy temperature differences and cooling ability of *Tilia cordata* trees grown in urban conditions. *Building and Environment*, 114 (2017), pp. 118-128.
- ♦ Wikipedia. Evapotranspiration.
<https://en.wikipedia.org/wiki/Evapotranspiration>
 Last visited 2021.