

Dessine-moi un Arbre

De la Graine à l'Ombrage

Martin Pascal

◆ Jardin Botanique
de Genève



«Je ne fais que planter des arbres : je sais que je suis trop vieux pour jamais pouvoir profiter ni de leurs fruits ni de leur ombre, mais je ne vois pas de meilleur moyen de m'occuper de l'avenir.»

Francis Hallé



Dessine-moi un arbre

1. Présentation
2. Un peu de botanique
3. Marche à l'ombre
4. Un peu d'anatomie
5. Un peu de physiologie
6. Beaucoup de chaleur
7. Beaucoup d'interactions
8. Quelques pistes



Présentation

Jardin Botanique de Genève

- Un jardin de plantes vivantes
Env. 11'000 espèces
40 collections prioritaires
- Un Herbier
Près de 6M. d'échantillons
- Une Bibliothèque
Plus de 100'000 ouvrages
- Une Banque de graines
Plus de 800 espèces stockées
- Une Banque d'ADN et de tissus
Plus de 4000 extraits

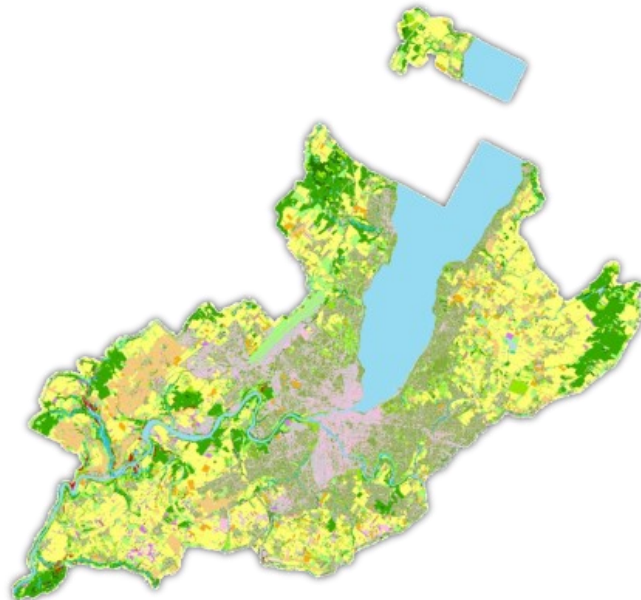
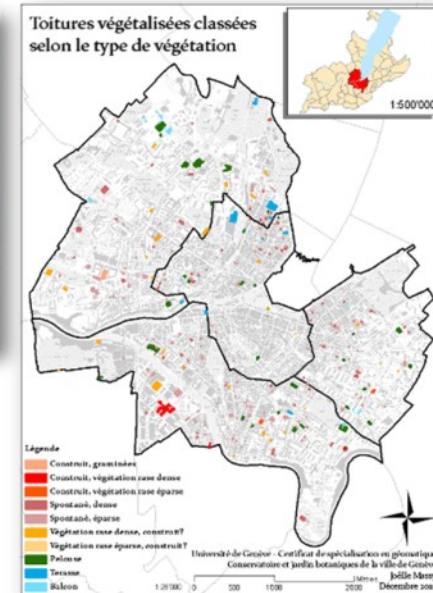
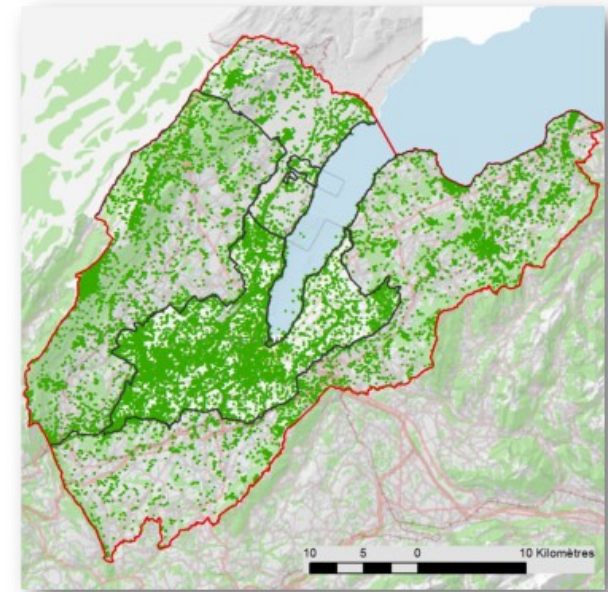


Présentation

Système d'Informations du Patrimoine Vert - SIPV

Quatre modules :

- Flore sauvage
- Milieux naturels
- Espaces verts
- Inventaire Cantonal des Arbres (ICA)



Cécité botanique

Vous voyez quoi?

Un félin

Une femme

Un serpent

Des plantes ?



Inspiré de l'œuvre «le Rêve» de Henri Rousseau - 1910



Cécité botanique

Biais cognitif et culturel

L'œil et le cerveau humain perçoivent beaucoup mieux les mouvements, les couleurs vives et les éventuels dangers.

Les plantes immobiles passent au second plan et sont généralement moins prises en compte.

Mais on peut apprendre à aimer les plantes!



Fleur ou Papillon?

Sainfoin (*Onobrychis viciifolia*) et Azuré (*Polyommatus damon*)
ou l'inverse.



Un peu de botanique

Dessine-moi un arbre

Actuellement environ 70'000 à 73'000 espèces d'arbres dans le monde.

Une étude internationale récente, dirigée par des chercheurs de l'Université de Yale (US), permet d'estimer à plus de 3 billions - 3040 milliards - le nombre d'arbres sur la Terre.

La quantité d'arbres a chuté d'environ 46% depuis les débuts de la civilisation (-12'000 ans).

=>15 milliards d'arbres sont abattus chaque année.

Ref: [Seeing the forest and the trees, all 3 trillion of them | Yale News \(2015\)](#)

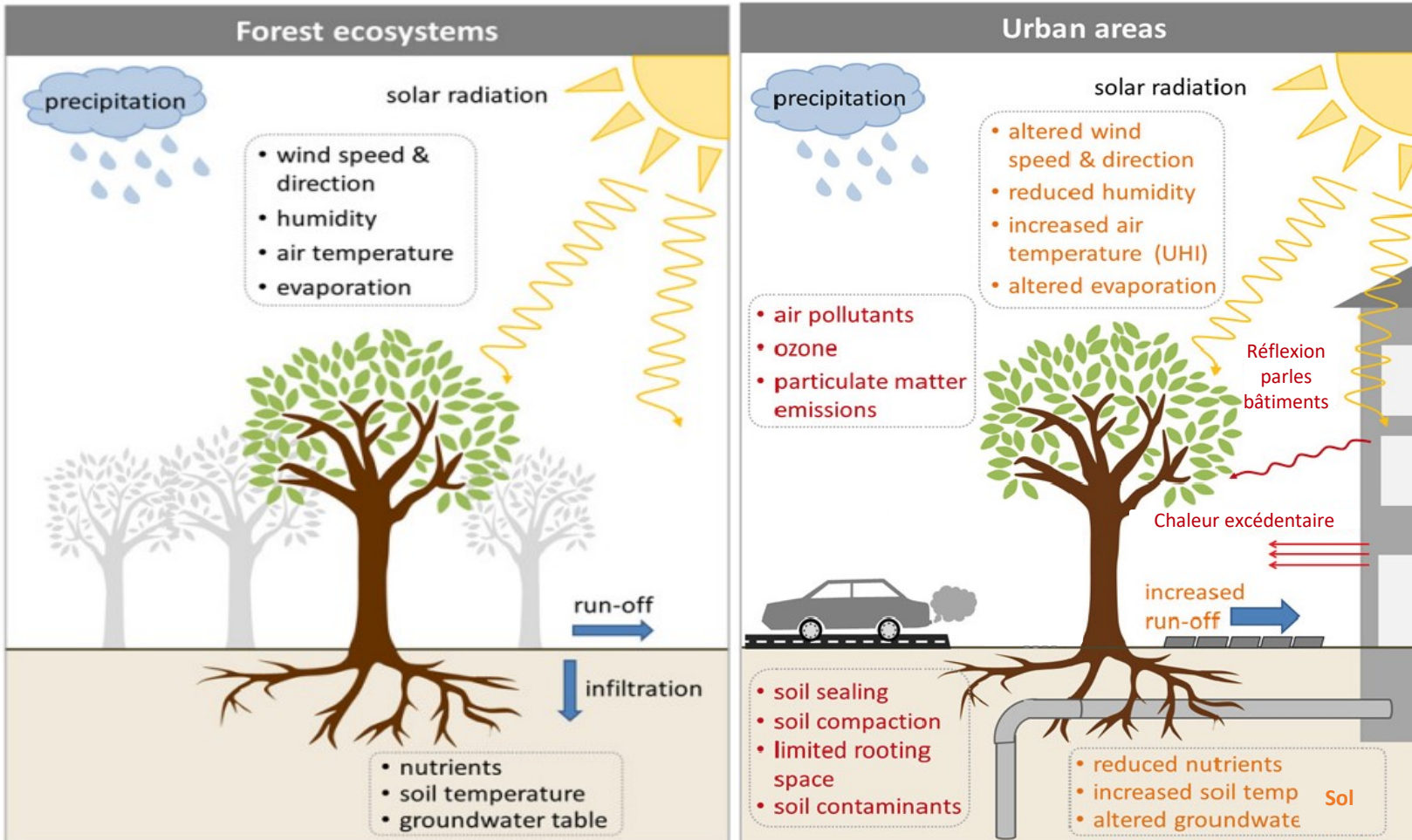


Illustrations par C.Chatelain.



Marche à l'ombre

Arbre vs ville



Air

- + chaud
- + sec
- Pollution atmosphérique

Sol

- Imperméabilisation
- Compaction
- Pollution (sel, hydrocarbures, etc.)
- Pauvre en nutriments

Eau

- Nappe phréatique altérée ou inaccessible
- Infiltration et capacité de rétention d'eau du sol réduite

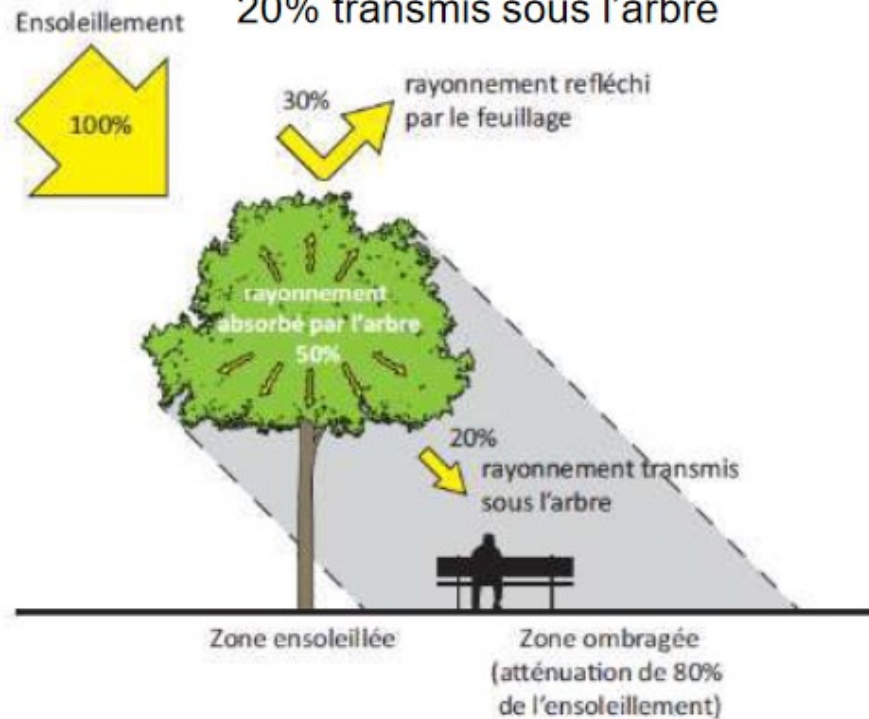


Marche à l'ombre

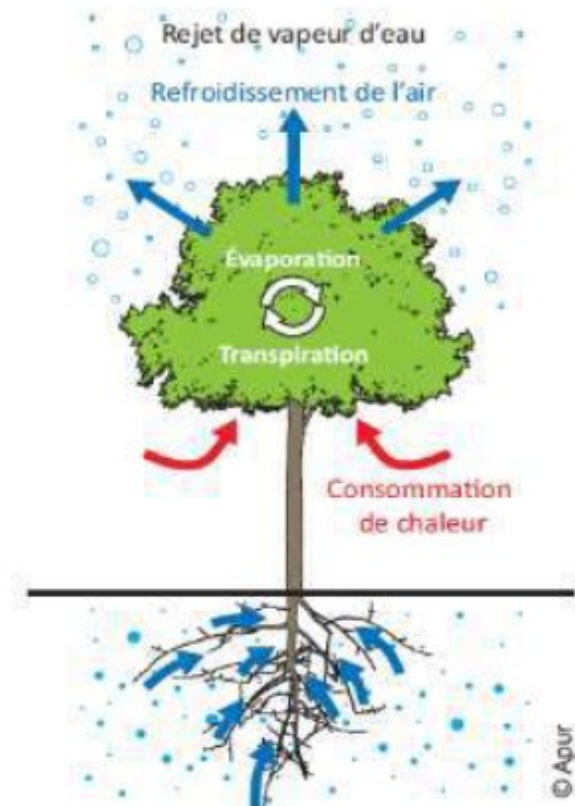
Clim verte

Ombrage permanent et rafraîchissement de l'air

Effet **permanent** durant l'été
50% du rayonnement absorbé par l'arbre
30% réfléchi par le feuillage
20% transmis sous l'arbre



Effet **dépendant des conditions** (disponibilité en eau)



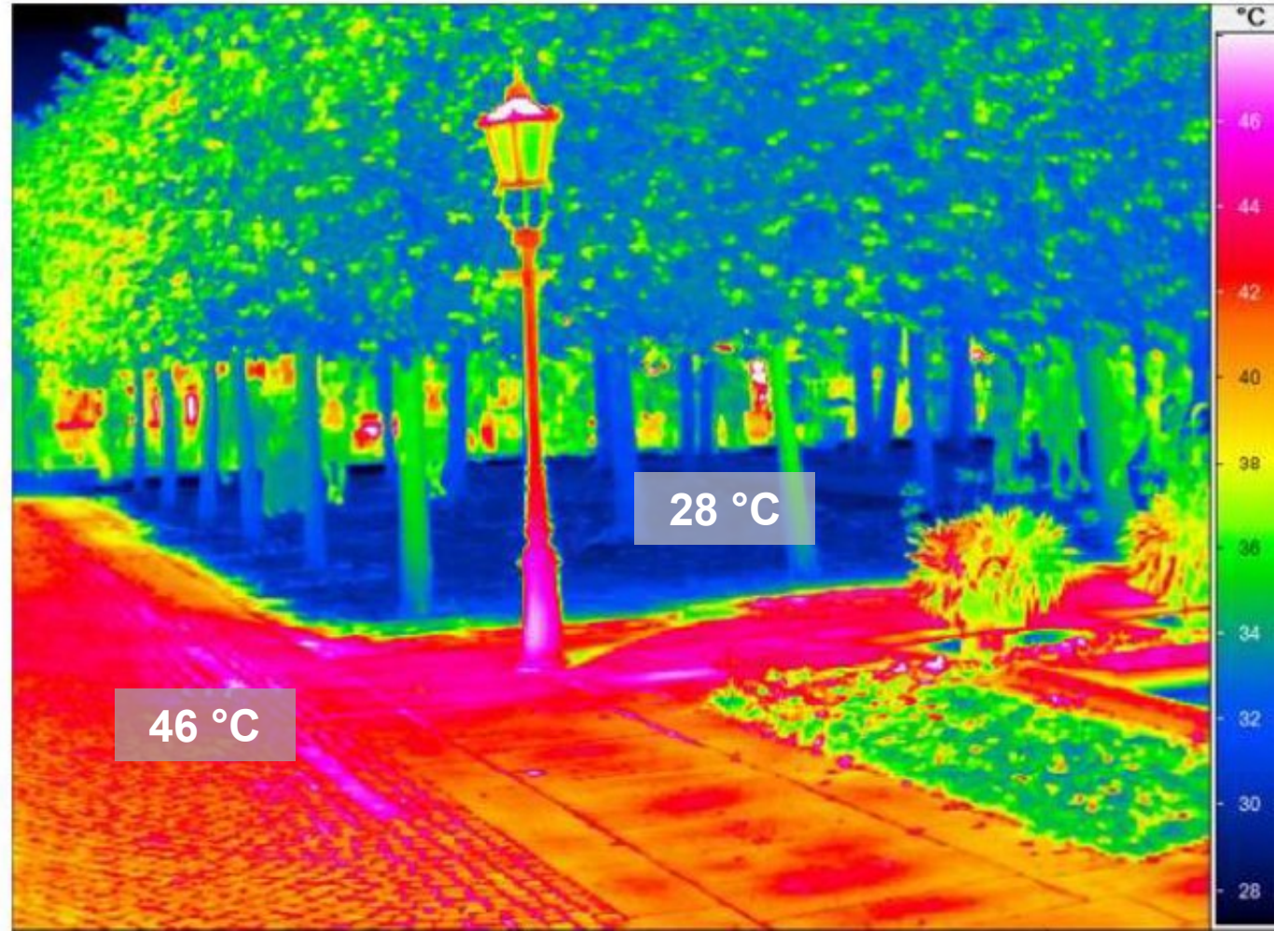
Marche à l'ombre

Îlots de chaleur

Gros impact sur la santé et la **qualité de vie des citoyens** (réduction des activités, plans canicule, nuits tropicales, coup de chaud, malaise, mortalité...).

Véritable enjeu de santé publique et d'aménagement de l'espace urbain.

Les arbres ne sont pas la solution mais ils en font partie.



Cooling effects of street trees in Dresden, Germany, Summer 2013
(T_{\min} 28° T_{\max} 46° T_A 18°) courtesy of Gillner et al. (EFUF 2014 n.p.)

<http://plante-et-cite.ch/wp-content/uploads/2019/10/YVES-KAZEMI.pdf>



Un peu d'anatomie

Tissus de croissance, les méristèmes

Bourgeons -> croissance en longueur/hauteur

Cambium et phellogène -> croissance en largeur

Tissus conducteurs, produits par le cambium

Xylème (le bois)

Phloème (le liber)

Tissus de soutien

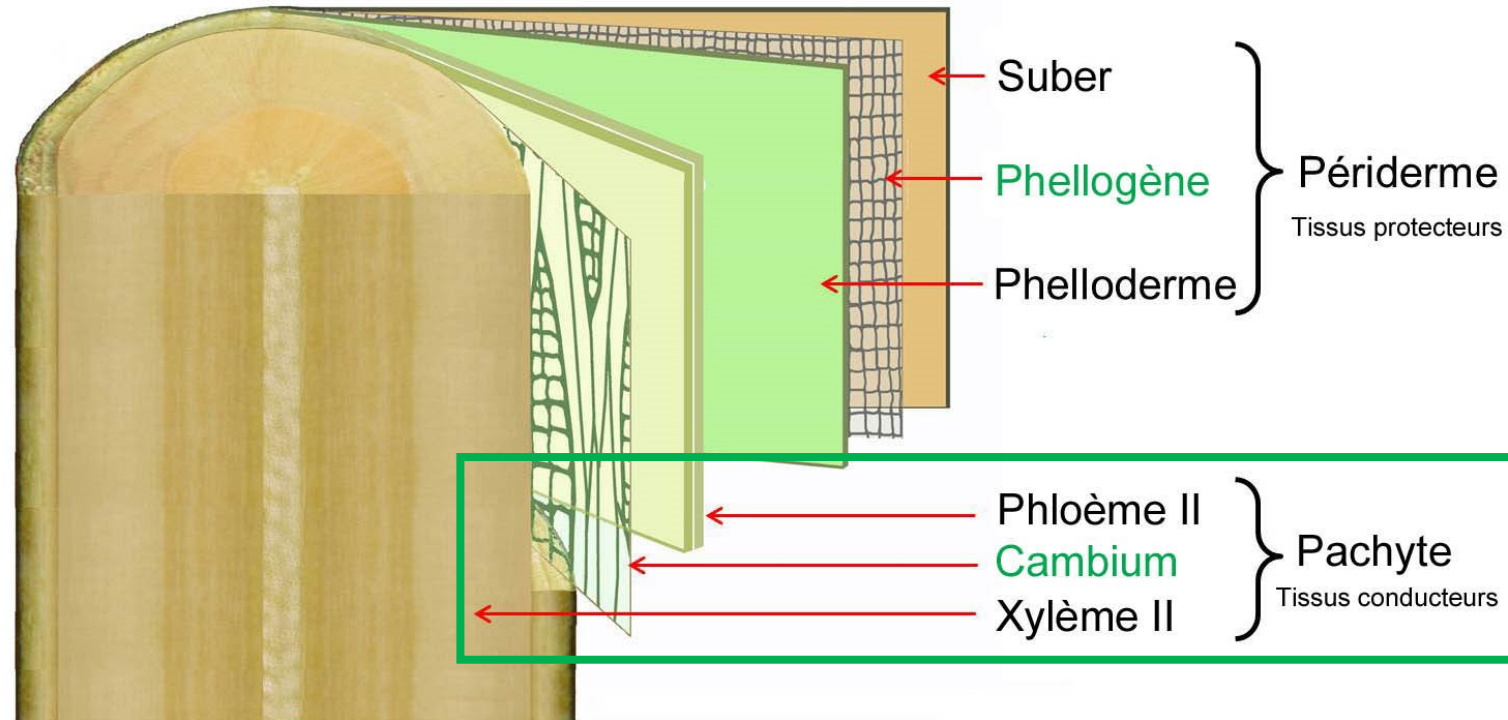
Bois de cœur

Aubier

Parenchymes (stockage amidon...)

Tissus de protection, produits par le phellogène

Ecorce/liège (protection de l'arbre)



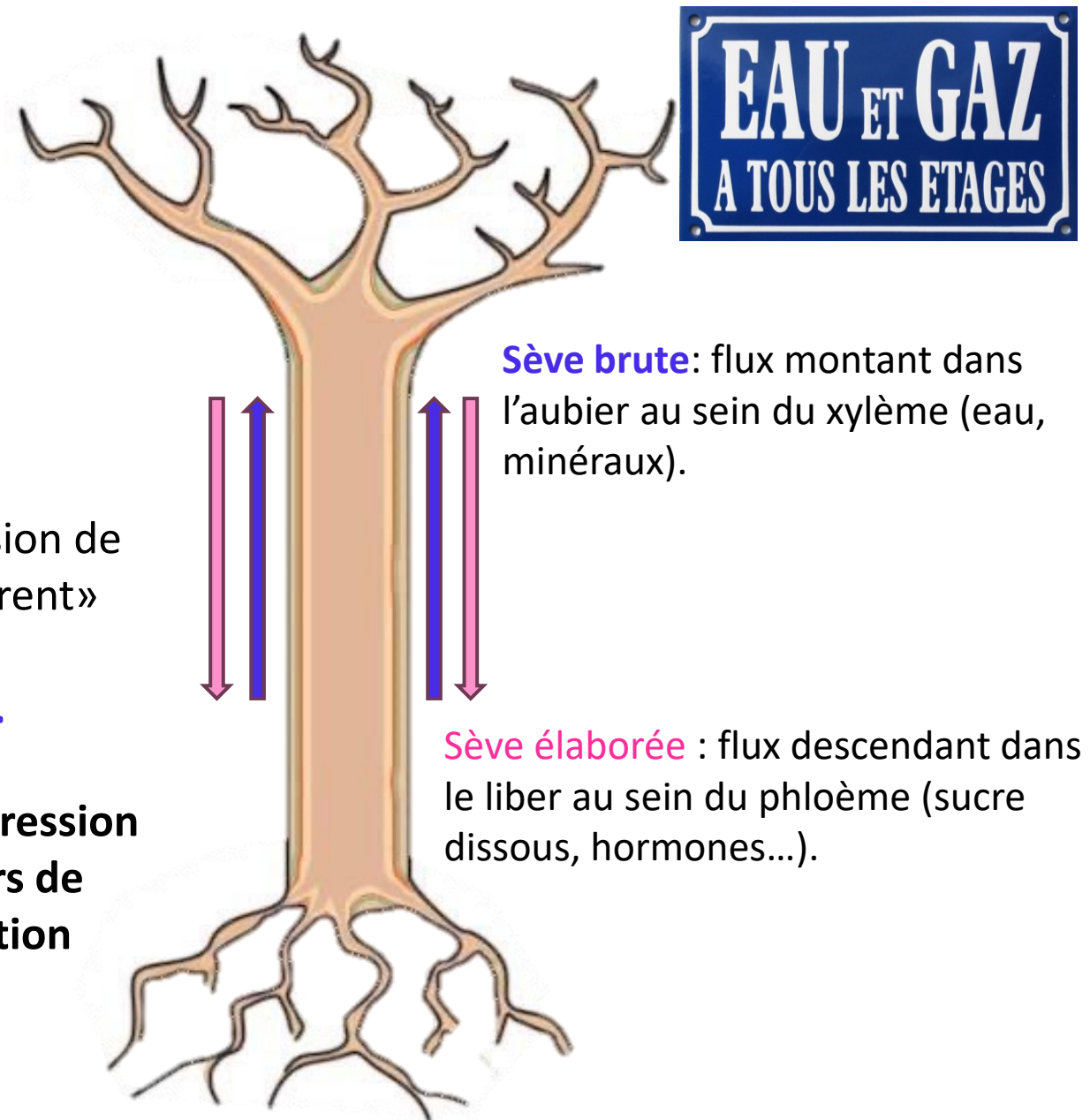
Un peu d'anatomie

Plomberie végétale

Le flux ascendant dans le xylème est le résultat d'une interaction physique entre :

- **La colonne d'eau** (tension-cohésion) aidée par l'adhésion de l'eau aux parois du xylème. Les molécules d'eau se « tirent » les unes les autres.
- **L'aspiration foliaire créée par la transpiration foliaire.**

L'évaporation d'eau à la surface des feuilles crée une pression négative qui va aspirer l'eau du sol (imaginez des milliers de pailles très fines). C'est le moteur principal de la circulation d'eau dans l'arbre.



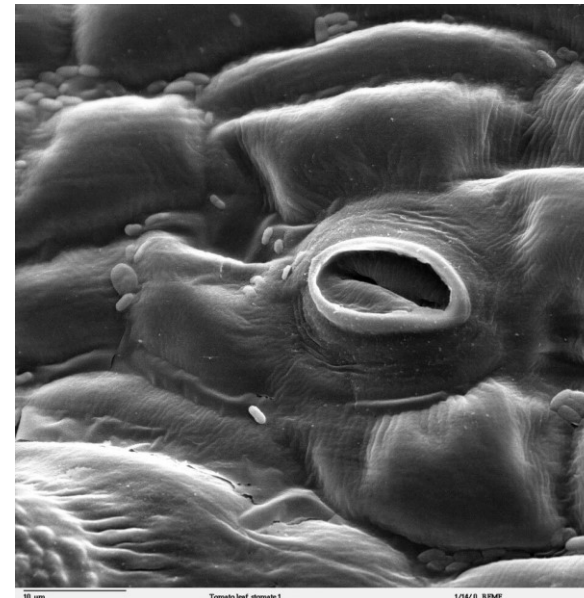
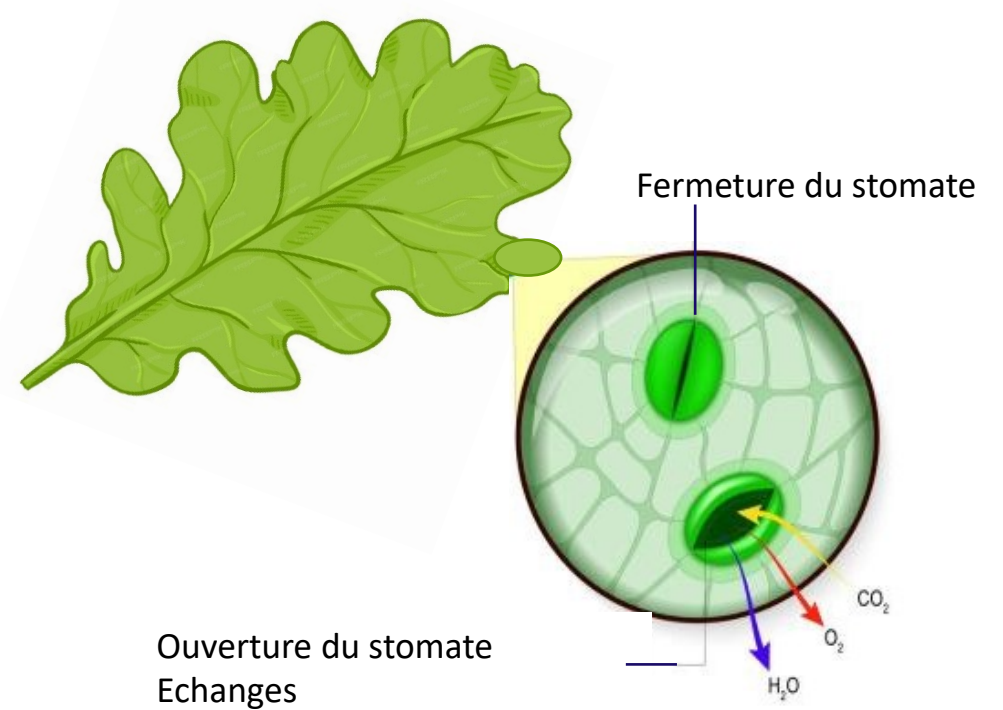
Un peu d'anatomie

Plomberie végétale

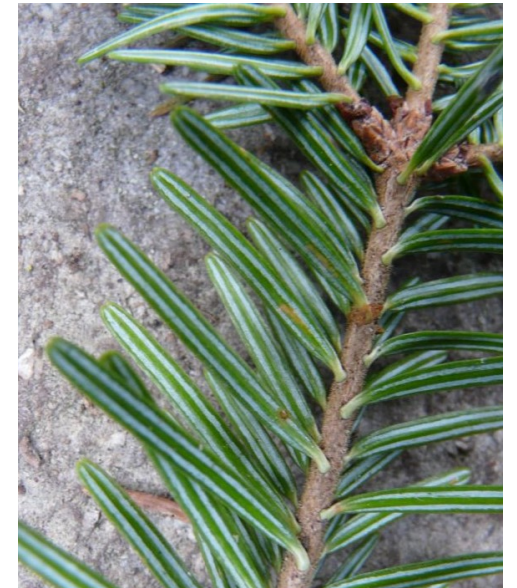
Le contrôle de cette colonne d'eau est assuré par les **stomates** disposés principalement sous les feuilles (env. 90%), les rameaux et même les fleurs.

Pour les feuilles environ 50 à 500 stomates par mm².

C'est la porte d'entrée du **CO₂** et de **sortie de l'oxygène**.



Stomate de tomate,
Source wikipédia



Lignes de stomates chez le
sapin blanc

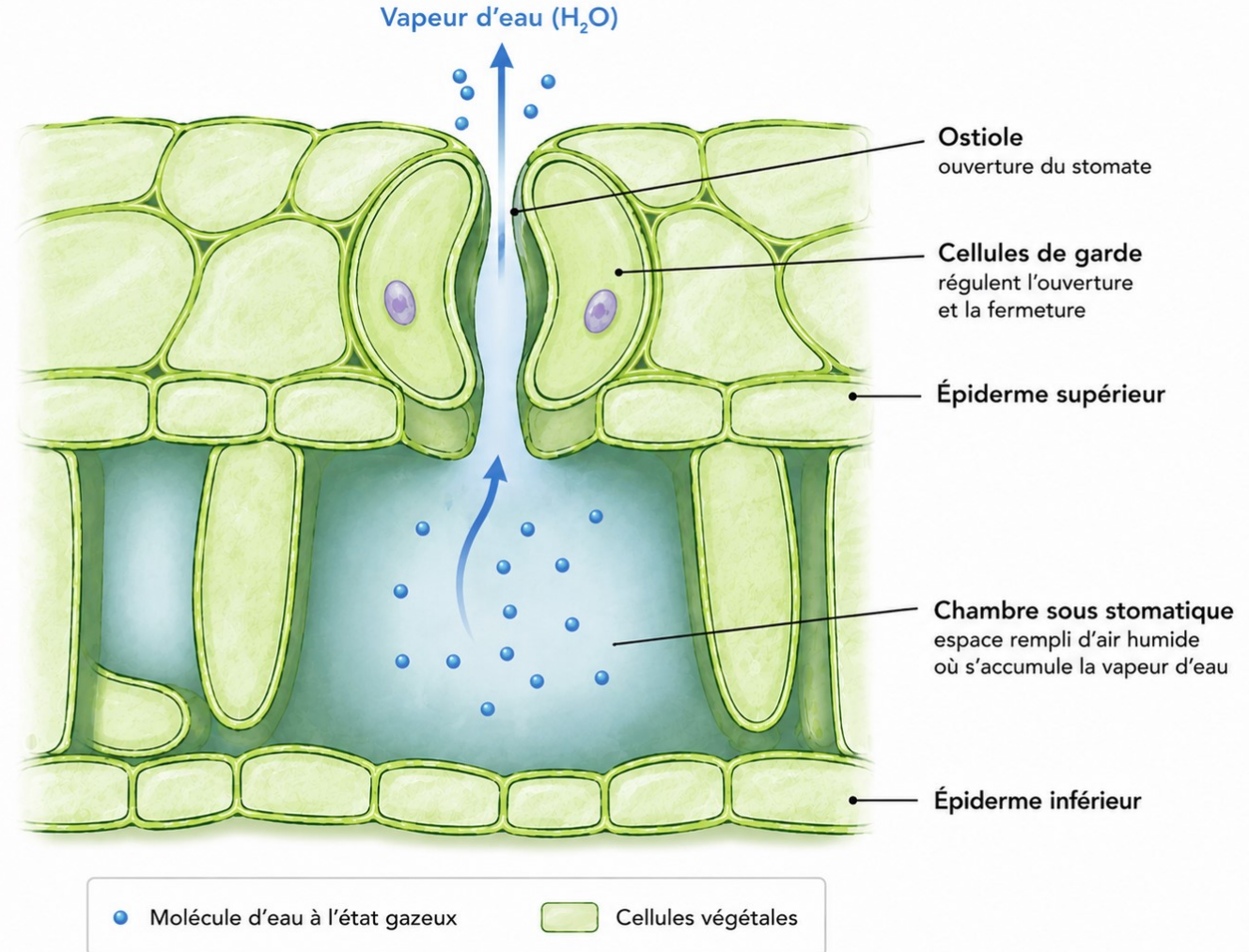


Un peu d'anatomie

Plomberie végétale

L'eau est vaporisée dans la chambre sous-stomatique puis s'échappe par évaporation.

L'équilibre hydrique des plantes/arbres est un compromis permanent qui se réalise via les stomates.



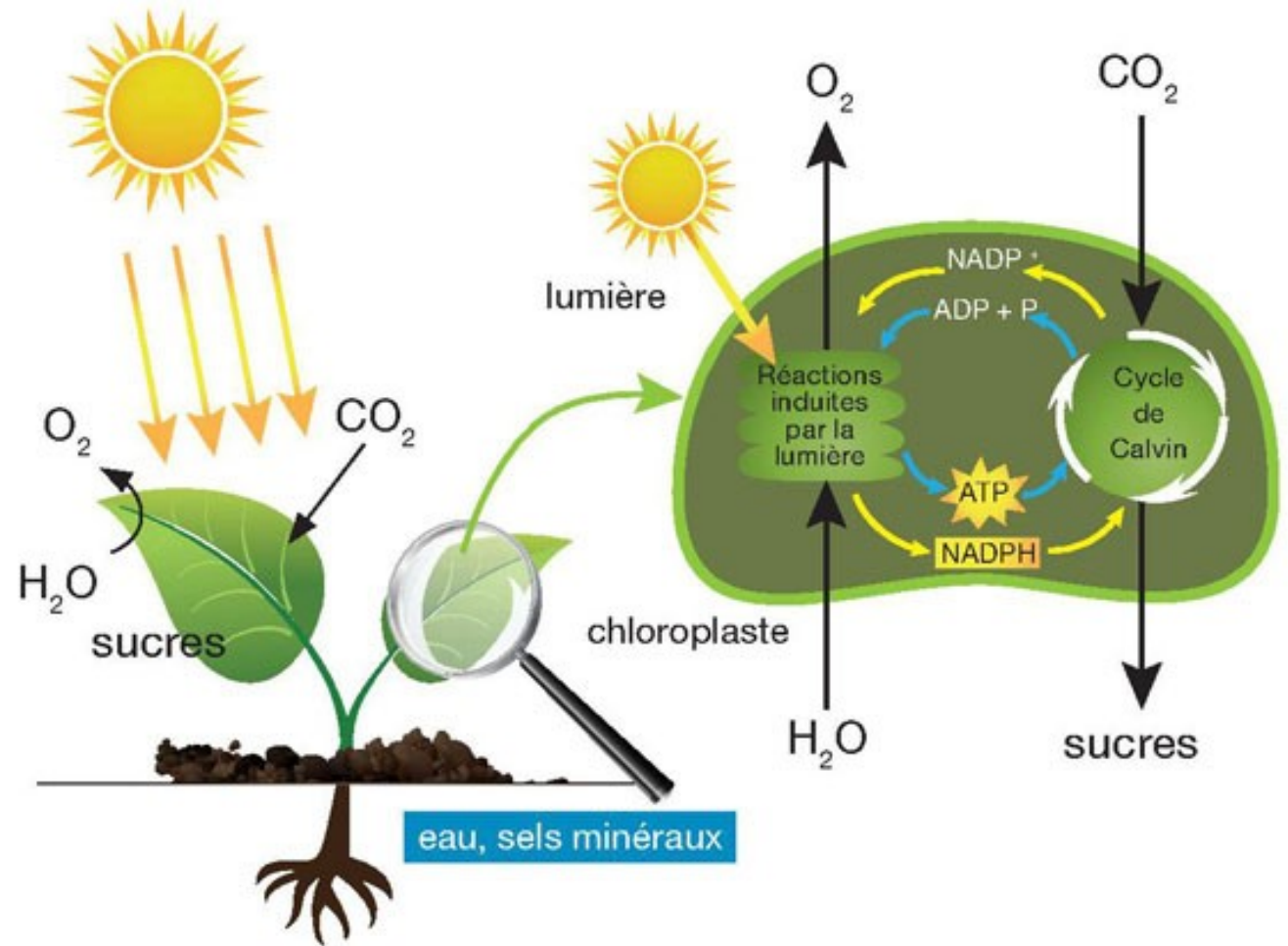
Un peu de physiologie

La photosynthèse

Le **cycle de Calvin** produit des **trioses phosphates** (G3P) qui sont ensuite assemblées en G6P ($C_6H_{11}O_9P^{2-}$).

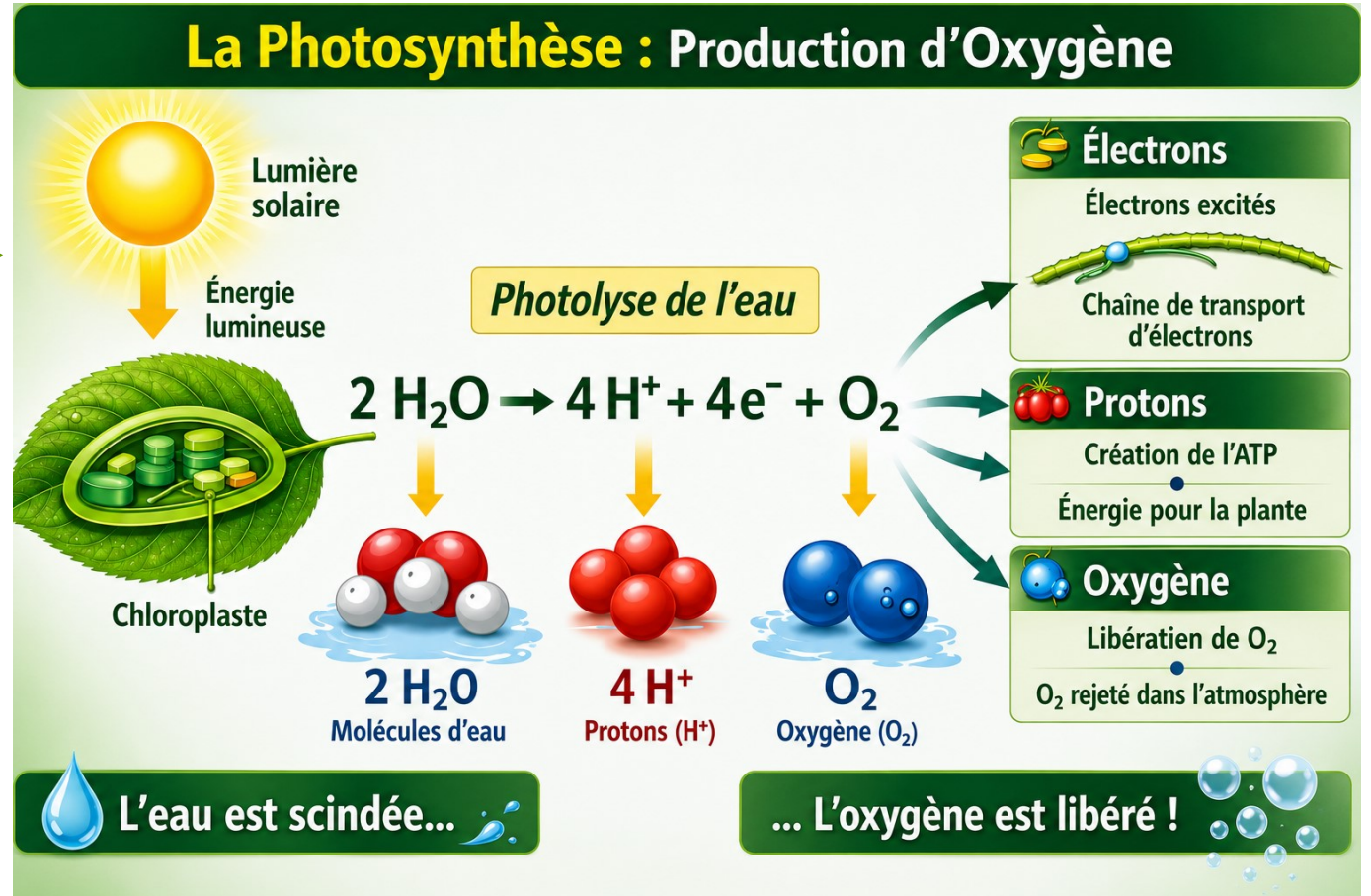
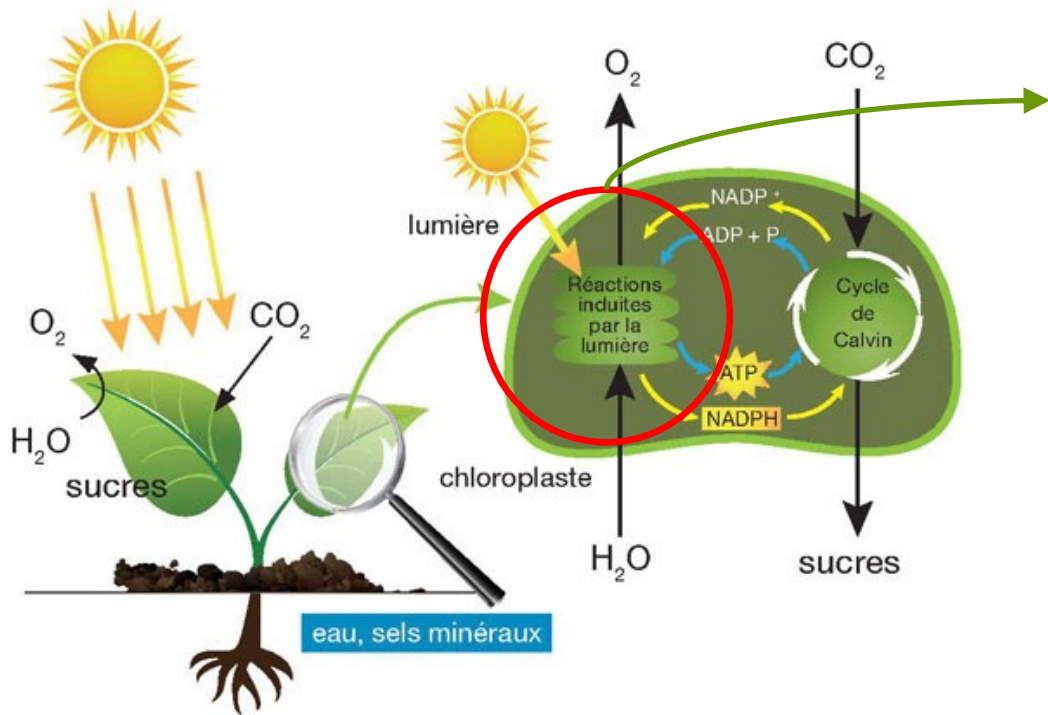
Ces trioses sont les «**briques de base**» pour toutes les autres molécules (fructose, cellulose, amidon, protéines, lipides...) et donc de la **quasi-totalité des molécules organiques sur Terre***.

On dit donc MERCI les PLANTES !!



Un peu de physiologie

Et l'eau dans tout ça ?



Le dioxygène (O₂) produit provient des atomes d'oxygène extraits de 2 molécules d'eau durant la photolyse.



Un peu de physiologie

Petit bilan

L'intérieur des stomates est saturé en vapeur d'eau. Cela crée un très fort gradient avec l'air sec extérieur et se traduit par **une fuite massive de l'eau de la plante vers l'extérieur.**

En parallèle ce processus de transpiration permet à la **feuille de se refroidir** et de garder un **optimal thermique** de fonctionnement.

Pour les plantes des régions tempérées on estime que **50 à 1000 molécules d'eau* s'évaporent pour laisser rentrer 1 molécule de CO₂.**
Moyenne de 400 d'après H. Cochard, 2024.

1 sucre = 6 CO₂ entrent = 6 H₂O démontées + 6x400 (moyenne) H₂O transpirées
1 g de sucre = min. 16g d'eau



Beaucoup de chaleur

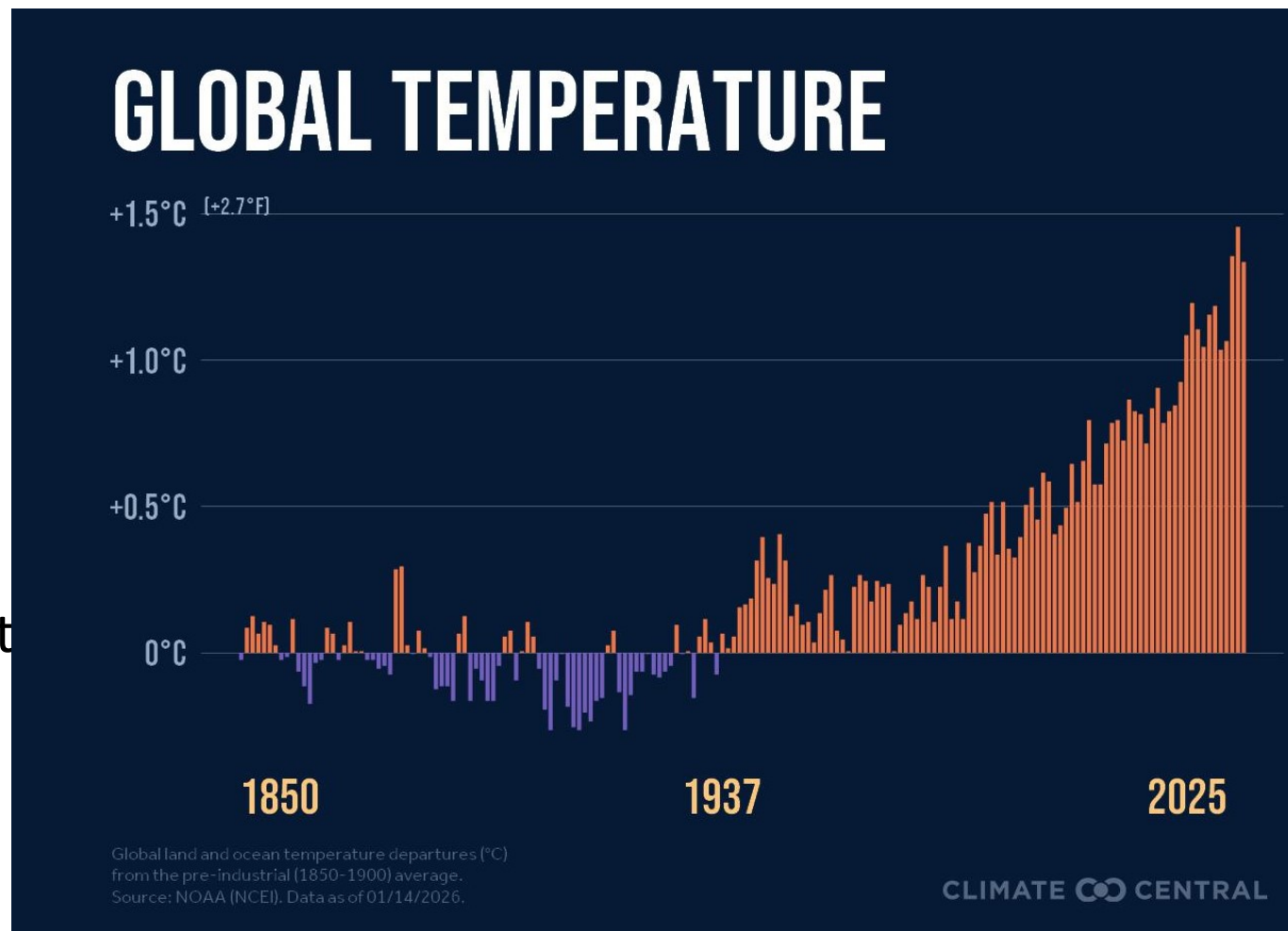
Toujours plus haut!

A l'échelle mondiale les 10 années les plus chaudes enregistrées depuis 1850 sont ?

les 10 dernières... c'était facile !

2024 a le record individuel, mais les records sont faits pour être battus ! surtout en climatologie.

Quid de mai 2026 en Suisse ?

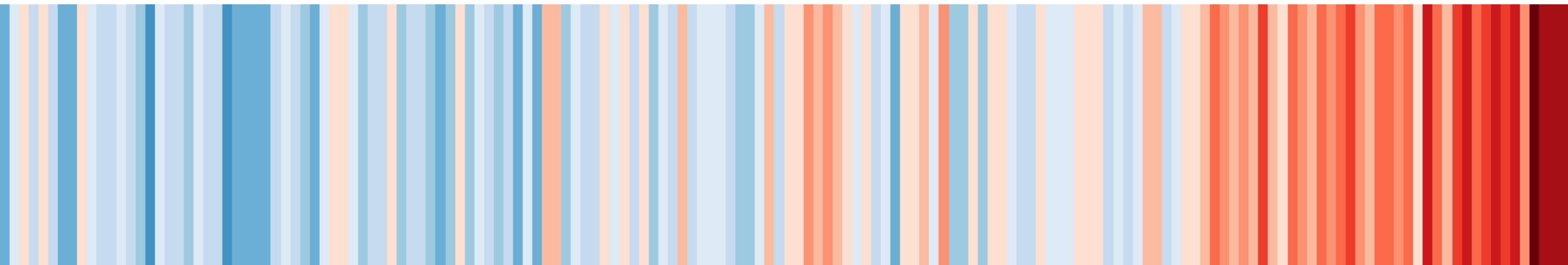


Augmentation de la température à l'échelle mondiale, source: climatecentral.org



Beaucoup de chaleur

Même en Suisse



1864

2025

Températures moyennes en Suisse depuis 1864. Chaque année a une couleur différente. Les années codées en rouge sont plus chaudes, celles codées en bleu plus froides que la moyenne des années 1961-1990.

Beaucoup d'interactions*

Et les arbres ?

L'augmentation de la température va augmenter le **déficit de vapeur d'eau (VPD)** ce qui entraîne une **transpiration plus importante des plantes**.



Vidéo WSL sur VPD et arbres (en)

Voir aussi projet [VPDrought](#) au bois de Finges (VS).

Air froid

Air chaud

Demande en humidité réduite
envers les plantes

Demande en humidité accrue
envers les plantes



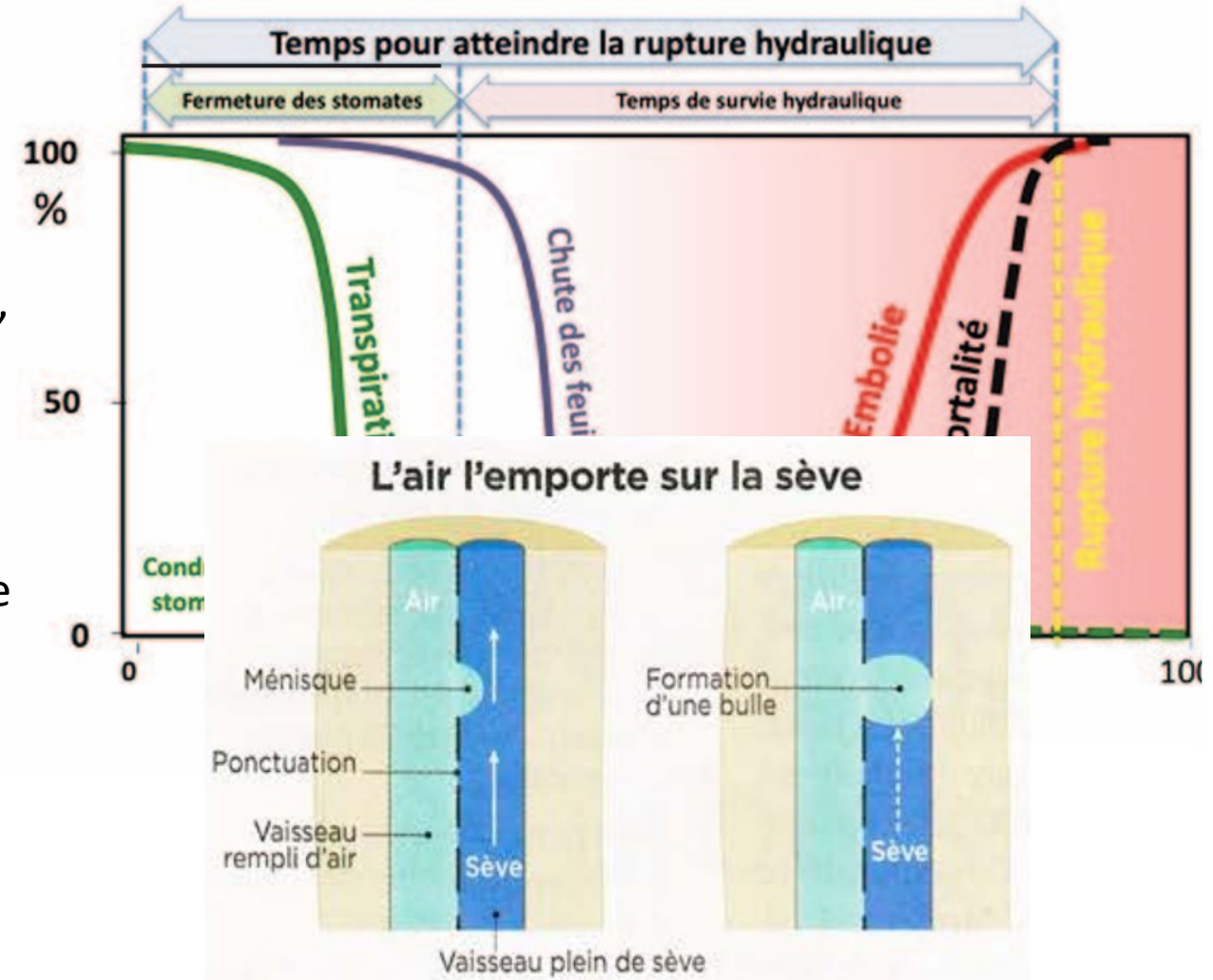
Beaucoup d'interactions

Le dilemme de l'eau

La plante se dessèche, flétrit et meurt:

- Déshydratation progressive des feuilles,
- Fermeture partielle ou quasi-totale des stomates,
- Réduction/arrêt de la photosynthèse,
- Risque de montée en température (mort cellulaire),
- Risque l'embolie gazeuse : la colonne d'eau s'étire puis casse par **cavitation** du xylème (défaillance hydraulique).

« Mourir de faim ou mourir de soif »



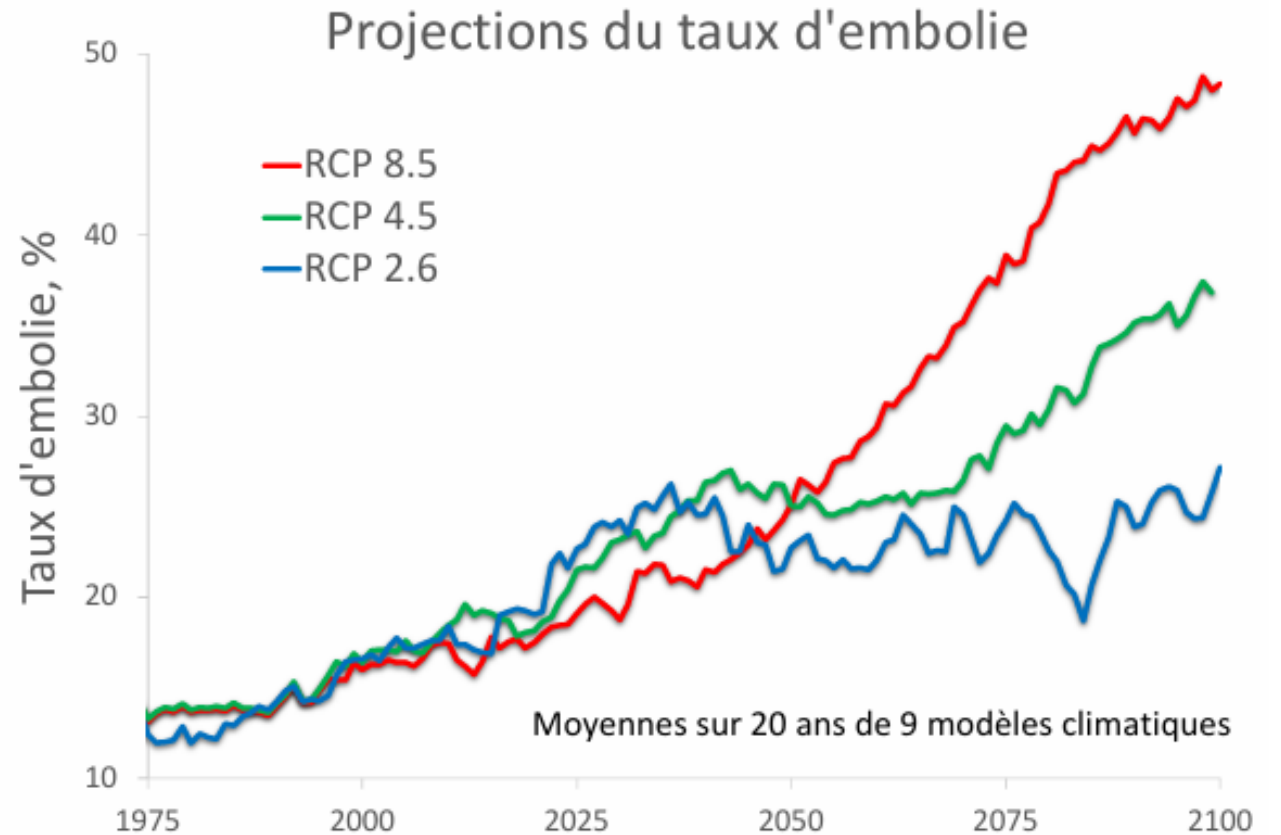
Beaucoup d'interactions

Asphyxie en approche

Le manque d'eau attendu en été et la demande plus élevée va entraîner une **augmentation du taux d'embolie chez les arbres.**

Létalité variable selon les espèces et la fréquence des événements.

- 50% de perte de conductivité est fatal aux conifères,
- 85-90% de perte pour les feuillus.



Taux d'embolie modélisé pour le Chêne (*Q. robur*), dans [Cochard & Martin-St-Paul, 2024](#).




Quelques pistes

Tous égaux ?

Les espèces d'arbres répondent très différemment :

- Au manque d'eau du sol,
- Au risque d'embolie,
- À la température ambiante,
- À la répétition des épisodes de stress hydrique,
- Souvent conditionné par leur écologie.

 **Le choix des espèces** doit être fait en connaissance, selon la disponibilité des ressources et selon les contraintes du site.

Aménagements urbains :

- Penser durabilité des aménagements,
- Infiltration de l'eau, ville éponge,
- Pied d'arbres et végétalisation pour garder l'humidité,
- Protection des troncs (pas de trous dans la pompe svp)
- Penser à long terme, pour un arbre c'est en siècles.

 La qualité des emplacements, le volume de sol utile et **la capacité de stockage de l'eau** sont déterminants.



Quelques pistes

Le génie des arbres

Mise en place d'**adaptations sur plusieurs années:**

- Réduction ou enrroulement des feuilles,
- Perte de feuilles, de branches,
- Croissance réduite (pensez aux cernes),
- Ajustement osmotique (concentration dans les cellules pour garder l'eau),
- Remplacement des vaisseaux endommagés,



© M. Faustino

- Réduction de la taille des vaisseaux (plus résistant à la tension -> moins d'embolie),
- Développement de racines plus profondes,
- Raccourcissement du cycle végétatif.



Pour aller plus loin ou plus haut

- F. Hallé, 2005. Plaidoyer pour l'arbre, Actes Sud.
- H. Cochard, en cours. Portail <http://herve.cochard.free.fr/publi.htm>
- M.-A. Selosse, 2021. L'Origine du monde, Actes Sud.
- C. Drénou, 2016. L'arbre : au-delà des idées reçues, CNPF-IDF.
- Plante & Cité, 2022. Prendre soin des arbres en ville : Pour une approche transversale - n°8



Pour aller plus longtemps



HARVARD
UNIVERSITY

GRADUATE
SCHOOL

OF
DESIGN

48 QUINCY STREET
CAMBRIDGE, MA 02138
GSD.HARVARD.EDU

Réservez la date

Cultiver l'ombre : le futur de la forêt urbaine à Genève

Date : 28 octobre 2026 à 17 h.30
Location : L'auditorium de la banque Pictet Route des Acacias 66
Intervenants : Gary Hilderbrand, Anita Berrizbeitia, Max Piana, (Harvard)
Discussion : Robert Perroulaz, (dendrologue et liaison Harvard–Genève), Yves Kazemi, Andre Baud, OCAN

Thèmes clés : planification des forêts urbaines fondée sur les données, opportunités d'extension de la forêt urbaine genevoise, biodiversité et adaptation au changement climatique.



Merci!

«Le meilleur moment pour planter un arbre c'était il y a 30 ans, le deuxième meilleur moment c'est maintenant.»

Proverbe chinois

◆ Jardin Botanique
de Genève

