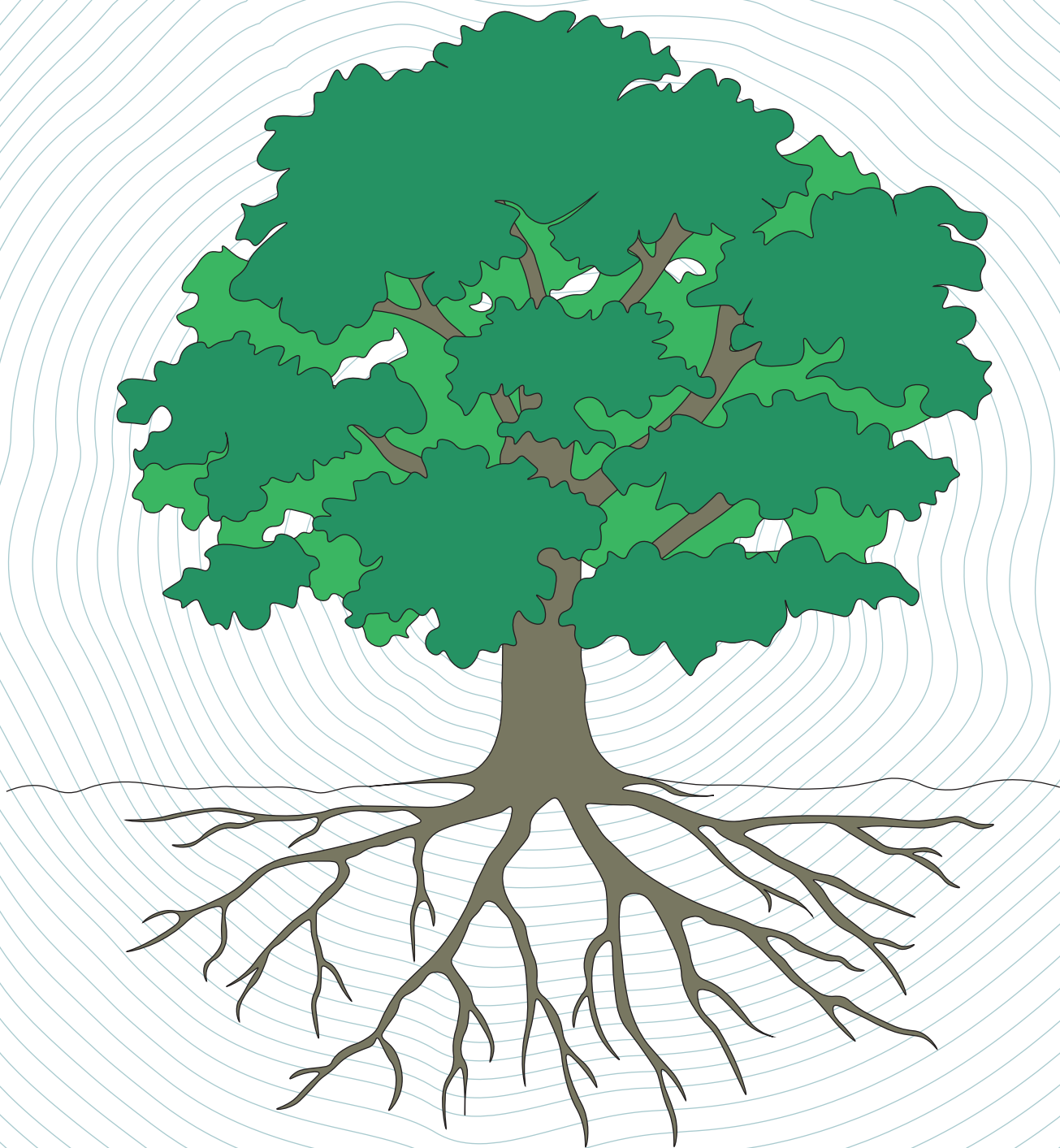


L'arbre qui chante



Kit pédagogique

« Toute personne a le devoir de prendre part à la préservation
et à l'amélioration de l'environnement ».

Article 2 de la Charte de l'environnement
loi constitutionnelle 2005-205 du 1er mars 2005

Un arbre qui chante ?

L'arbre qui chante est une installation artistique qui questionne notre relation aux plantes et à leur dimension sensible.

Le dispositif capte de très faibles variations électriques présentes dans un arbre vivant. Ces variations sont transformées par un système électronique en nappes sonores, rythmes et mélodies. Les visiteurs peuvent ainsi entendre une traduction musicale de phénomènes biologiques habituellement invisibles.

L'installation prend place autour du seul chêne présent sur cet ancien site industriel en cours de réhabilitation, devenant un symbole de continuité du vivant dans un territoire en transformation.

Le saviez-vous ?

Comme tous les êtres vivants, les plantes génèrent une activité électrique liée au fonctionnement de leurs cellules. Chez les plantes, comme pour l'ensemble du vivant, l'eau joue un rôle essentiel : dans un arbre, elle circule en continu, notamment grâce au phénomène d'évapotranspiration. Cette circulation est toutefois variable selon les saisons : chez les arbres à feuilles caduques, elle est fortement ralentie en hiver, lorsque les feuilles sont absentes.

Cette dynamique de circulation de l'eau permet aussi la transmission de faibles variations électriques à travers l'organisme.

Les signaux électriques apparaissent à l'occasion de différents processus biologiques, par exemple :

- transport de l'eau et des nutriments
- adaptation à la lumière
- réponse aux blessures
- communication interne dans la plante

Ces phénomènes sont étudiés depuis le XIX^e siècle par les scientifiques.

Origine du projet :

Cette installation s'inscrit dans la continuité du projet open source initié par Sam Cusumano, qui développe des dispositifs permettant de transformer l'activité électrique des plantes en musique. Elle est réalisée par le CCLab en partenariat avec La Belle Déchette et Territoires.

Ce kit pédagogique est destiné aux pédagogues (enseignants, éducateurs, médiateurs, animateurs, accompagnateurs).

Il a pour objectif de vous aider à accompagner vos publics, enfants, adolescents ou adultes, dans la découverte de l'installation L'arbre qui chante.

Cette installation propose une rencontre inhabituelle avec un arbre, elle invite à écouter un végétal.

Bien sûr, les arbres ne chantent pas au sens humain du terme. Mais ils possèdent une activité biologique mesurable, en particulier des variations électriques liées à leur physiologie, ainsi qu'à la présence de flux de sève à l'état liquide au niveau des tissus périphériques des organes. Grâce à un dispositif électronique, ces signaux peuvent être captés puis traduits en sons.

L'installation devient ainsi une interface sensible entre humains et végétaux, une invitation à ralentir, observer, écouter et se questionner.

Ce kit permet :

- de comprendre comment fonctionne l'installation
- d'expérimenter avec un dispositif portable
- de découvrir la biologie et l'écologie des arbres
- de réfléchir à notre relation au vivant

Il peut être utilisé avant, pendant ou après la visite.

Plus en détails :

Le dispositif est alimenté par un panneau solaire installé à proximité de l'arbre. Le déclenchement sonore est, quant à lui, assuré par un capteur de présence placé sur une branche, au-dessus du panneau d'information. Lorsqu'une présence est détectée, l'installation s'active pendant cinq minutes.

L'ensemble du système électronique, qui analyse l'activité de l'arbre, ainsi que les haut-parleurs, est dissimulé dans un boîtier fixé en hauteur sur le tronc, à la base des grandes branches. De ce boîtier sont raccordées deux électrodes, qui traversent l'écorce afin de capter les variations électriques de l'arbre.

Le boîtier

Le boîtier est une version transportable du dispositif installé dans le chêne des Halles en commun. Il est facilement manipulable et peut être alimenté par une prise USB (batterie ou chargeur).

Ce dispositif portable permet de tester le système sur d'autres plantes et d'expérimenter. Il peut être utilisé en classe ou en extérieur pour introduire ou prolonger la visite de l'installation.

Faire fonctionner le boîtier :

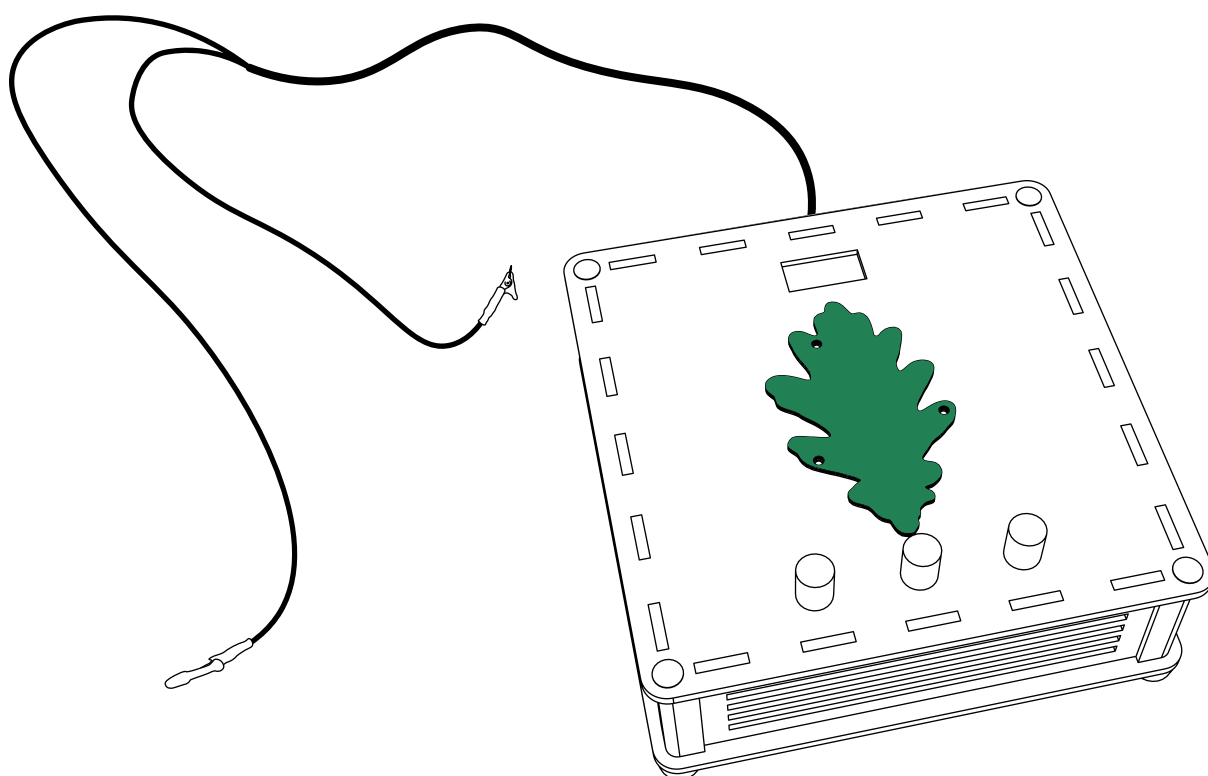
- Brancher le boîtier à un chargeur ou une batterie USB
- Placer les pinces crocodiles sur deux feuilles d'une plante
- Allumer le boîtier
- L'écran s'allume et les premières notes se font entendre

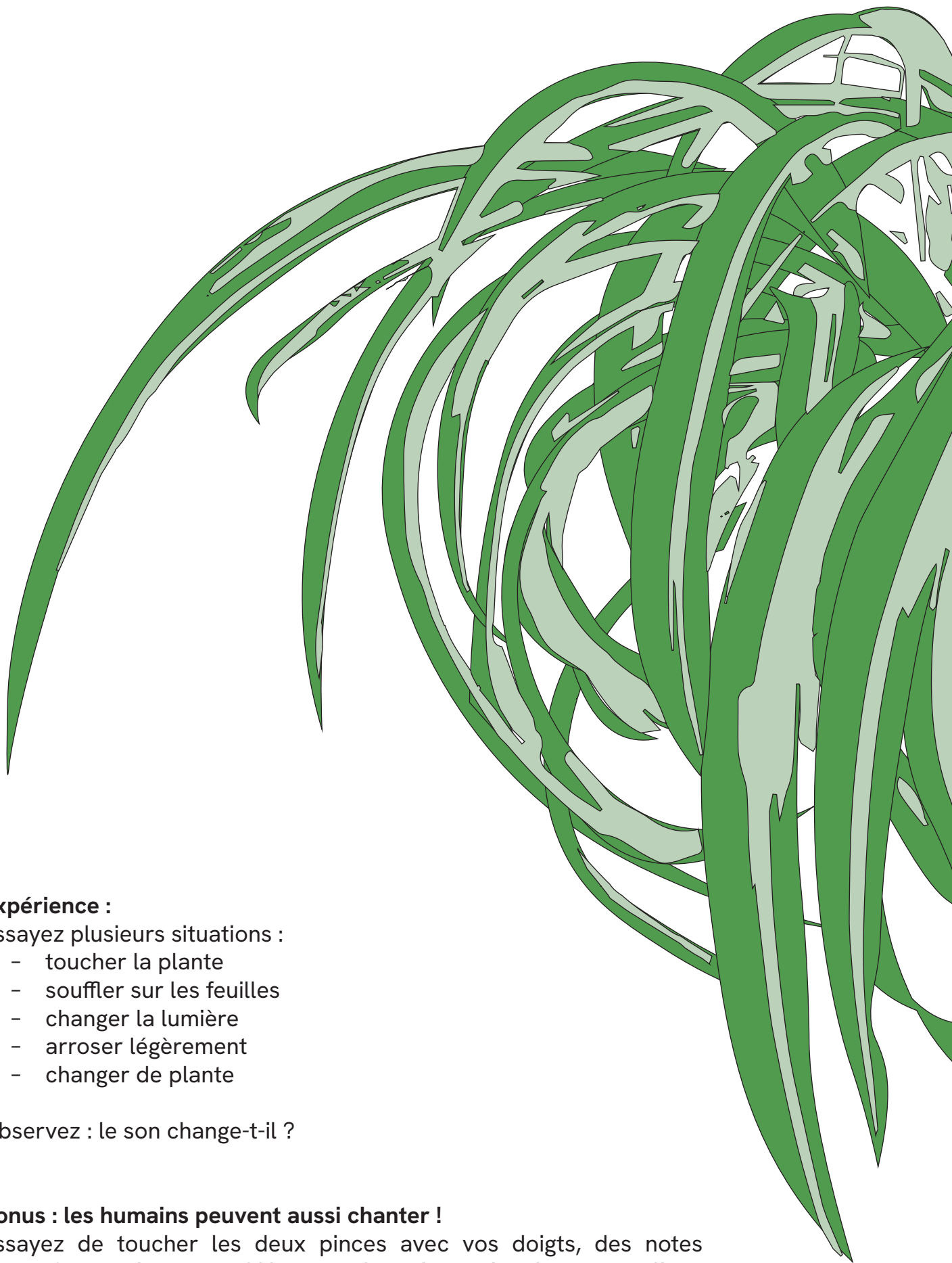
Réglages possibles :

Les trois boutons permettent de modifier :

- le volume
- le tempo
- le type d'instrument

Chaque plante produira des variations différentes.





Expérience :

Essayez plusieurs situations :

- toucher la plante
- souffler sur les feuilles
- changer la lumière
- arroser légèrement
- changer de plante

Observez : le son change-t-il ?

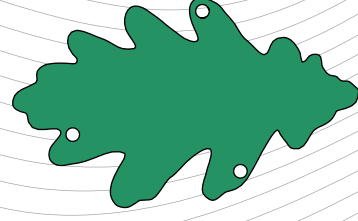
Bonus : les humains peuvent aussi chanter !

Essayez de toucher les deux pinces avec vos doigts, des notes apparaîtront, c'est normal ! Le corps humain contient beaucoup d'eau et conduit lui aussi de faibles courants électriques. Le dispositif capte donc l'activité électrique du corps humain, comme il le ferait avec un végétal.

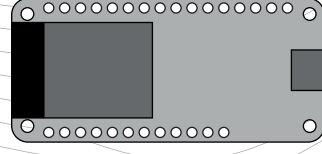
Comment ça marche ?

L'installation repose sur une chaîne simple :

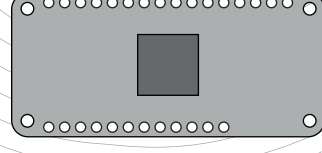
Le dispositif capte de très faibles variations électriques présentes dans les tissus de l'arbre. Ces signaux sont ensuite traités et transformés en données musicales.



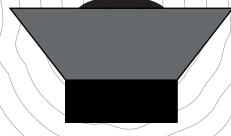
Capteur



Microcontrôleur



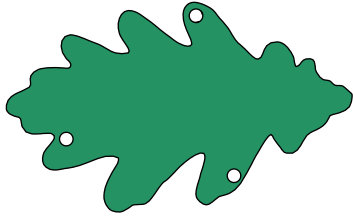
Synthétiseur



Haut-parleur

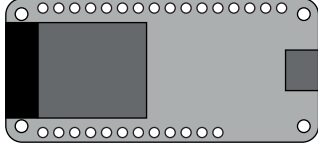
Important à comprendre :

La musique n'est pas produite volontairement par l'arbre. Le dispositif crée une traduction artistique d'un phénomène biologique réel. C'est une rencontre entre biologie, technologie et création artistique.



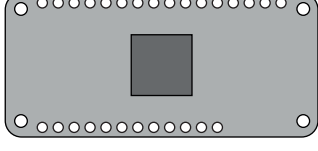
Capteur

Deux électrodes sont placées en contact avec le végétal (feuilles, branches, écorce). Ces électrodes mesurent les variations de potentiel électrique présentes dans la plante. Ces variations sont extrêmement faibles et doivent être amplifiées, l'électronique du capteur permet justement cela.



Microcontrôleur

Le signal est ensuite envoyé vers un microcontrôleur. C'est un petit ordinateur programmable capable de lire et analyser un signal, et d'envoyer des instructions à d'autres appareils. Le programme convertit les variations électriques en valeurs numériques.



Synthétiseur

Ces données sont ensuite envoyées vers un synthétiseur numérique. Un synthétiseur est un appareil capable de produire des sons électroniques. Le programme associe certaines valeurs à des notes, des rythmes, des modulations sonores. Le résultat est une composition musicale générative.



Haut-parleur

Le son est finalement diffusé par un haut-parleur. Les visiteurs peuvent alors écouter cette interprétation sonore de l'activité de l'arbre.



Mieux connaître ce chêne

C'est un chêne chevelu !

Le chêne présent sur le site est un chêne chevelu (*Quercus cerris*), une espèce qui tire son nom des petits «poils» caractéristiques situés autour des bourgeons et des glands, correspondant en fait à des stipules (petites appendices foliaires situées à l'insertion des feuilles).

Comment reconnaître un chêne chevelu ?

Quelques indices :

- feuilles profondément découpées, rugueuses au toucher
- glands entourés d'une cupule très velue
- bourgeons entourés de fines structures ressemblant à des «poils», ou stipules
- globalement plus droit que le chêne pédonculé (*Quercus robur*)
- écorce moins découpée et plus sombre que pour le chêne pédonculé

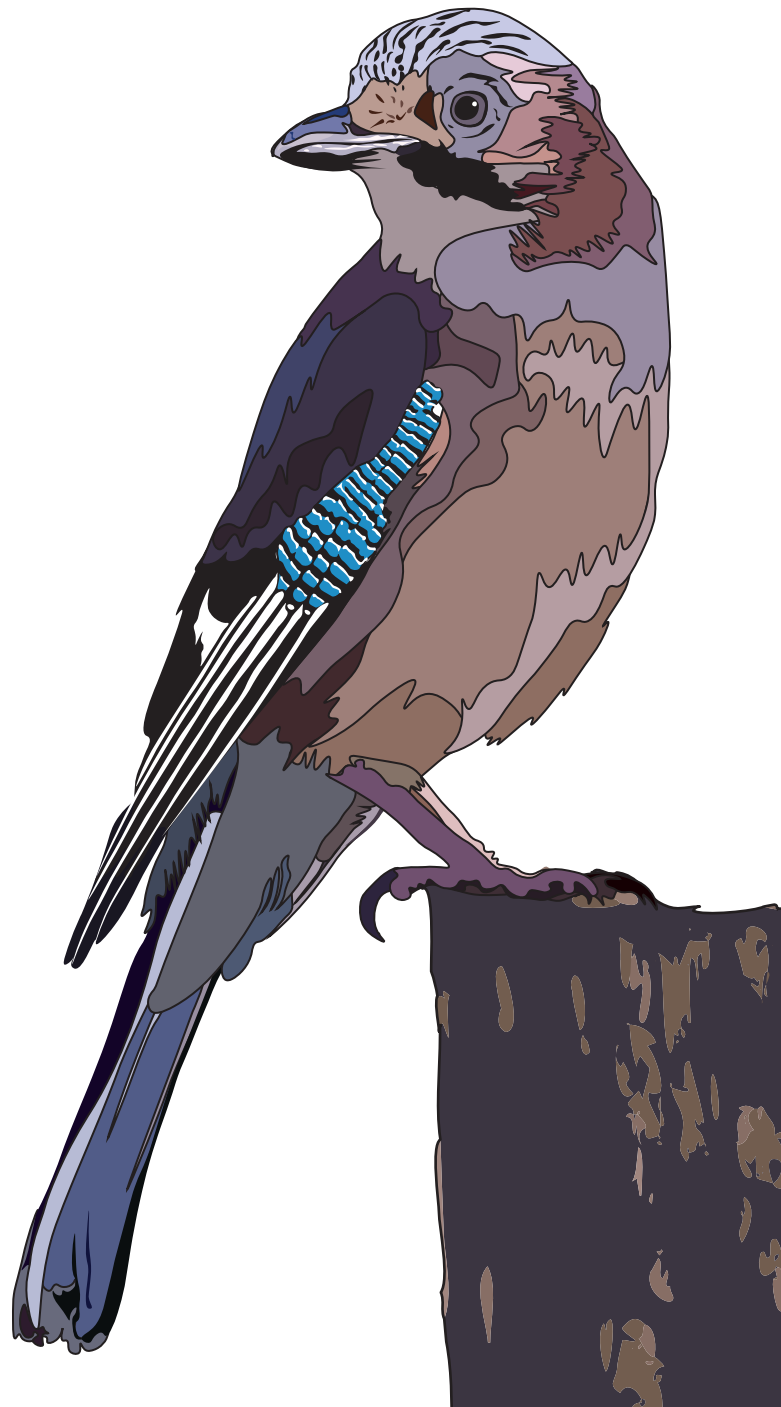
Comment est-il arrivé là ?

Probablement par hasard.

Les chênes se dispersent grâce à leurs glands.

Ces glands peuvent être transportés par des oiseaux, des rongeurs, l'eau qui ruisselle ou le vent. Par exemple, certains animaux enterrent des glands pour constituer des réserves... puis oublient parfois de les récupérer. C'est souvent ainsi que de nouveaux arbres naissent.

Le principal planteur de chênes en Europe est un oiseau : le Geai des chênes. Il cache des milliers de glands dans le sol pour l'hiver. Mais il en oublie une partie... qui deviennent de nouveaux arbres. Un seul geai peut planter jusqu'à 5000 glands par an, ce qui fait de lui le premier reboiseur européen de chênes.



A votre avis, quel âge a cet arbre ?

Avant de chercher la réponse, chacun peut proposer une hypothèse.

Si vous êtes en groupe, vous pouvez faire la moyenne des estimations. On appelle cela l'intelligence collective. Si vous êtes suffisamment nombreux, cette méthode donne souvent des résultats étonnamment proches de la réalité.

Mesurer sa circonférence

Il est possible d'estimer l'âge d'un arbre simplement en observant son tronc.

Une méthode couramment utilisée consiste à mesurer la circonférence du tronc, généralement à 1,30 m du sol, puis à utiliser une relation approximative entre cette mesure et l'âge de l'arbre. Chez les chênes, la croissance est globalement relativement lente, bien qu'elle varie selon le stade de développement de l'arbre. On utilise parfois une moyenne d'environ 2 à 3 cm de circonférence par an pour les chênes, cette valeur est très variable selon la vigueur de la plante (qui elle-même dépend du milieu de développement et des facteurs génétiques).

À partir de cette observation, on peut proposer une estimation simple :

L'âge d'un chêne correspond approximativement à sa circonférence (en centimètres) divisée par 2,5. Ainsi, un chêne dont le tronc mesure 250 cm de circonférence aurait environ 100 ans.

Cependant, il est important de comprendre que cette méthode donne une fourchette et non un âge exact. La croissance d'un arbre dépend en effet de nombreux facteurs : son stade de développement, la qualité du sol, l'accès à l'eau, la lumière, le climat ou encore l'espace disponible. Par exemple, un arbre isolé aura tendance à grossir plus rapidement qu'un arbre en forêt dense, grâce à une meilleure exposition à la lumière et donc à une meilleure capacité de photosynthèse.

Interroger les habitants

Les habitants ou les anciens travailleurs du site peuvent parfois se souvenir de l'apparition de l'arbre et des transformations du lieu.

Observer les archives

Leurs témoignages peuvent être complétés par des documents anciens, comme des photographies ou des cartes postales, qui offrent des indices précieux sur l'évolution du paysage.

Quelques anecdotes sur les chênes

Une production de glands synchronisée :

Les chênes produisent parfois énormément de glands la même année. Ce phénomène semble se produire de manière synchronisée sur de vastes territoires : de nombreux chênes d'une même région produisent beaucoup de glands au même moment, puis très peu les années suivantes.

Comment se synchronisent-ils ? C'est la météo avant tout : La floraison synchrone dépend souvent d'un signal climatique commun (un printemps particulièrement doux ou sec l'année précédente). Si les conditions sont idéales, tous les chênes du secteur ont l'énergie nécessaire pour produire des fleurs en même temps.

Cette stratégie présente un avantage : lorsqu'il y a énormément de glands en même temps, les animaux qui les mangent ne peuvent pas tous les consommer. Une partie des glands a donc plus de chances de germer et donner naissance à de nouveaux chênes.

Des arbres très anciens :

Certaines espèces de chênes peuvent vivre plus de 500 ans, parfois plus. Ils deviennent alors de véritables écosystèmes vivants. un chêne ancien a pu voir des villes apparaître, survivre à des guerres, traverser plusieurs générations humaines.

Un chêne chevelu à une espérance de vie théorique d'environ 200 ans.

Un monde sous terre :

Les racines des arbres sont reliées à des champignons microscopiques appelés mycorhizes. Ces champignons forment un immense réseau souterrain permettant :

- d'échanger des nutriments
- d'améliorer l'absorption d'eau
- de connecter plusieurs arbres entre eux

Un arbre qui nourrit une ville d'animaux :

Un seul chêne adulte peut abriter plus de 500 espèces différentes : insectes, oiseaux, champignons, mousses, lichens ou petits mammifères. Certains scientifiques parlent du chêne comme d'un «immeuble écologique».

Des arbres qui parlent

Les arbres ne parlent pas comme les humains : ils n'ont ni voix, ni cerveau, ni système nerveux. Pourtant, ils sont capables d'envoyer et de recevoir des informations en permanence. Ils ne communiquent pas des idées, mais des signaux biologiques liés à leur état : stress, attaque, manque d'eau ou de lumière. Ces signaux peuvent prendre différentes formes, notamment chimiques et électriques.

Une communication dans l'air :

L'un des exemples les plus connus concerne les attaques d'insectes.

Lorsqu'une feuille est grignotée, l'arbre réagit en libérant dans l'air des molécules appelées Composés Organiques Volatils (COV). Ces substances ne sont pas un «message» intentionnel, mais une réponse chimique à une agression.

Les arbres voisins peuvent capter ces molécules grâce à leurs feuilles. Cette perception déclenche chez eux une réaction préventive : ils produisent davantage de substances défensives, comme des tanins, qui rendent leurs feuilles moins appétissantes pour les insectes. Ainsi, sans se «parler», les arbres peuvent s'influencer mutuellement et anticiper un danger.

Des signaux internes :

Les plantes utilisent aussi des signaux électriques pour transmettre des informations à l'intérieur de leur organisme. Par exemple, lorsqu'une partie de la plante est blessée, un signal électrique peut se propager jusqu'à d'autres zones, déclenchant des réactions à distance :

- production de substances de défense
- modification du fonctionnement des cellules
- adaptation à une situation de stress

Ces signaux sont très différents de ceux du système nerveux des animaux, mais ils permettent une forme de coordination interne. Ces signaux électriques, invisibles pour nous, sont justement ceux que capte le dispositif de L'arbre qui chante.

La communication des plantes est donc lente, discrète et invisible à l'œil nu. Elle repose sur des échanges chimiques et physiques plutôt que sur des sons ou des gestes.

Des arbres qui se déplacent

Si les arbres sont ancrés au sol par leurs racines, ils n'en sont pas moins mobiles dans leur manière de conquérir l'espace.

La conquête horizontale :

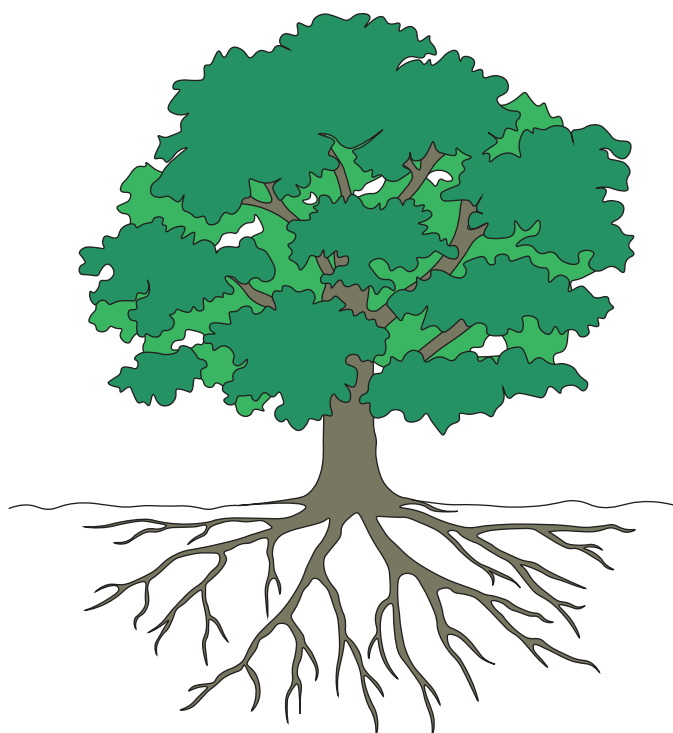
Certaines plantes «marchent» littéralement via leurs tiges ou leurs racines. Le fraisier envoie des stolons (tiges rampantes) qui s'enracinent plus loin pour créer un nouvel individu. Chez certains arbres, comme le peuplier ou le cerisier, ce sont les racines qui font surgir de nouveaux troncs (les drageons) à plusieurs mètres de l'arbre mère.

La croissance orientée (tropisme) :

Un arbre ne bouge pas ses branches comme nous bougeons nos bras, mais il oriente sa croissance. Les racines «sentent» l'humidité et se dirigent vers les zones riches en eau, tandis que les feuilles se déploient là où la lumière est la plus intense. C'est un mouvement lent, mais d'une précision redoutable.

Le voyage des graines :

C'est le moment où l'arbre se déplace vraiment. Grâce au vent (graines ailées du tilleul ou de l'érable), aux animaux (geais, écureuils) ou à l'eau, un arbre peut «naître» à des kilomètres de son parent.



Les symbioses et coopérations

Dans la nature, les arbres ne vivent pas seuls. Ils sont liés à de nombreuses autres espèces avec lesquelles ils interagissent en permanence.

Sous terre, leurs racines s'associent à des champignons microscopiques appelés mycorhizes. Ces champignons aident l'arbre à absorber l'eau et les minéraux, tandis que l'arbre leur fournit des sucres. Cette relation bénéfique pour les deux partenaires est appelée une symbiose.

Ces champignons peuvent aussi relier plusieurs arbres entre eux, formant un réseau souterrain à travers lequel circulent des ressources. Les scientifiques étudient encore le fonctionnement précis de ces échanges.

Au-dessus du sol, les arbres dépendent aussi des insectes et des animaux. Les insectes participent à la pollinisation et au recyclage de la matière organique. Les animaux, quant à eux, transportent les graines et contribuent à la dispersion des plantes.

Ainsi, un arbre fait partie d'un ensemble de relations : il est au cœur d'un écosystème vivant, où chaque espèce joue un rôle. Comprendre ces relations, c'est changer notre regard : prendre soin d'un arbre, c'est aussi prendre soin de tout le monde vivant qui lui est associé.



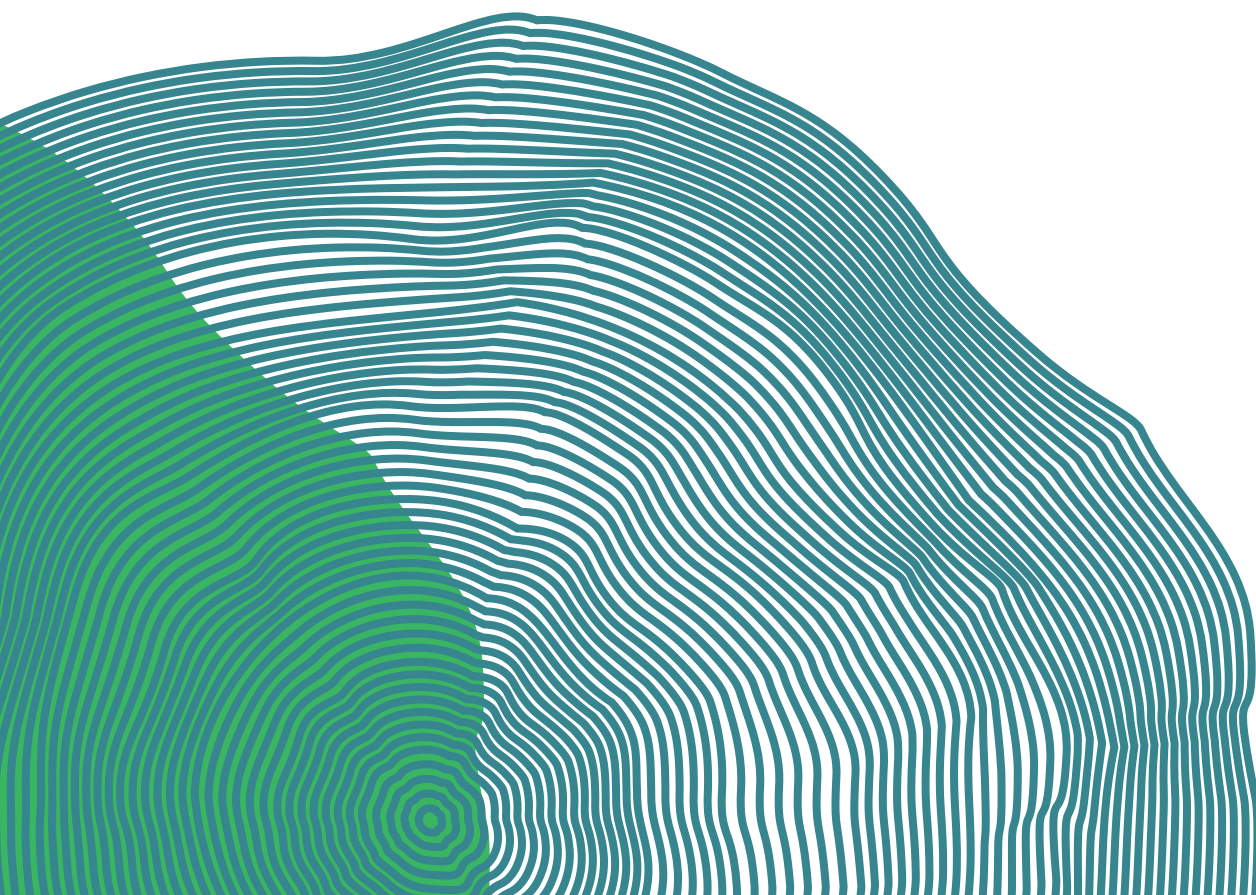
Les bienfaits des arbres

Les arbres ont de nombreux bienfaits, par exemple, les arbres :

- rafraîchissent l'air, par humidification, via le phénomène d'évapotranspiration
- stockent du carbone, par la production de bois
- produisent de l'oxygène, par la réaction de photosynthèse)
- filtrent certains polluants
- abritent de nombreuses espèces
- stabilisent les sols, par l'enracinement
- favorisent l'infiltration de l'eau dans le sol et limitent ainsi les inondations

Mais ils ont aussi des effets sur les humains, notamment ils contribuent à :

- réduire le stress
- améliorer le bien-être
- créer des lieux de rencontre



Fonctions environnementales et écosystémiques :

Diminue les températures locales

Le feuillage capte une partie des radiations solaires et ombrage le sol, limitant ainsi les pics de chaleur ressentis au sol (réduction de l'effet d'îlot de chaleur).

Les arbres réfléchissent les rayons infrarouges (autour de 20% d'albédo). Leur ombrage capte la grande majorité du rayonnement solaire (jusqu'à 98% !) : 4 à 8°C de moins sous un arbre plutôt qu'en plein soleil. Les plantes grimpantes sont très intéressantes pour réguler la température des façades (30°C au lieu de 60°C).

Le phénomène d'évapotranspiration, moteur du fonctionnement biologique de l'arbre, entraîne un relâchement de vapeur d'eau dans l'air ambiant, ce qui permet de le rafraîchir. Un arbre adulte prélève jusqu'à 450 litres d'eau liquide par jour dans le sol et les relargue en vapeur d'eau dans l'air, fait l'effet de 5 climatiseurs.

Purifie l'air

Par le biais de la photosynthèse, l'arbre capte le carbone et le stocke sous forme de réserves et de bois, tout en rejetant du dioxygène dans l'atmosphère. Un arbre de 30 ans fixerait environ 10 kg de carbone par an ; mais il faut 400 arbres pour stocker les 4 tonnes de carbone d'une voiture qui roule 20 000 km/an...

L'arbre prélève et stocke une partie des particules polluantes du sol et de l'air ; son feuillage capte les poussières atmosphériques. Un arbre adulte capterait 20 kg de poussières/an. Les arbres de Chicago capteraient 6145 tonnes de polluants atmosphériques par an.

Constitue des habitats naturels pour la faune et la flore

L'arbre offre des habitats naturels pour la faune et la flore, mais également de la nourriture. Le nectar de certaines floraisons nourrit les insectes pollinisateurs tandis que les fruits, même les plus communs, attirent toutes sortes d'animaux. Certains arbres et arbustes fructifient en hiver, assurant une source de nourriture en période de disette.

Préserve les sols et la qualité de l'eau

Le système racinaire et la litière des feuilles structurent et aèrent le sol ; ils favorisent ainsi l'infiltration des eaux et limitent les risques d'érosion et d'inondation. L'arbre stabilise le sol en prévenant les glissements de terrain et les coulées de boue.

La surface de racines d'un chêne adulte de 10 à 15 m de diamètre de houppier occupe au moins la surface projetée de ce houppier, soit 100 à 200 m². Pour un cèdre bien développé, de 15 à 25 m de diamètre, cette surface d'exploration racinaire est de 200 à 600m².

Fonctions paysagères et sociales :

Un élément essentiel du paysage urbain et du cadre de vie

L'arbre urbain est investi d'une fonction esthétique majeure car il structure le paysage et fournit des clefs de lecture et de repérage. Il fait prendre conscience des volumes, distances, hauteurs et des perspectives.

Fonctions patrimoniales et culturelles

De par sa longévité, l'arbre témoigne de l'identité historique et culturelle de la ville.

Un vecteur d'interactions sociales

La présence d'arbres en ville, notamment au sein des parcs et des espaces verts dont ils constituent un élément phare, est favorable à la création de lien social et à l'accueil d'activités variées (halte à l'ombre des arbres, cueillette, etc.).

Les bienfaits sur la santé mentale

Un environnement arboré riche et diversifié a des effets apaisants reconnus. Certaines recherches avancent qu'il existe une relation de cause à effet entre la présence du végétal en ville sous différentes formes et la réduction du stress, la baisse de l'asthme, la baisse de l'obésité ou encore la réduction du temps nécessaire à la convalescence.



Activités pédagogiques

Les activités suivantes permettent de prolonger la découverte de L'arbre qui chante par l'observation, l'expérimentation et l'échange. Elles invitent les participants à écouter, explorer et mieux comprendre les relations entre les plantes, la technologie et le monde vivant.

Activité 1 : Écoutez un arbre

Une minute de silence autour de l'arbre.

Questions :

- Qu'entendez-vous ?
- Quels sons viennent de la nature ?
- Quels sons viennent de la ville ?

Activité 2 : Cartographier le vivant

Demander aux participants de repérer autour de l'arbre :

- insectes
- mousse
- oiseaux
- champignons
- autres plantes

L'arbre est-il seul ou entouré d'un écosystème ?

Activité 3 : Faire chanter différentes plantes

Comparer :

- une plante d'intérieur
- une herbe
- un arbuste
- un arbre

Les sons changent-ils ?

Activité 4 : Hypothèses scientifiques

Les participants imaginent :

Qu'est-ce qui pourrait modifier l'activité électrique d'une plante ?

Puis ils testent.

Ressources

Biologie et écologie

Biologie (Neil Campbell & Jane Reece) : Un manuel de référence pour comprendre les grands principes du vivant, de la cellule aux écosystèmes. Clair et illustré, il offre des bases solides en biologie.

Éloge de la plante (Francis Hallé) : Francis Hallé était un botaniste de renommée mondiale. Ce livre est un plaidoyer pour une vision de l'arbre comme un être vivant radicalement différent de l'animal.

Jamais seul (Marc-André Selosse) : Ce livre est essentiel pour comprendre les symbioses (microbes, champignons). Il explique avec une grande clarté comment les arbres vivent grâce à leurs racines et aux réseaux souterrains, sans tomber dans le mysticisme ou l'anthropomorphisme.

Médiation et identification

Le Guide Delachaux des arbres d'Europe (Owen Johnson et David More) : La référence absolue pour l'identification. Ses illustrations détaillées permettent de distinguer les différentes espèces de chênes.

L'herbier sauvage (Maurice Maggi) : Une approche visuelle et urbaine de la flore. Ce livre aide à porter un regard esthétique sur les plantes qui poussent dans les interstices des villes.

Éveiller les enfants à la nature (Sarah Wauquiez) : Un guide pratique pour les éducateurs. Il propose des méthodes concrètes pour transformer une sortie à l'extérieur en une expérience d'apprentissage.

Ressources Numériques

Pl@ntNet : En photographiant une feuille ou une fleur, l'intelligence artificielle vous aide à identifier l'espèce. Très ludique avec les enfants.

Tela Botanica : Le portail de la botanique francophone. Vous y trouverez des fiches techniques complètes, des cartes de répartition et des photos pour chaque plante.

Remonter le temps - IGN : Site permettant de comparer des photos aériennes actuelles avec celles du siècle dernier. Indispensable pour voir l'évolution du quartier.

Vigie-Nature - MNHN : Un programme du Muséum national d'Histoire naturelle. Il propose des protocoles simples pour compter la biodiversité autour de l'arbre.

Documentation

<https://electricityforprogress.com> : Site internet de Sam Cusumano, auteur à l'initiative du projet open source sur la musique des plante.

<https://github.com/crocs/MidiFlower> : Répertoire de dépôt du code MidiFlower, programme utilisé dans le dispositif de l'Arbre qui chante, réalisé par Stéphane Gaudin.

https://wikifab.org/wiki/Capteur_BioData_pour_ESP32 : Page de la documentation du capteur utilisé dans le dispositif de l'Arbre qui chante.

<https://climatechangelab.org/sylvestre-orchestre> : Page du projet Sylvestre Orchestre de l'association Climate Change Lab, qui porte le projet de musique des plantes sur le site des Halles en Commun.

Crédits

Quentin Orhant - Rédaction, illustration et mise en page

Emmanuel Eigenschenck - BET Aubépine - Conseils, contributions et relecture

Marie Vallée - Relecture

Hugues Aubin - CC Lab - Relecture

Licence

Ce document est sous licence CC BY-SA 4.0 - Attribution - Partage dans les mêmes conditions - 4.0 - International (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>)

L'arbre qui chante

Les Halles en Commun
24 avenue Jules Maniez
35000 Rennes



Infos et visites sur site

marine.kunstmann@territoires-rennes.fr