



Arbres Connectés

Un outil au service de la sécurité et de la durabilité

Arbres Connectés est un **système unique**, opérationnel et non-intrusif. Il permet de connaître, en permanence et à distance, la **vitalité** et la **statique** des arbres. Ce dispositif singulier procure ainsi plusieurs avantages : il permet par exemple une réduction de la prise de risques en termes de survenance d'accidents, une aide à la prise de responsabilité et l'anticipation des soins aux arbres. C'est une opportunité d'améliorer le cadre de vie des habitants, de valoriser les bienfaits environnementaux du patrimoine arboré et ainsi de répondre aux objectifs de durabilité de l'Agenda 2030. Pour un prix équitable, ce système de monitoring des arbres développé en Suisse donne une restitution personnalisée sur écran et en direct.

Destinataire	Cantons – Villes – Comunes
Auteur	Arbres Connectés - SA en constitution Champ-Belluet 26 1807 Blonay +41 79 626 11 77
Sensibilité	Informations publiques
Date	10 avril 2024
Validité de l'offre	2024

Arbres Connectés	1
1. Introduction	1
2. Situation : compréhension de vos besoins	2
3. Proposition : une réponse aux enjeux actuels	2
4. Fonctionnement	5
Équipement des arbres	5
Mesures	5
Services et possibilités	5
Suivi sur les arbres	5
Énergie et Durabilité	5
5. Données et alerte	6
Télécommunication	6
Alertes et alarmes	6
Restitution des mesures et des résultats	6
Emplacement des arbres / emplacement des données	6
Propriété et protection des données	6
6. Votre investissement	7
Propriété de l'appareil	7
Exploitation	7
Durée du contrat de service et garantie	7
Conseils – Formations – Expertises	7
Tarifs des précommandes	7
7. Retour sur investissement	8
Protection de la population	8
Réduction des coûts	8
Agenda 2030	8
8. Axes de recherches	9
9. Conditions générales	10
10. Confirmation de précommande	11
11. Les grands arbres : un risque pour les citoyens	12
12. Exemple Dashboard	13
13. Explication d'application	14
Vitalité	14
Statique	17
14. Planche photographique	20
15. Références du projet dans les médias	22



1. Introduction



Chère Madame, Cher Monsieur,

Vous avez désormais la possibilité de [surveiller la sécurité et la santé des arbres 24h/24](#), tant sur le plan de leur statique que de leur vitalité, avec visualisation en direct sur smartphone et une option pour recevoir des alertes actives.

En effet, le [déploiement à grande échelle a démontré le bon fonctionnement du système](#). Les appareils suivent l'évolution de la vitalité et les mouvements des arbres. Les données récoltées automatiquement sont transmises au serveur en direct, puis monitorées avec un algorithme. Les résultats sont délivrés sur une application web sous la forme d'un Dashboard convivial et intuitif.

La conférence scientifique du 30 novembre dernier à [HEPIA](#), la Haute école du paysage, d'ingénierie et d'architecture de la HES-SO Genève, a [validé la réussite du projet](#).

Cette solution novatrice ouvre la voie vers une [nouvelle approche des arbres](#), plus inclusive en termes de [compréhension](#), ainsi qu'en matière de [gestion des risques](#).

Le présent document vous présente les principales informations relatives au sujet du système Arbres Connectés et le site internet www.arbres-connectés.ch vous renseigne plus en détail sur les bienfaits et les bénéfices du service, ainsi que sur le projet et la recherche en elle-même.

Bien évidemment nous demeurons à votre écoute et restons à votre entière disposition pour tout complément d'information.

Nous vous souhaitons une bonne prise de connaissance de cette présentation et vous présentons, Chère Madame, Cher Monsieur, nos salutations les plus cordiales.

Stéphane Krebs
Maître paysagiste
Expert en grands arbres



2. Situation : compréhension de vos besoins

Il vous tient à cœur d'assurer la **bonne santé** de vos arbres, de les aider dans leur développement et de **rallonger leur espérance de vie**, afin de notamment **lutter** contre les îlots de chaleur et rafraichir l'atmosphère, ainsi que, bien évidemment, **embellir** les parcs et les jardins.

Vous souhaitez également **sécuriser vos arbres** pour **éviter des accidents**, des **dommages corporels** et des **dégâts matériels**, ainsi que pour **diminuer votre prise de risque** en qualité de propriétaire d'arbres.

Il vous plaît aussi de mesurer les bienfaits des arbres en lien avec les **objectifs de développement durable** de **l'Agenda 2030** (Bonne santé et bien-être, industrie, innovation et infrastructure, villes et communautés durables, mesures relatives à la lutte contre les changements climatiques, vie terrestre, etc.).

3. Proposition : une réponse aux enjeux actuels

Notre **proposition d'équipement** de vos arbres s'est construite autour des exigences exprimées à l'occasion des différents entretiens avec les villes et communes partenaires du déploiement. Arbres connectés cherche donc à **répondre** autant vos **besoins** et qu'aux **attentes** de la collectivité.

En effet, surveiller, en permanence (24h/24), la santé de vos arbres permet notamment de :

- 1) **Suivre** sur le long terme leur santé afin de prédire leur stabilité et leur vitalité, ainsi qu'alerter pour mieux protéger.
- 2) **Mesurer** dans le temps la vitalité de vos arbres pour avoir la possibilité de poser un diagnostic précoce, faciliter la prise de décision et anticiper les soins.
- 3) **Augmenter** l'espérance de vie des arbres afin de profiter plus longtemps de leurs bienfaits.
- 4) **Accroître** la surface de canopée des arbres en toute sécurité pour mieux rafraichir les villes et fixer plus de CO₂.
- 5) **Optimiser** et rationaliser les tâches, et par conséquent économiser des ressources, du temps, des déplacements et de l'énergie.

Grâce à la **réussite** du projet, vous pouvez bénéficier du fruit de la **recherche** issu du partenariat public-privé entre **HEPIA** la Haute école du paysage, d'ingénierie et d'architecture de la HES-SO Genève et **Krebs paysagistes SA**, spécialiste des arbres, des jardins et de la biodiversité depuis 4 générations. Ainsi qu'indirectement du soutien financier **d'Innosuisse** en faveur du programme de recherche Arbres connectés.

Notre **système non-intrusif** répond aux standards éthiques de respect des arbres et offre des solutions aux enjeux que représentent les nouvelles **législations** en matière de protection du patrimoine naturel, paysager et arboré (LPrPNP). Ce dispositif s'intègre également très bien aux différents **objectifs** climatiques et environnementaux actuels.



Par exemple, le plan climat du canton de Vaud (PCV) repose sur trois axes stratégiques : réduire, s'adapter et documenter¹.



Réduire
les émissions de gaz
à effet de serre



S'adapter
aux changements
climatiques



Documenter
les changements
climatiques

Le dispositif Arbres connectés est un **outil intelligent** permettant de développer concrètement sa stratégie environnementale et climatique. Il offre plusieurs opportunités (non exhaustives) :

- 1) **Réduire** : garder en permanence un œil sur la vitalité et la statique de ses arbres est un moyen de s'assurer de leur bon développement. En grandissant, les arbres captent du CO₂, ils participent ainsi à l'effort de réduction d'émission de gaz à effet de serre (GES).
- 2) **S'adapter** : face à l'augmentation des facteurs de stress (manque d'eau, sécheresse, tempête, etc.) due au changement climatique, le système des Arbres connectés est un bon moyen de mieux comprendre pour mieux s'adapter. Il permet non seulement de protéger la population en minimisant les risques de chute, mais il permet également de renforcer la protection de l'arbre en lui-même.
- 3) **Documenter** : grâce à la multitude de données récoltées par le capteur, vous avez accès à des données inédites. Il est possible de mieux déchiffrer et documenter les changements climatiques. C'est un moyen facile et efficace pour analyser l'impact de l'évolution de notre climat sur le territoire. Ces analyses peuvent ensuite servir à la sensibilité et informer la population.

Toujours dans le prolongement des politiques publiques, la **nouvelle loi** sur la protection du patrimoine naturel et paysager (LPrPNP) prévoit la création d'un inventaire des arbres remarquables (âge, circonférence, intérêt dendrologique, valeur paysagère, historique ou culturelle sont remarquables).

L'objectif de ce recensement est de **renforcer** la protection de ces arbres, car ils possèdent une multitude de **valeurs** sociales, historiques et écologiques. Outre la protection, cet inventaire a également pour but de **sensibiliser** les habitants à la préservation de ce patrimoine remarquable et de **centraliser** les données relatives à ces arbres.

Le dispositif Arbres connectés s'intègre parfaitement à un tel politique. Il permet non seulement de **s'assurer** de la bonne santé des arbres et de **comprendre** leur réaction à l'évolution de leur environnement, mais également de **récolter** des données et de sensibiliser la population. C'est une action concrète et facilement communicable.

¹ Plan disponible à l'adresse : <https://www.vd.ch/environnement/climat/plan-climat-vaudois#c2092614>



La mise en service à grande échelle du système a également pour ambition de créer un **réseau** d'acteurs larges permettant de récolter des données et de **s'engager** en faveur d'une plus grande **protection** de la population et de la biodiversité de nos territoires. Dans cette optique, nous avons déjà acquis un réseau de partenaires importants dans les premiers pas du déploiement à grande échelle :



Comme le préconise le PCV, une **surveillance** active et une **adaptation** de la gestion des milieux et des ressources naturelles sont nécessaires afin de préserver le mieux possible les services écosystémiques (atténuation des îlots de chaleur, bien-être de population, maintien des sols, etc.)

Le système que nous proposons est un **outil adapté** aux enjeux actuels et collaborer avec l'équipe des Arbres connectés est une opportunité pour les communes, le canton, les entreprises et l'ensemble de la Suisse de capitaliser sur son **image d'innovation** et de **savoir-faire local**. Cela permet de créer des territoires plus **résilients** et **dynamiques**, sachant faire face aux changements dans une transition vers la **durabilité**.

Finalement, le dispositif que nous vous proposons permet de répondre aux enjeux environnementaux contemporains tous en améliorant la qualité de vie des citoyens et les conditions de travail des gestionnaires des arbres. Ce dernier élément est important, ce dispositif n'a pas pour objectif de remplacer certaines fonctions dans la gestion des arbres. Il vise plutôt à fournir un outil supplémentaire dans l'arsenal des gestionnaires.

-  Non intrusif /Non invasif (rien ne pénètre dans le bois de l'arbre).
-  Système de fixation extensible s'adaptant à la croissance du tronc.
-  Autonomes énergétiquement grâce à un panneau photovoltaïque.
-  Sans usage de champs RF haute fréquence type 2/3/4/5G, wifi, Bluetooth, etc...
-  Dispositif inactif électroniquement en dehors des mesures.
-  Pas d'obsolescence programmée.



4. Fonctionnement

Équipement des arbres

L'équipement des arbres est **simple** et s'effectue directement par les propriétaires des arbres, leurs collaborateurs ou leur mandataire spécialisé en grands arbres, selon les directives d'installation fournies avec l'appareil. Le service technique de la société effectue l'installation sur demande.

Mesures

La **vitalité** est mesurée au moyen du processus NDVI, respectivement de la qualité et de l'intensité de l'activité de la photosynthèse, l'indicateur le plus complet en matière de processus physiologiques et de fonctions biologiques des arbres.

La **statique** est mesurée au moyen d'une plateforme inertielle et d'un inclinomètre, qui suivent les mouvements de l'arbre.

Services et possibilités

Le dispositif donne accès à une multitude de données qui permettent de prendre des **actions ciblées** et **adaptées** aux besoins spécifiques. Il permet par exemple de :

- 1) **Suivre** en permanence l'évolution de la santé, de la vitalité et de la stabilité.
- 2) **Percevoir** en direct des micromouvements
- 3) **Détecter** de manière précoce l'attaque d'une maladie, d'un champignon et d'un parasite, ou encore des stress hydrique ou thermique.
- 4) **Faire** des analyses prédictives de la santé des arbres pour anticiper les soins (optimisation de l'arrosage et du taillage par exemple)
- 5) **Communiquer** en ligne de la santé des arbres (collectivités publiques, hôtels, sociétés, etc.)
- 6) **Accompagner** les arbres remarquables, les arbres à proximité de travaux, les arbres in-abattables, les arbres protégés, etc.
- 7) **Évaluer** des mesures prises en faveur des arbres, notamment en matière d'entretien, de protection et d'accompagnement.
- 8) **Récolter** des données en vue de l'établissement du rapport de durabilité des sociétés (RSE – ESG)

Suivi sur les arbres

Hormis la taille de la végétation à proximité directe, l'éventuel nettoyage et le suivi in situ, l'appareil ne demande **pas d'entretien**.

Énergie et Durabilité

L'appareil est **autonome énergétiquement**. De plus, il est assemblé en Suisse avec des composants provenant à la fois d'Europe et, dans la mesure de stricte nécessité, d'Asie. Au terme de leur vie, les appareils sont retournés à la société en vue de leur démontage et **recyclage**.



5. Données et alerte

Télécommunication

La transmission des données s'effectue au travers du [réseau LoRa](#) à faibles niveaux d'émissions, largement répandu en milieu bâti. Le cas échéant, des antennes discrètes complémentaires sont aisément installables par les entreprises spécialisées.

Alertes et alarmes

Un [système d'alertes](#) et d'alarmes est [configurable](#) par l'utilisateur selon des paramètres spécifiques à chaque arbre.

Restitution des mesures et des résultats

La visualisation des résultats s'effectue à [distance](#) sur ordinateur ou Smartphone au travers d'un portail et d'une [plateforme](#) web conviviale et intuitive. Les données sont présentées sous la forme de différents graphiques explicites et d'autres visuels spécifiques pour une compréhension aisée.

Il existe [différents modèles](#) de support. Le support standard de niveau 1 (réponse au client, difficulté à s'inscrire ou utiliser l'application, demandes particulières, demandes de support ou reports d'erreur).

Il existe également des propositions complémentaires de support de maintenance et de contrat de réactivité selon 2 modèles :

- 1) Extra Standard : Support par ticketing – Support inclus – Réactivité à 5 jours ouvrables
- 2) Extra Premium : Support par téléphone ou ticketing – Support inclus – Réactivité à 2 jours ouvrables – Checkup annuel

Emplacement des arbres / emplacement des données

Les arbres doivent être situés sur territoire suisse. Les données sont exploitées et stockées en [suisse](#) sur des serveurs hébergés dans des Datacenter certifiés conformes à des normes strictes en matière d'environnement et de gestion énergétique : SOC 1 Type II / SOC 2 Type II / ISO 27011 / ISO 45001 / ISO 22301 / ISO 50001 / ISO 14001 / ISO 9001:2015. Une copie des données est également assurée grâce à un Datacenter privé, localisé également en Suisse.

Propriété et protection des données

Les données récoltées dans le cadre du service Arbres Connectés sont des données techniques donc liées à des arbres et ne sont, dès lors, en principe, pas soumises à la loi sur la protection des données personnelles.

Les données appartiennent à la fois aux propriétaires des arbres et à la société. La société a le droit d'octroyer l'accès aux données à ses partenaires de recherche et fournisseurs de prestations.

L'accès, l'usage et l'exploitation aux données peuvent être accordés à des tiers par les propriétaires des arbres moyennant accord préalable de la société.



6. Votre investissement

Propriété de l'appareil

L'appareil est vendu. L'acheteur acquiert la propriété matérielle, à l'exclusion de la propriété intellectuelle et des technologies brevetées. La reprise et le recyclage des appareils, en fin de vie, sont assurés par la société.

Exploitation

Un abonnement portant sur les services d'exploitations est conclu avec la société lors de l'acquisition des appareils pour une durée de 5 ans, renouvelable d'année en année.

Le service d'exploitation inclut la gestion des procédures d'initialisation et d'activation de l'appareil, le système de communication, le traitement des données, leurs analyses et leurs restitutions, l'infrastructure du système d'information et du stockage des données, ainsi que le support utilisateur standard de niveau 1.

Durée du contrat de service et garantie

5 ans à compter de l'achat des appareils, puis reconductible tacitement d'année en année. Les garanties sont celles usuellement appliquées selon le droit suisse et répondent aux différentes législations applicables en vigueur.

Conseils – Formations – Expertises

Sur demande, nous vous accompagnons volontiers dans l'utilisation du système Arbres Connectés et du suivi de vos arbres, l'interprétation des données, le traitement des alarmes, l'expertise des résultats et le conseil, ainsi que pour toute autre demande.

Tarifs des précommandes

Les Tarifs HT de précommande sont susceptibles d'adaptations lors de la confirmation de commande, calculés sur la base d'offres de fournisseurs de matériel et de services, sous réserve de l'évolution des prix, notamment de composants électroniques, du transport et de la main-d'œuvre. En outre, les tarifs d'abonnement sont soumis à l'indexation des prix selon l'Indice des prix à la consommation (IPC), ainsi qu'à toute augmentation spécifique des services et fourniture.

Particuliers						
	Achat	Abonnement annuel (Transmission, analyse et restitution des données)				
	Par appareil	1 ^{ère} année	2 ^{ème} année	3 ^{ème} année	4 ^{ème} année	5 ^{ème} année
	La pièce	La pièce	La pièce	La pièce	La pièce	La pièce
	CHF HT	CHF HT	CHF HT	CHF HT	CHF HT	CHF HT
de 1 à 4 appareils (tarif incompressible)	1'950.00	936.00	936.00	936.00	936.00	936.00
Dès 5 appareils (tarif incompressible)	1'800.00	864.00	864.00	864.00	864.00	864.00



Collectivités publiques – Cantons – Villes – Communes						
	Achat	Abonnement annuel (Transmission, analyse et restitution des données)				
	Par appareil	1 ^{ère} année	2 ^{ème} année	3 ^{ème} année	4 ^{ème} année	5 ^{ème} année
	La pièce	La pièce	La pièce	La pièce	La pièce	La pièce
	CHF HT	CHF HT	CHF HT	CHF HT	CHF HT	CHF HT
de 1 à 4 appareils (tarif incompressible)	1'800.00	864.00	864.00	864.00	864.00	864.00
Dès 5 appareils (tarif incompressible)	1'650.00	792.00	792.00	792.00	792.00	792.00

7. Retour sur investissement

Protection de la population

Le retour sur investissement est **maximal** à chaque accident qui peut être évité (dommages, réparations, frais de guérison, frais juridiques, indemnisations, etc.).

Réduction des coûts

L'anticipation des soins, de l'entretien et le report au maximum du remplacement des grands arbres permettent de **réduire** les coûts à court et à long terme.

Des recherches ont aussi révélé l'important rendement pécunier des arbres : pour chaque franc consacré à leur entretien, les arbres génèrent chaque année des bienfaits allant de 1,88 à 12,70 francs, selon la ville².

Dans une étude réalisée pour la Commission européenne³, on estime qu'au milieu du siècle la perte de biodiversité provoquée par les activités humaines génèrera des coûts annuels équivalents à 7% du PIB mondial.

Agenda 2030

Surveiller ses arbres 24/24h possède également des avantages politiques indéniables ; c'est une opportunité d'apporter une réponse précise, concrète et mesurable aux politiques environnementales et aux objectifs 2030 de développement durable.

ODD 2030	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	Pas de pauvreté	Faim zéro	Santé - Bien-être	Éducation	Égalité des sexes	Eau propre	Énergie propre	Croissance économique	Industrie innovation	Inégalités réduites	Villes durables	Consommation durable	Changements climatiques	Vie aquatique	Vie terrestre	Paix - Justice	Partenariat ODD
Cibles atteintes	1.5	2.3 2.4	3.9			6.6	Bois	8.2 8.3	9.1 9.2 9.5		11.6 11.6 11.7 11.9		13.1 13.3		15.1 15.3 15.6		
	Impact direct avec n° du sous-objectif							Contribution indirecte									

2 https://www.td.com/francais/document/PDF/economics/special/UrbanForestsInCanadianCities_FR.pdf

3 Braat L. et ten Brink P. (2008) – The cost of policy inaction: The case of not meeting the 2010 biodiversity target. Information évoquée dans le PCV : <https://www.vd.ch/environnement/climat/plan-climat-vaudois#c2092614>



8. Axes de recherches

Grâce à la grande quantité de **données récoltées** par le dispositif, il est possible de développer une multitude de **recherches scientifiques** afin non seulement de mieux **comprendre** les arbres et leur fonctionnement, mais également l'influence du changement climatique sur leur santé. Soutenir la recherche est un élément fondamental pour **s'adapter** et créer des territoires plus **résilients**.

La recherche en villes

Au niveau des arbres en villes, il est possible de mieux comprendre (non exhaustif) :

- 1) **L'influence** de la pollution atmosphérique sur la santé et la stabilité des arbres
- 2) La **réponse** des arbres aux stress hydrique et thermique
- 3) **L'influence** de l'arrosage (temporalité et quantité) sur la santé de l'arbre
- 4) La **pertinence** du choix des essences d'arbres

La recherche en forêt

Il est également possible de faire de la recherche dans les milieux forestiers afin de mieux comprendre (non exhaustif) :

- 1) **L'état** de santé global de nos forêts
- 2) **L'influence** des pollutions sur la santé de nos forêts
- 3) **L'évolution** de la limite des arbres
- 4) **L'influence** du changement climatique sur la stabilité des sols

L'ensemble de ces recherches représentent un **enjeu crucial** des politiques environnementales actuelles. Elles permettent non seulement **d'améliorer la compréhension** que nous avons de notre environnement, mais également de prendre les **mesures** les plus **efficaces** et **adéquates** pour répondre aux problèmes actuels.

Notre dispositif est un moyen d'accroître le **rayonnement scientifique** de la **Suisse** et de nous inscrire durablement comme des **précurseurs** en matière de **recherche environnementale**.

Exemple de l'arbre qui prédit le temps ?



9. Conditions générales

Les contrats de vente et d'exploitation ainsi que le manuel d'utilisation seront rédigés une fois la quantité minimale d'arbres à équiper initialement soit atteinte.

Veillez noter que les éléments décrits dans cette proposition sont basés sur nos estimations actuelles et sont sujets à des ajustements en fonction de l'évolution de notre phase de lancement. Nous nous engageons à maintenir une communication ouverte et transparente à chaque étape pour vous tenir informé des éventuelles évolutions.

Lorsque le seuil de 500 précommandes sera atteint, le client s'engage, de manière ferme et inconditionnelle, à se porter acquéreur du nombre d'appareils et d'abonnements liés aux appareils mentionnés dans le document intitulé confirmation de précommande auprès de la société.

Cet engagement, portant sur les appareils et les services, sera reflété dans un contrat établi par la société et qui reprendra les termes de la présente offre, sous réserve d'un ajustement de prix qui ne sauraient toutefois dépasser 20% du montant total de l'engagement. Bien évidemment, notre intention reste d'offrir les prix les plus bas possibles afin d'équiper le plus grand nombre d'arbres. Le contrat devra être signé dans les 15 jours à compter de la confirmation écrite, par la société au client, de l'atteinte du seuil minimal de précommandes.

Validité de cette offre : 31 décembre 2024

For juridique du contrat : Canton de Vaud, commune à préciser.

Le droit suisse est applicable.

Conditions de paiement

Paiement net.

Appareil : Payable à 15 jours à compter de la signature du Contrat.

Abonnement annuel

d'une durée minimale de 5 ans : En cours d'année, à la livraison au prorata du solde de l'année, puis en début d'année civile, payable à 15 jours.

Autres prestations : Sur demande d'acompte et facture, payable à 15 jours.

Après échéance, intérêt de retard : 5% annuel.

Nous vous remercions de l'intérêt que vous porterez à notre offre et nous demeurons volontiers à votre disposition pour tout renseignement complémentaire.

Avec nos salutations les plus cordiales.

Arbres Connectés
SA en constitution

Stéphane Krebs
Maître paysagiste
Expert en grands arbres



10. Confirmation de précommande

Le client admet avoir pris connaissance de l'offre détaillée, des tarifs et des conditions commerciales applicables se trouvant sur le site internet, qu'il approuve par sa signature :

Nom de l'institution / la raison sociale	
Nom	
Prénom	
Rue et numéro	
Code postal	
Localité	
Téléphone fixe	
Téléphone portable	
Adresse électronique	
Adresse de facturation	

Commande d'appareil

Quantité	Nbr Pièces	Appareil Arbres connectés avec 5ans d'abonnement
----------	------------	--

L'engagement de cette précommande est valable au maximum jusqu'au 31 décembre 2026

Lieu et date :

Noms et prénom :

Fonctions :

Signature :



11. Les grands arbres : un risque pour les citadins

On compte plus de 500 000 arbres de villes en Suisse romande, dont environ 40 000 à Genève et près de 80 000 à Lausanne.

Bien que **plébiscités** par tous, les grands arbres urbains sont depuis toujours source de **risque** pour les habitants des villes. Chaque année, des enfants, adolescents et adultes, échappent de peu, sont blessés ou meurent en Suisse à la suite de chutes d'arbres en ville ou en forêt périurbaine.

Ces **accidents graves** ont lieu, car il n'existe pas, à ce jour, d'outil permettant de connaître à chaque instant la santé ou la statique d'un grand arbre. Il n'existe pas non plus de dispositif de mesure du risque encouru par les citations, limitant les interventions des propriétaires pour prévenir les accidents corporels et matériels.

De plus, **l'impact** du réchauffement climatique sur les arbres augmente les risques : les aléas climatiques plus intenses et plus fréquents affaiblissent la santé et la statique des arbres (sécheresses, inondations, etc.) Ils augmentent aussi le nombre de parasites, de champignons et de maladies et donc les difficultés pour certaines espèces à se maintenir dans les décennies à venir.

154 victimes de chute d'arbres en ville (hors coupes d'arbres) répertoriée via les médias en Suisse et dans les pays limitrophes depuis l'accident de Vevey en Suisse

Un arbre a chuté et blessé trois adolescentes à Vevey le vendredi 23 juin 2014 (source : RTS, 24/06/2014).



6 mois, l'âge de la dernière victime suisse décédée lors de la chute de branches d'arbre sur sa poussette à Flums (SG).

1 mois, le temps écoulé depuis le dernier article sur la chute d'un arbre remarquable en Suisse.

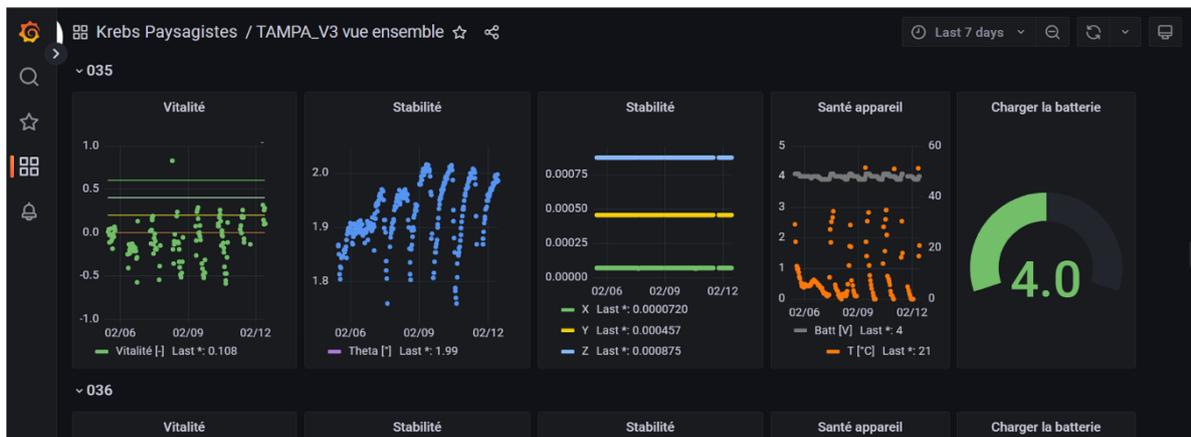
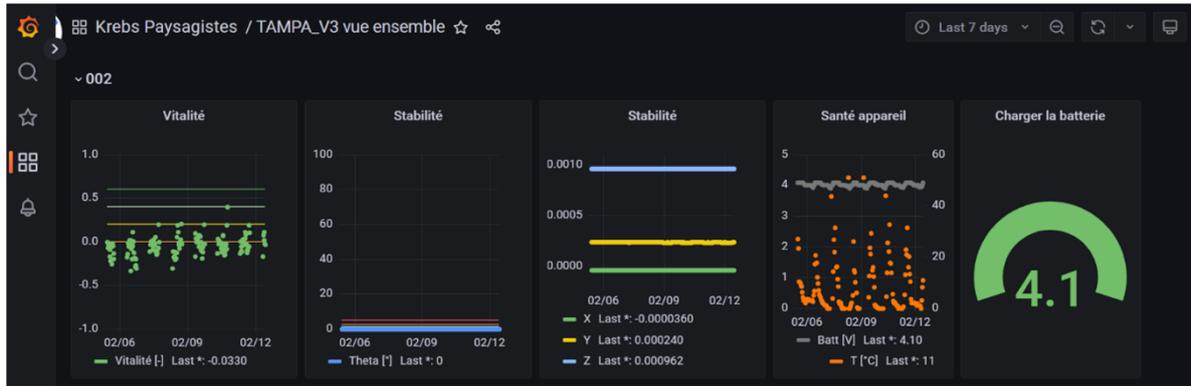
Un arbre centenaire chute à Lausanne. Par chance aux alentours de 2h du matin et n'endommage que la façade de l'immeuble.

« Il était suivi par la copropriété et par des spécialistes tous les deux ans. À notre connaissance, il était en parfaite santé », dit l'administratrice de la PPE.



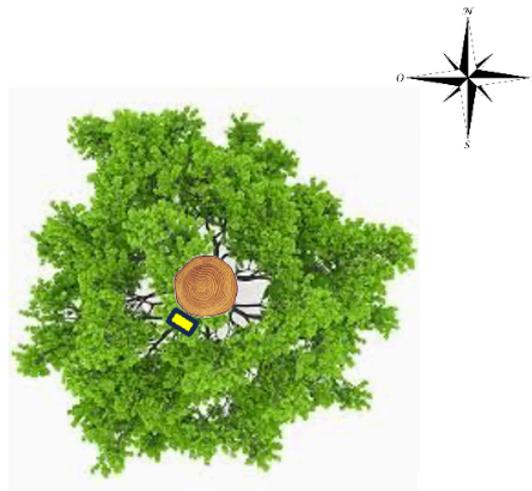


12. Exemple Dashboard





13. Explication d'application



Le capteur (rectangle jaune) est installé sur la face sud-ouest du tronc (rond brun) à 3-4 ml de hauteur. Les données restituées par cette analyse sont celles mesurées depuis l'installation du système fin février 2023 jusqu'à la fin de la même année.

Vitalité

La vitalité est mesurée au moyen du processus NDVI, respectivement de la qualité de l'activité de la photosynthèse, l'indicateur le plus complet en matière de processus physiologiques et de fonctions biologiques des arbres.

Premier exemple



Image 1 : synthèse de la vitalité annuelle

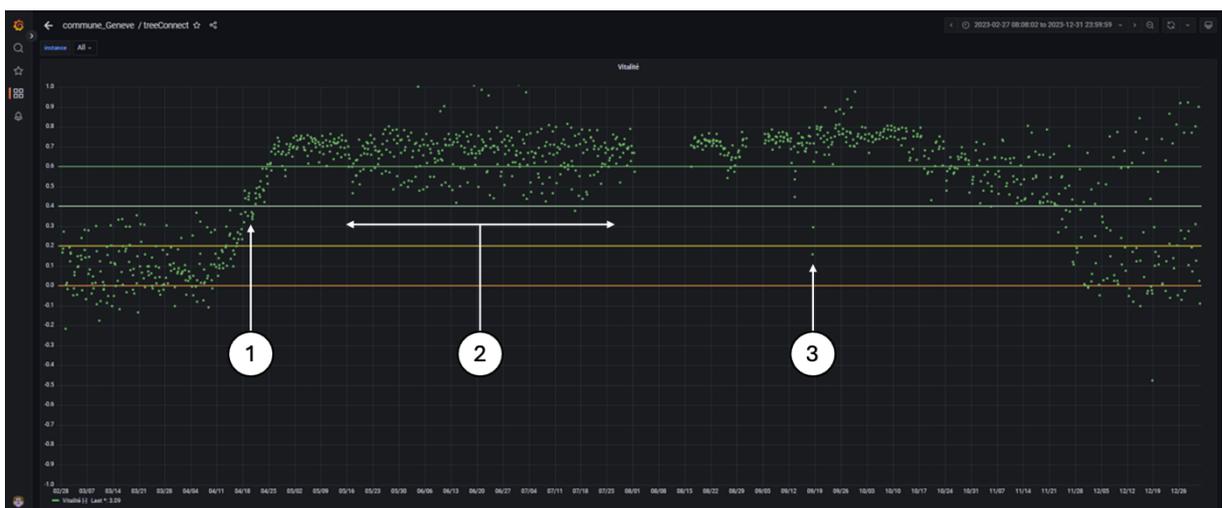


Image 2 : détail avec intensité de la vitalité annuelle



Image 3 : signature journalière (du 7 au 10 juillet 2023, période de canicule et de sécheresse)

Résultat

Dans l'ensemble, la vitalité mesurée exprime des données classiques, c'est-à-dire que l'étude de détail des signatures ne laisse pas apparaître de problèmes d'ordre aigus ou chroniques.

La montée de la sève et le débourrement sont rapides et compacts (point 1- image 2). On observe toutefois une légère dissipation de la vitalité (point 2 – image 2) après la tempête du 17 mai 2023. Celle-ci est explicable par les meurtrissures subies par le feuillage. Elle démontre d'ailleurs l'impact des événements climatiques extrêmes sur la santé d'un arbre.

Le point de chute de la vitalité du 18 septembre 2023 (point 3 – image 2) correspond à la météorologie particulièrement calamiteuse observée ce jour-là : forte couverture nuageuse, 1h 30min d'ensoleillement et 35.6 mm de précipitation.

Mesures pratiques

L'arbre est globalement en bonne santé.

Poursuivre les actions entreprises visant à favoriser l'activité biologique du sol. Le paillage organique, l'activation du sol à l'aide de bio stimulateurs, ainsi que l'apport de fumure biologique et de biochar par épandage et par puits catalytiques sont préconisées.

Suivre la vitalité en lien avec la présence des champignons lignivores de type ganodermes, présents au sud-ouest du tronc.



Second exemple



Petite attaque : le débourrement est plutôt classique et la vitalité est relativement bonne jusqu'à la chute des feuilles à l'automne

Grosse attaque : le débourrement est également classique néanmoins on observe une forte baisse de vitalité au fil des mois. C'est un signe de mauvaise santé de l'arbre.

Sujet résistant à la maladie : débournement classique avec aucune baisse de la vitalité avant la chute des feuilles à l'automne

Troisième exemple



Première plante, la vitalité est bonne et correspond à la courbe de référence.

Seconde plante, on observe que la vitalité est nettement moins élevée et plus irrégulière. Elle exprime une vitalité faible qui peut être liée à une multitude de facteurs.





Statique

Technologie employée

Les mouvements sont mesurés au moyen d'une plateforme inertielle et d'un inclinomètre.

Premier exemple

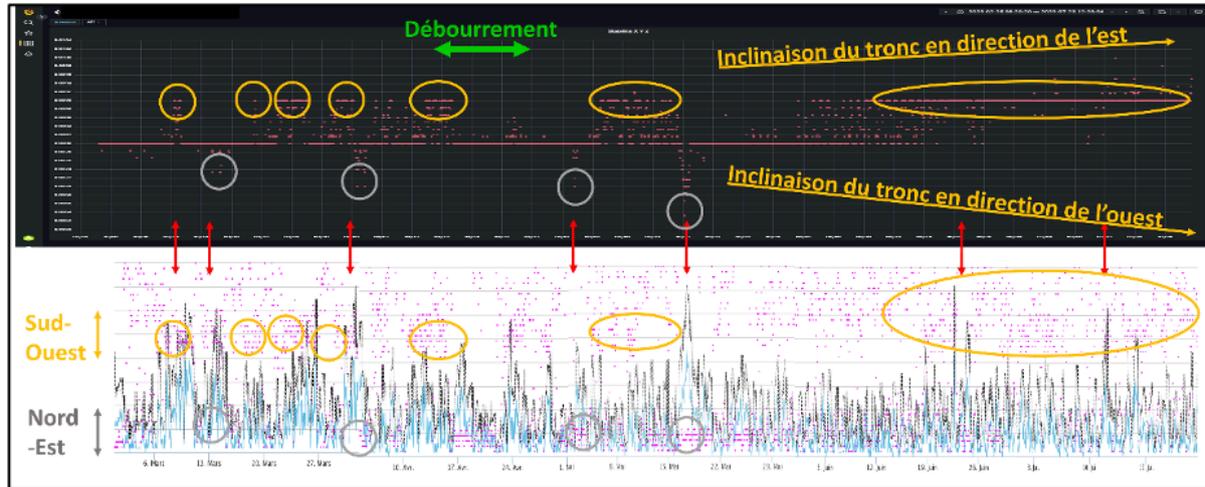


Image 1 : stabilité générale (axe X,Y,Z) en relation avec le vent

L'image du haut montre la **stabilité générale** de l'arbre, c'est-à-dire sur les trois axes X, Y et Z. la ligne rouge représente la statique « normal » et les points plus haut ou plus bas (cercle jaune et gris) représente les mouvements de l'arbre.

L'image du dessous représente les **vents** et les **précipitations**. Les pics noirs correspondent aux rafales de vent, leurs élévations représentant la force des rafales en km/h. Les pics bleus correspondent aux précipitations, leurs hauteurs représentant leurs intensités en m. Les points violets représentent la direction du vent. Cette direction est mesurée en degrés (1 à 360°), indique d'où vient le vent : 0° = Nord / 90° = Est / 180° = Sud / 270° = Ouest. Par exemple, un vent d'ouest (270°) souffle d'ouest en est.

En présence de vents du Nord-Est, le sujet **s'incline** en direction de l'ouest en présentant des pics de flexion dont l'inclinaison est proportionnelle à la force des rafales (cercles en gris).

En présence de vents du Sud-Ouest, on observe que la **flexion** du tronc s'effectue en direction de l'Est. Les pics de flexion sont également proportionnels à la force des rafales (cercles en jaunes).

Le sujet s'incline en direction de l'Est ou de l'Ouest en présentant des pics de flexion dont l'inclinaison est proportionnelle à la force des rafales. Ces **corrélations** montrent le bon fonctionnement du dispositif.



Second exemple



Image 1 : axe x



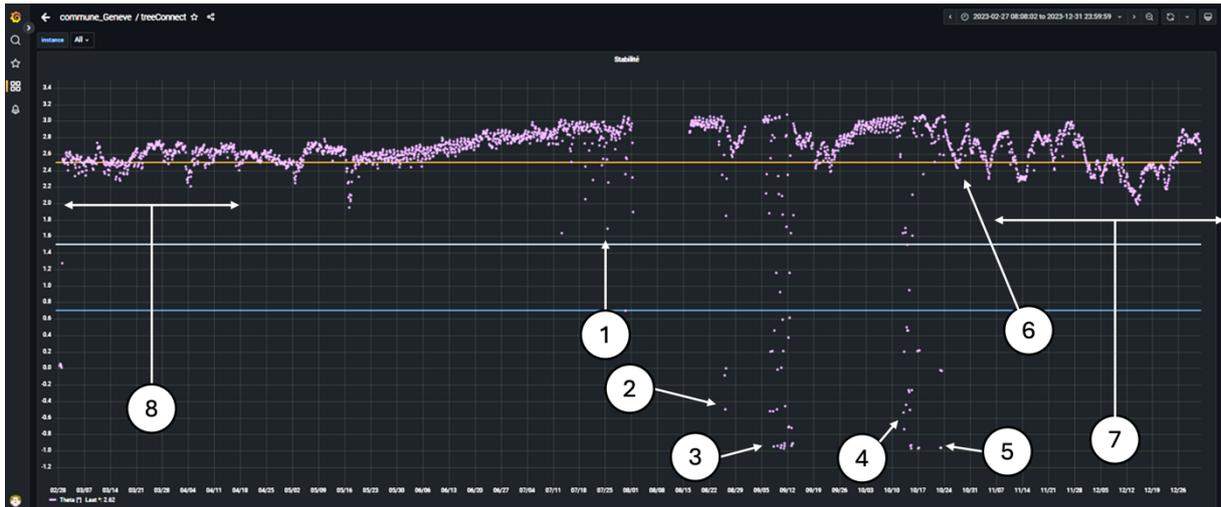
Image 2 : axe y



Image 3 : axe z

Dans cet exemple, l'axe X (Nord-ouest <-> Sud-est) présente une courbe régulière de faible amplitude.

Cependant l'axe Y-Z (Nord-est <-> Sud-ouest) évoque une tendance de l'arbre à s'incliner progressivement en direction du Sud-ouest (courbe verte ascendante et courbe bleu descendante).



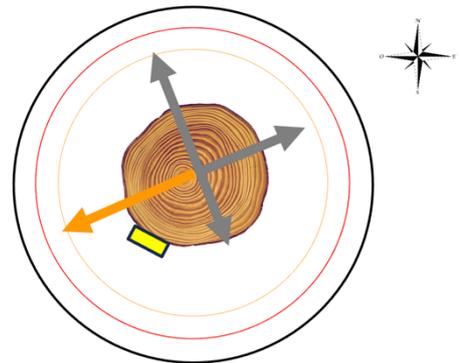
La **valeur Thêta** (algorithme) indique une période d'instabilité à partir de fin juillet (point 1) avec quatre épisodes bien marqués le 26 août (point 2), du 6 au 16 septembre (point 3), du 12 au 17 octobre (point 4) et enfin du 22 au 23 octobre (point 5).

Il doit être relevé que la **re-stabilisation** de la courbe (point 6) correspond à la descente de la sève et à la chute des feuilles, mais qu'elle est plus instable (7) que durant la période de repos de végétation du début de l'année (point 8). Cette amplitude de 3.5 degrés Thêta est relativement importante et fréquente depuis l'été dernier.

La situation de la stabilité du sujet peut être récapitulée par le **pictogramme** ci-contre.

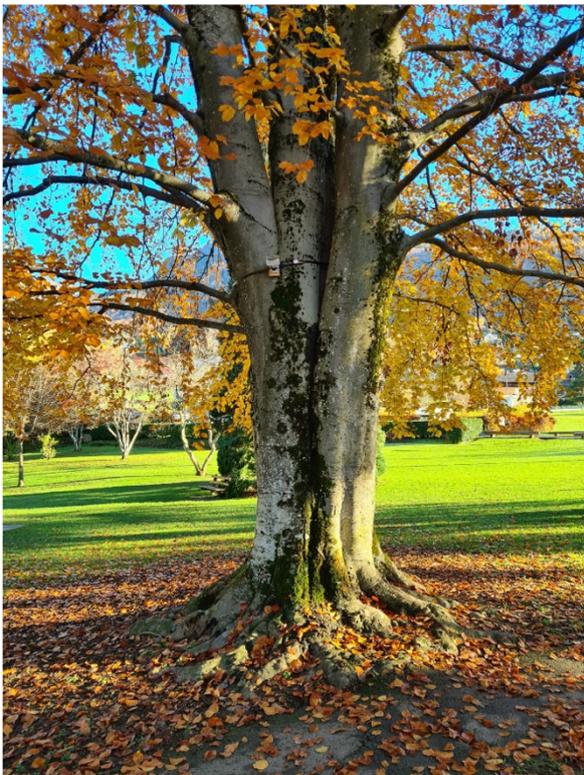
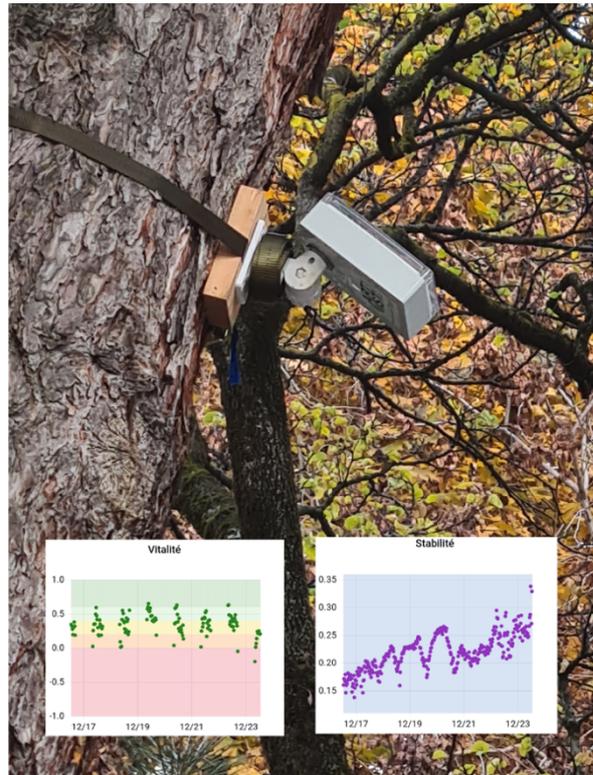
Mesures prophylactiques :

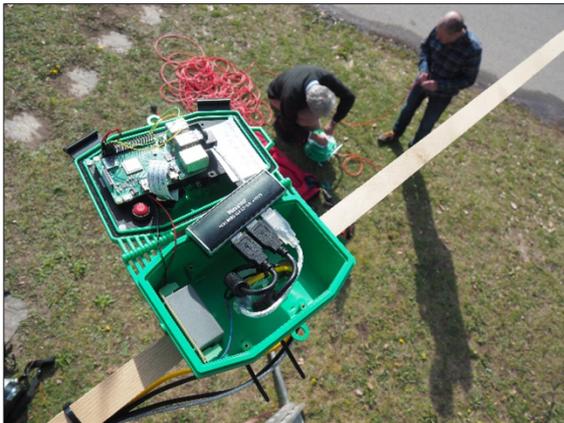
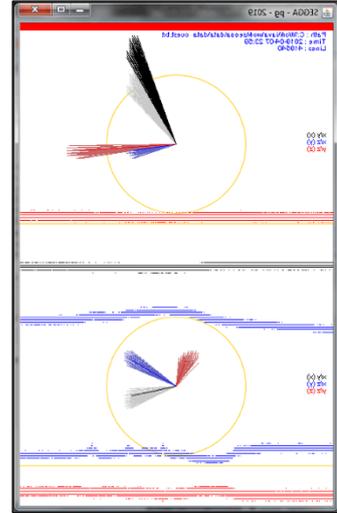
- 1) **Suivre** activement l'évolution de ce sujet et corréliser les données de plusieurs années afin de vérifier la tendance.
- 2) **Éviter** une trop importante prise au vent en offrant une relative perméabilité de couronne au vent (porosité à l'air du houppier).
- 3) **Éviter** les surcharges et réduire les charges, notamment la masse d'eau de pluie ou de neige retenue par le houppier.
- 4) **Réaliser** une taille-douce d'allègement favorisant la porosité à l'air du houppier tous les deux à trois ans en fonction de la croissance de la végétation.
- 5) **Favoriser** l'enracinement du sujet.
- 6) **Prendre** les mesures préventives afin d'éviter tout dommage en cas de survenance de problème d'ordre statique (rupture, zone de chute, périmètre de protection, etc.)





14. Planche photographique







15. Références du projet dans les médias

- **TSR** – Téléjournal 19h30 – 14 décembre 2022 – Janvier 2024 : <https://www.rts.ch/play/tv/redirect/detail/13629527>
- G+ – **Fachmagazin von JardinSuisse** - Janvier 2024 https://xn--arbres-connects-onb.ch/wp-content/uploads/2024/03/gplus_01-2024_12-15_Krebs-SKOK20240304.pdf
- G+ – **Magazine professionnel de JardinSuisse** Côté jardin - 27 novembre 2022 : https://xn--arbres-connects-onb.ch/wp-content/uploads/2024/03/gplus_romandie_02-2023_28-29_arbres_connectes-SKOK20240304.pdf
- Journal **Le Matin Dimanche** - 3 décembre 2023 : <https://xn--arbres-connects-onb.ch/wp-content/uploads/2024/03/article-le-matin-12-2023.jpg>
- Journal **Le Temps** - 30 novembre 2023 : <https://www.letemps.ch/sciences/des-arbres-connectes-pour-etre-mieux-preserves>
- **TSR** – Côté jardin - 27 novembre 2022 <https://www.rts.ch/la-1ere/programmes/monsieur-jardinier/13540383-arbres-connectes-arbres-securises-stephane-krebs-27-11-2022.html?mediaShare=1>
- Journal **24 heures** - 30 novembre 2022 : <https://www.24heures.ch/une-application-surveille-la-sante-des-arbres-178021486564>
- Communiqué de presse **HEPIA** - HES-SO Genève – 22 novembre 2022 : <https://www.hesge.ch/hepia/recherche-developpement/projets-recherche/arbres-connectes-segga>
- Journal **20 minutes** - 28 novembre 2022 : <https://www.20min.ch/fr/story/connecter-les-arbres-pour-les-soigner-et-prevenir-les-chutes-202908020955>
- **TSR** - Le Rencard - 28 novembre 2022 : https://www.rts.ch/info/le-rencard/13580852-geneve-des-arbres-connectes-pour-mieux-les-proteger.html?rts_source=rss_t
- **ICT Journal** - 29 novembre 2022 : <https://www.ictjournal.ch/articles/2022-11-29/quand-les-capteurs-iot-contribuent-a-la-survie-des-arbres-en-milieu-urbain>
- Radio **LFM** - 1er décembre 2022 <https://www.lfm.ch/actualite/suisse/romandie/val-de-aoste/les-arbres-romands-ont-desormais-leur-propre-montre-connectee-vaudoise/>
- **RTS** – 1er décembre 2022 <https://www.rts.ch/info/regions/val-de-aoste/13591507-yverdonlesbains-teste-un-nouveau-dispositif-darbres-connectes.html>
- Journal **LE TEMPS** - 1er décembre 2022 <https://www.letemps.ch/suisse/yverdonlesbains-arbres-connectes-mieux-proteger>
- Journal **LA REGION** Nord vaudois - 2 décembre 2022 : <https://www.laregion.ch/>
- Journal **LA TRIBUNE DE GENEVE** - 5 décembre 2022 : <https://www.tdg.ch/des-arbres-connectes-aux-smartphones-pour-surveiller-leur-etat-de-sante-957047396977>



- RTS - LA MATINALE - 5 décembre 2022
<https://www.rts.ch/play/tv/redirect/detail/13599699>
- RHONE FM – 5 décembre 2022 : <https://www.rhonefm.ch/player/podcasts/avez-vous-deja-entendu-parle-des-arbres-connectes>
- Luzerner Zeitung – 11 décembre 2022 :
<https://www.luzernerzeitung.ch/schweiz/sicherheit-big-brother-is-watching-the-trees-warum-jetzt-sogar-baeume-digital-ueberwacht-werden-ld.2384700>
- BADENER Tagblatt – 11 décembre 2022 :
<https://www.badenertagblatt.ch/schweiz/sicherheit-big-brother-is-watching-the-trees-warum-jetzt-sogar-baeume-digital-ueberwacht-werden-ld.2384700>
- APPENZELLER Zeitung – 11 décembre 2022 :
<https://www.appenzellerzeitung.ch/schweiz/sicherheit-big-brother-is-watching-the-trees-warum-jetzt-sogar-baeume-digital-ueberwacht-werden-ld.2384700>
- OBWALDNER Zeitung – 11 décembre 2022
<https://www.obwaldnerzeitung.ch/schweiz/sicherheit-big-brother-is-watching-the-trees-warum-jetzt-sogar-baeume-digital-ueberwacht-werden-ld.2384700>
- THURGAUER Zeitung – 11 décembre 2022
<https://www.thurgauerzeitung.ch/schweiz/sicherheit-big-brother-is-watching-the-trees-warum-jetzt-sogar-baeume-digital-ueberwacht-werden-ld.2384700>
- ZUGER Zeitung – 11 décembre 2022 :
<https://www.zugerzeitung.ch/schweiz/sicherheit-big-brother-is-watching-the-trees-warum-jetzt-sogar-baeume-digital-ueberwacht-werden-ld.2384700>
- WATSON – 13 décembre 2022 :
<https://www.watson.ch/fr/suisse/ecologie/464054302-plusieurs-villes-romandes-espionnent-leurs-arbres>
- Journal Terre & Nature – 15 décembre 2022 : <https://arbres-connectés.ch/wp-content/uploads/2023/06/AC-Terre-Nature-15-decembre-2022--1024x501.png>