

Valorisation de l'arboretum expérimental de Charvols

Rapport d'étape

Hervé Cochard, Ludovic Martin, Camille Parise

INRAE, UMR PIAF, Physique et Physiologie Intégrative de l'Arbre en environnement Fluctuant

Site de Crouël, 5 chemin de Beaulieu, 63000 CLERMONT-FERRAND, France

Catherine LENNE

Maison pour la science en Auvergne, Université Clermont Auvergne

Campus des Cézeaux, 3 place Vasarely, 63178 Aubière cedex - France



Rappel de l'objectif

Le réchauffement climatique perturbe le fonctionnement des écosystèmes forestiers. Des pertes de productivité et des dépérissements importants sont observés sur certaines essences dans les aires naturelles actuelles. La foresterie s'inscrivant dans un temps long, la filière s'interroge sur le choix des essences à privilégier dès maintenant pour assurer une production de bois de qualité à la fin du siècle. L'Office National des Forêts met actuellement en place des « îlots d'avenir » sur l'ensemble du territoire pour déterminer les essences qui demain sauront résister aux climats plus chauds et secs. Mais les résultats de ce projet ne sont pas attendus avant plusieurs décennies.

L'Arboretum Expérimental de Charvols, situé en Haute-Loire, planté en 1993, offre un recul intéressant pour identifier et étudier les essences qui présentent les meilleures capacités adaptatives face au changement climatique. De plus, avec 97 essences différentes et 25 individus par essence répartis sur 3 hectares, il se distingue par la présence de micro-parcelles qui placent les arbres dans un environnement forestier. En complément des placettes forestières, l'arboretum est doté d'une collection de haies champêtres aux multiples fonctions qui constitue un outil pédagogique précieux pour communiquer sur les arbres, arbustes et biodiversité.

Le projet de recherche nommé "Arbo-Rate" conduit par Hervé COCHARD de l'UMR PIAF vise à récolter les données qui permettront de modéliser les essences qui donnent les meilleurs résultats de résistance et notamment via l'utilisation du modèle "SurEau". L'analyse des couverts végétaux par proxy-détection (par drones) pour le suivi des effets du stress hydrique des sols forestiers sera expérimenté en collaboration avec l'Unité Technologies et systèmes d'information pour les agro-systèmes (UR1471 INRAE TSCF). Le projet bénéficiera d'un Joint Linkage Call entre l'INRAE et le laboratoire de William Hammond de l'Université de Floride pour leurs expertises en imagerie hyperspectrale. Ces travaux seront mis en relation avec In-Sylva (Infrastructure Nationale de Recherche pour la gestion adaptative des forêts) et des programmes européens.

Le programme 1,2,3 Plant'Haie, conduit par Catherine LENNE, directrice de La Maison pour la Science en Auvergne, service de l'UCA, vise à développer un projet de médiation scientifique et pédagogique auprès des scolaires. Ce projet est construit en lien étroit avec la DSDEN et les agents du pôle forêt de la communauté d'agglomération du Puy-en-Velay. L'objectif est que les classes volontaires des écoles primaires du secteur puissent bénéficier d'une formation scientifique pour concevoir et planter des haies champêtres dans les écoles de l'agglomération. De plus, les agents du pôle forêt de l'agglomération du Puy seront formés afin de les doter d'outils pédagogiques et scientifiques leur permettant de développer la dimension pédagogique de l'Arboretum.

En complémentarité, l'objectif est de développer plusieurs autres dimensions : une dimension transfert vers les acteurs de la filière bois, une dimension médiation scientifique et touristique afin de valoriser et de faire connaître l'arboretum, une dimension européenne et internationale avec la possibilité de connecter ce projet à des programmes de recherche européens en cours.

Par l'implication du CIR SAE (International Research Centre on sustainable agroecosystems), cette action CAP A.R.T., constitue la première intervention de l'I-Site CAP 2025 en Haute-Loire. Le montant total prévisionnel de cette action est estimé à 189 800 €, dont 153 200 € de l'UCA, 25 000 € de l'Agglomération et 3 400 € de la DSDEN.

Pour le **projet Arbo-Rate**, l'UCA prend en charge les dépenses d'équipements et de fonctionnement estimées à 70 K (CIR SAE). Le recrutement de l'ingénieur d'étude pour le projet Arbo-Rate représente un montant de 100 K€, financé à 75 K € par l'UCA (CAP A.R.T.) et 25 K € par l'Agglomération du Puy-en-Velay.

Pour le **projet 123 Plant'Haie**, l'UCA (CIR SAE) prend à sa charge 8 200 € relatifs aux frais de la Maison pour la Science en Auvergne : formation des agents du pôle forêt de l'Agglo du Puy-en-Velay, formation des professeurs des écoles par des intervenants universitaires enseignants-chercheurs, matériel offert pour les classes, frais de missions des intervenants universitaires. L'agglo du Puy-en-Velay, prend en charge l'encadrement des scolaires par les agents du pôle forêt de l'Agglo du Puy en Velay, le déplacement des classes en bus et l'achat des haies, estimé à 8 200 €. La DSDEN prend en charge les frais de missions des professeurs des écoles et s'investit, à travers les temps d'actions de l'Inspecteur de l'Education Nationale et du conseiller pédagogique de circonscription dédiés au projet, à hauteur de 3400 €.

Etat d'avancement

Journée de lancement et signature de la convention

Le vendredi 27 octobre 2023 matin, une cérémonie à la Mairie de Malvières a été organisée pour la signature officielle de la convention de partenariat. Elle a réuni l'ensemble des Parties, des politiques et élus locaux, ainsi que la presse. Cette journée a permis de mettre en lumière le projet et, plus largement, de souligner l'engagement de l'Université au service des territoires. Marie-Agnès PETIT, Présidente du Conseil Départemental de Haute-Loire a appuyé lors de sa prise de parole tout l'intérêt du projet et plus largement des coopérations entre l'université et le territoire. Cet événement a donné lieu à 3 articles publiés dans la presse locale (L'Eveil, Le Progrès, Zoom d'Ici), des publications sur les sites internet et les médias sociaux des parties prenantes.

Une rencontre avec des acteurs de la filière forêt-bois local a été organisée vendredi 27 octobre après-midi sous forme d'une réunion de travail. Les échanges se sont déroulés entre 26 participants, dont 10 académiques, 4 de la communauté d'agglomération et 12 acteurs de la filière forêt bois (la DDT, le PNR du Livradois Forez, le CETEF 43, le CNPF, Fransylva 43, le GPF 43, la coopérative forestière CFBL, la scierie Gallien, la scierie CBD, la scierie RAZ). Trois objectifs étaient visés :

- Présenter l'université auprès de la sphère socioéconomique de la filière forêt bois afin de poser le cadre des moyens d'action universitaire dans les territoires ainsi que les programmes qui y sont développés.
- Identifier les problématiques et enjeux que rencontre la filière forêt bois sur le territoire.
- Identifier les actions collectives de recherche, d'expérimentation, d'innovation qui pourront répondre aux questionnements, aux enjeux et aux problématiques de la filière forêt bois locale et soutenir son développement.

A l'issue de cette rencontre, il a été convenu d'amorcer un travail collectif d'établissement d'une base de données sur les essences cible d'avenir, et d'établissement d'une base de données sur les parcelles du territoire où des essences atypiques et/ou exotiques sont présentes afin de déminer l'intérêt scientifique de ces sites et la possibilité d'en faire des sites d'étude complémentaire.

Projet Arbo-Rate

Choix des essences

La première étape du projet a consisté à choisir 25 essences d'intérêt sur les 97 présentes à l'arboretum.

Une première visite de terrain a été faite par les chercheurs entre novembre et décembre 2023. Toutes les parcelles ont été étudiées afin d'effectuer un premier tri. Certaines essences qui présentaient trop peu d'individus ont été éliminées, tel que le Sapin du Colorado ou le séquoia. L'ONF qui n'avait pas donné suite à l'invitation à la journée du 27/10/2024 a été remis dans la boucle des échanges scientifiques par les chercheurs de l'UMR PIAF via Médéric AUBRY, responsable territorial animation sylvicole de l'ONF en AURA. Médéric AUBRY a notamment été consulté pour le choix des essences, auquel il a fait des remarques intéressantes. Enfin, un sondage a été réalisé par Baptiste Compte et Maxime Estrade de l'Agglo du Puy en Velay auprès des acteurs de la filière forestière locale.

En février 2024, ce sont 12 espèces de feuillus et les 13 espèces de résineux, espèces actuellement présentes en région Auvergne et espèce potentielles de remplacement, qui ont été retenues :

- Les 20 premières du sondage,
- 4 espèces choisies en concertation entre les agents INRAe et ceux de l'agglo du Puy en Velay,
- Le sapin pectiné, espèce phare de la Haute-Loire est absente de l'arboretum.

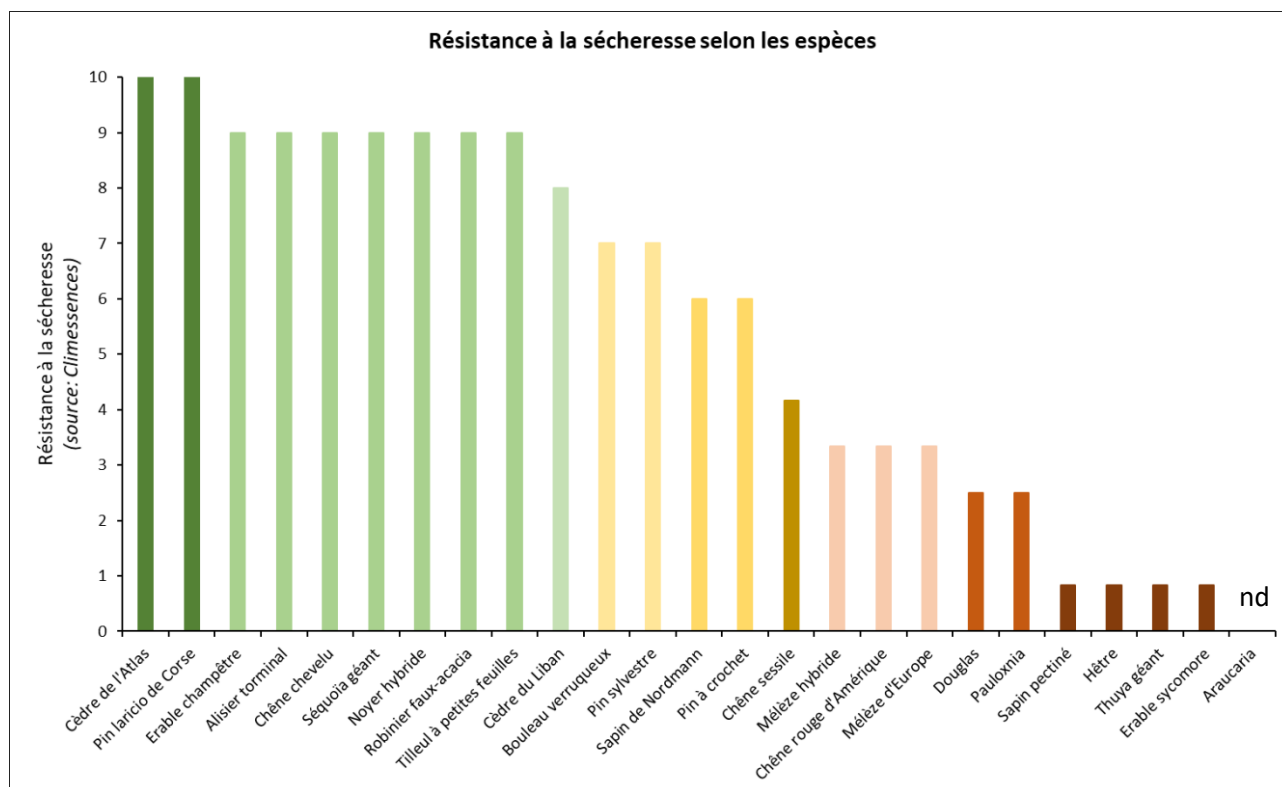


Figure 1 : Notes de résistance à la sécheresse des 25 espèces choisies obtenues à l'aide du logiciel Climessences.

Recrutements

Ludovic MARTIN, ingénieur de recherche biologiste en analyse de données a été recruté pour deux ans à compter du 1er avril 2024. Ayant obtenu un concours au sein de l'INRAE, son contrat s'est terminé le 30/09/2024. Afin d'assurer la continuité des missions, Camille PARISE a été engagée en qualité d'ingénieure biologiste en traitement de données pour la période allant du 01/10/2024 au 31/07/2026.

Travaux réalisés en 2024

Les premiers capteurs ont été commandés et réceptionnés en décembre 2023 et la localisation de la station météo a été arrêtée.

● Installation du dispositif de suivi permanent :

- Sélection de 96 arbres (4 par espèce).
- Mise en place de 96 dendromètres automatiques sur les arbres choisis (Figure 2a).
- Installation de 96 sondes de température et d'humidité du sol (Figure 2b) et d'une station météo (Figure 2c).

Tous ces équipements ont permis de faire un premier bilan en termes de suivi de croissance et de réponse des arbres à la courte période plus sèche d'août 2024, mais également de faire un premier bilan du climat local pour cette première année de suivi.

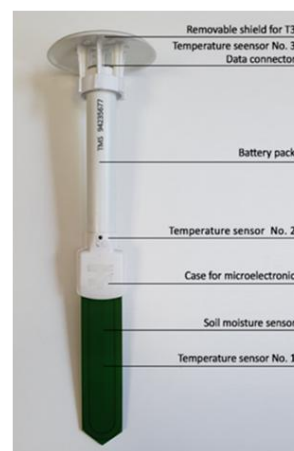
a

Dendromètres automatiques de marque TOMST (une mesure toutes les 15 minutes)
→ suivi de croissance des arbres et mesures de variations de rayon en continu,
→ suivi des températures à 1.7m du sol en exposition Nord.



b

Sondes d'humidité du sol TOMST (une mesure toutes les 15 minutes)
→ suivi de l'humidité du sol entre 10 et 20 cm ou entre 40 et 50 cm de profondeur selon la sonde,
→ suivi des températures à 5 cm sur la surface du sol et à 5, 15, 40 et 50 cm de profondeur.



C

Station météo ClimaVue (une mesure toutes les 15 minutes)

- Pluviométrie,
- Température,
- Hygrométrie,
- Rayonnement lumineux,
- Vitesse et direction du vent,
- Impacts de foudre,
- Pression atmosphérique.



Figure 2 : Caractéristiques des équipements de suivi permanent mis en place afin de suivre les réactions des arbres et de caractériser le microclimat.

● Réalisation de premières mesures écophysologiques :

Une première campagne de mesures écophysologiques pour caractériser la résistance à la sécheresse des arbres de Charvols a été effectuée par Elisabeth Ilinca en mars-avril et août 2024 sur une partie des espèces de conifères du projet :

- Mesures au cavitron de P50 (pression négative à laquelle 50% des vaisseaux de la branche sont embolisés)
- Mesures de conductance minimale des feuilles (g_{min}) et de l'écorce (g_{bark}) avec la méthode de la DroughtBox et potentiels hydriques de perte de turgescence (Ψ_{TLP}) en effectuant des courbes pression-volume à l'aide de la chambre à pression.

Une deuxième campagne a été faite en novembre 2024 pour un complément de mesures de P50 de conifères.

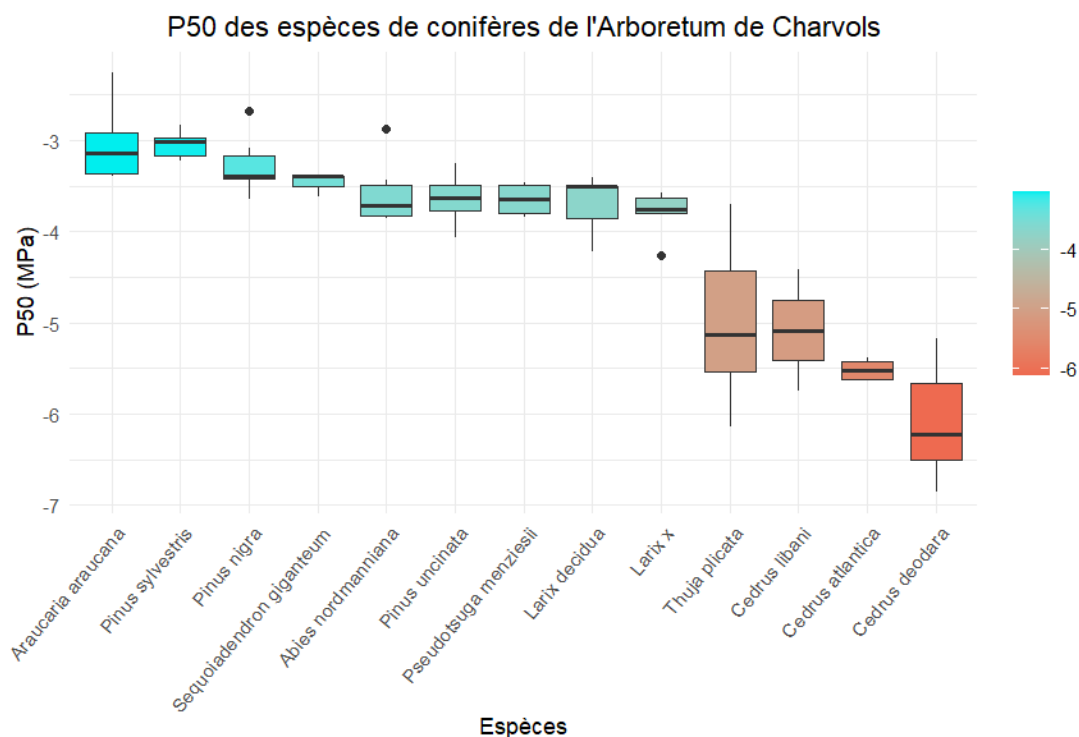


Figure 3 : Comparaison des capacités de résistance à la cavitation des 12 espèces de conifères suivies.

Éléments d'impact

L'Agglo du Puy a sollicité l'avis et l'expertise des chercheurs dans le cadre d'un projet d'acquisition foncière en vue d'étendre l'Arboretum de Charvols et d'y mener de nouvelles plantations expérimentales.

Les perspectives du projet Arbo-Rate pour 2025.

Les mesures écophysiologiques seront effectuées conformément au planning établi au début du projet. En particulier, des mesures de potentiels hydriques foliaires lors de la période de sécheresse estivale seront effectuées.

Par ailleurs, des vols de drones équipés de capteurs thermiques et multispectraux pour caractériser les propriétés des houppiers en réponse au stress hydrique seront effectués.

Projet 1,2,3 Plant'Haie

Le programme 1,2,3 Plant'Haie permet aux écoles d'être dotées de matériels, de compétences et de ressources pédagogiques qui leur permettront d'être autonomes pour répliquer ou adapter ce projet à l'avenir. Ce projet contribue localement à la volonté de l'Agglo du Puy-en-Velay de valoriser l'Arboretum comme lieu scientifique, pédagogique et touristique.

Sélection des écoles

En septembre 2023, la DSDEN a retenu 9 écoles réparties sur 9 communes de la communauté d'Agglomération du Puy-en-Velay. Cela représente, 14 classes, 372 élèves et 18 enseignants.

Enseignantes	Classes/Ecole	Nb Elèves
	Chadrac	
R.Peyret	CP/CE2	21
I.Arnaud	CE1	25
S.Acher	CM1	18
	Taulhac	
A.Jouve	CE1/CE2	24
	Vorey	
M-L. Sibile	GS-CP	21
E.Degorce	CE	27
A.Lescure - C.Habouzit	CM	25
	Céaux	
V.Villaz	CE-CM	15
E.Katzenfort	Mat-CP	19
	Saint-Vincent	
L.Bruchet	CE	23
S.Delaigue	CM	20
	Saint-Paulien	
C.Vanderhaeghe	CE2	22
Ch.Torrilhon	MS-GS	26
V.Moulergue	TPS-PS-MS	28
	Roche en Regner	
C.Philippe	CE-CM	10
D.Aït-Slimani	Mat-CP	14
	St Jean de Nay	
G.Saby	Classe Unique	21
	Vazeilles	
B.Fleury	Classe Unique	13
TOTAL		372

Formation des enseignants

Le 11 octobre, puis le 29 novembre 2023, Catherine LENNE a formé les enseignants pour la mise en œuvre le programme 1,2,3 Plant'Haie. Un « digipad » a été mis à disposition des enseignants (voir [ICI : https://digipad.app/p/514893/6f4640a1c457b](https://digipad.app/p/514893/6f4640a1c457b)). Un « digipad » est un support numérique qui permet aux enseignants de déposer les travaux effectués par les classes et de récupérer les ressources documentaires nécessaires à leurs mises en œuvre. Les travaux qui y sont déposés sont visibles par l'ensemble des classes et permettent ainsi de donner au projet une dimension collective entre chacune des écoles et des classes concernées. En janvier 2024, le matériel offert aux classes (livres, microscopes USB, loupes), nécessaire au programme pédagogique a été commandé pour un montant de 1 871,45 €. Il a été livré à la DSDEN qui s'est chargée de sa distribution. Le mercredi 12 mai 2025, les enseignants remplaçants ont été formés par Catherine Lenne, sur le site de l'arboretum de Charvols, à une séquence de classe à faire dehors.

Accueil des écoles à l'Arboretum

En mars 2024, Kevin Conilh (intervenant animateur nature "éducateur à l'environnement"), de la structure "Empreinte" a formé les agents du pôle forêt de l'Agglo du Puy à la construction de séquences pédagogiques nécessaires à l'accueil des scolaires. Les classes ont visité l'Arboretum au mois de mai 2024.

Suite à cette visite, les écoles sélectionneront les haies qu'elles souhaitent planter.

Sélection et commande des plants

Le pépiniériste LACHAZE situé à Veyrières dans le département du Cantal a été retenu pour l'acquisition des haies qui seront plantées. Ce choix a été motivé par la volonté de laisser la liberté aux élèves de choisir le plus librement possible les essences de haies qu'ils souhaitent planter, de soutenir une agriculture locale et une filière qui compte peu de représentants localement, de soutenir une démarche écologique visant à faire émerger une filière de production régionale non délocalisable valorisée par le label « Végétal Local » garantissant l'origine des végétaux et leurs lieux de plantations.

Le devis a été sollicité en juillet 2024. Les plants ont été livrés, réceptionnés et mis en jauge par les serres du Monteil le 4 décembre 2024, hormis les framboisiers qui n'étaient plus disponibles.



Guillaume MARAIS, conseiller pédagogique de la DSDEN a ensuite informé les écoles le 5 décembre.

Plantations

- Chadrac : décembre
- Saint-Paulien : 10 décembre
- Vorey : Vorey : jeudi 23 janvier à partir de 15h, avec la participation des familles, des élèves, de la mairie et des parents d'élèves
- Saint-Vincent : 11 février
- Roche en Régnier : vendredi 31 janvier de 15 à 16h avec la participation des familles, des élèves, de la mairie et des parents d'élèves (article de presse dden)
- Céaux d'Allègre : jeudi 20 février après-midi
- Taulhac : 18 mars à 15h
- Saint Jean de Nay
- Vazeilles

Éléments d'impact

- Le défi "Arbre en hiver" a été proposé aux classes en complément du programme 123PH Charvols dont certaines l'ont mis en œuvre.
<https://view.genially.com/667a8e36ec7c0f001466e5a8/interactive-content-defi-maternelle-arbre-en-hiver>

Les perspectives du programme 123 Plant Haies

- 25 juin 2025 : conférence grand public et témoignages des classes sur le projet 1,2,3 Plant'Haie
- Avril-mai 2026 : organisation avec l'Éducation nationale d'une nouvelle journée de formation des enseignants du dispositif 1,2,3Plant'Haie Charvols avec fourniture offerte de matériel et intervention de Kevin Conhil sur les insectes de la haie.

Valorisation-transfert, territorialisation, actions de communications

Arbo-rate

La valorisation scientifique des expérimentations décrites ci-dessus se fera après l'acquisition d'une série temporelle plus longue (au moins 2 années de croissance). Néanmoins, dans le cadre de la thèse d'Elisabeth Ilinca, il est prévu de présenter les résultats des mesures écophysologiques lors du congrès international XIM6 de Séville en mars 2025. Par ailleurs, les données sur la conductance des écorces seront intégrées à un article scientifique en collaboration avec le Pr Menezes Silva de l'Universidade Federal de Viçosa au Brésil.

Le programme de recherche Arbo-Rate a fait l'objet de plusieurs présentations orales spécifiques :

- Réunion annuelle du CIR SAE CAP-2025 (2023)
- Présentation devant l'assemblée générale de Fransylva 43 (15/6/2024)
- Présentation prévue (reportée 2 fois !) aux Assises de la Forêt 43 (7/2/2025)

Une visite guidée de l'arboretum à destination des membres du CRPF 43 a été organisée le 5/7/24.

123 Plant Haies

A noter que le programme 123 Plant Haie a été valorisé dans un article scientifique :

- "1,2,3 Plant'Haie" de The Conversation
 - <https://theconversation.com/1-2-3-planthaie-faire-pousser-les-ecocitoyens-de-demain-157267>

Le programme 123 Plant Haie a fait l'objet de **plusieurs présentation orales spécifiques** :

- Présentation prévue (reportée 2 fois !) aux Assises de la Forêt 43 (7/2/2025)
- Interview lors de l'émission "La fabrique de l'info", sur RCF Haute-Loire, par les élèves de l'école de Tauhac (CE1-CE2) [Au Puy en Velay, l'école de Taulhac se lance dans le projet 1,2,3 Plant'haie (22/1/24)
 - <https://www.rcf.fr/actualite/la-fabrique-de-linfo?episode=445378>
- Le 13 mai 2025, mise à l'honneur du Projet 1,2,3 Plant'Haie à l'Académie des sciences. Six élèves accompagnés de leurs professeures et du Conseiller pédagogique Guillaume Marais, représentant deux classes du dispositif 1,2,3 Plant'Haie, ont été choisis et invités à Paris pour témoigner de leur travail dans le dispositif 1,2,3 Plant'Haie, lors de la cérémonie officielle des 30 ans de la Fondation la main à la pâte, sous la coupole de l'Institut de France, devant les académiciens des sciences, le Prix Noble Alain Aspect et les membres des réseaux de la Fondation (dont les Maisons pour la science).



Valorisation commune

Le partenariat et l'ensemble des actions ont été valorisés au travers des moyens suivants :

- Communiqué de presse de l'UCA (27/10/2023)
- Présentation lors de la signature du contrat de partenariat (27/10/2023)
- Article dans « Notre Agglo », Le Puy en Velay n°13 ; 11/2024
 - [Notre Agglo n°13 \(2nd semestre 2024\)](#)
- Rapport d'activité 2023 INRAE-Clermont-Auvergne-Rhone-Alpes
 - https://www.inrae.fr/sites/default/files/rapport_dactivite_2023.pdf
- Site institutionnel UCA :
 - <https://www.uca.fr/larboretum-de-charvols-un-laboratoire-vivant-pour-la-foret-future-et-la-science-participative>

- <https://cap2025.fr/fr/challenges-scientifiques/les-agroecosystemes-durables-dans-un-contexte-de-changement-global/projet-arboretum-de-charvols>
- Site institutionnel INRAE :
 - <https://www.inrae.fr/actualites/arboretum-charvols-inrae-engage-filiere-foret-bois-haute-loire>
- Site Agglo du Puy-en-Velay :
 - <https://www.agglo-lepuyenvelay.fr/projet-partenarial-de-recherche-et-de-mediation-scientifique-a-larboretum-experimental-de-charvols/>
 - <https://www.agglo-lepuyenvelay.fr/visite-de-larboretum-experimental-de-charvols-quel-retour-dexperience-sur-la-reaction-des-essences-face-au-changement-climatique/>
- Articles dans la Presse locale :
 - <https://www.leprogres.fr/environnement/2024/07/08/l-arboretum-de-charvols-est-essentiel-pour-l-avenir-de-la-filiere-bois>
 - <https://www.leprogres.fr/environnement/2023/10/30/un-partenariat-signé-pour-valoriser-l-arboretum-experimental-de-charvols>
 - https://www.levuil.fr/malviers-43160/actualites/haute-loire-larboretum-de-charvols-ce-formidable-outil-pour-etudier-la-foret-de-demain_14396988/
 - <https://www.zoomdici.fr/actualite/malviers-larboretum-de-charvols-laboratoire-de-la-foret-de-demain>
- Présentation prévue (reportée 2 fois !) aux Assises de la Forêt 43 (7/2/2025)