

FOREST4EU

Connecting forestry and agroforestry partnerships across Europe



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE



GOZDARSKI INŠTITUT SLOVENIJE
SLOVENIAN FORESTRY INSTITUTE



SOLUTOPUS



cese for



ANSUB



Regione Toscana



CNPF
Centre National de
la Propriété Forestière



Centar kompetencija d.o.o.
za istraživanje i razvoj



Steinbeis
Europa Zentrum
Enabling Innovation in Europe



BOSCAT



CIÊNCIAS
ULISBOA

Faculdade
de Ciências
da Universidade
de Lisboa



EFI



eta florence
renewable
energies



LWF



FCIÊNCIAS



USC
UNIVERSIDADE
DE SANTIAGO
DE COMPOSTELA



Funded by
the European Union

Funded by the European Union (Grant n. 101086216). Views and opinions expressed are however those of the authors only and do not necessarily reflect those of the European Union or REA. Neither the European Union nor the granting authority can be held responsible for them.

Operational Group (OG)



SPNA

OG funding



Indice

1.	Documentation sur le châtaignier européen.....	5
2.	Maladie de l'encre du châtaignier, symptômes et gestion de la maladie	6
2.1.	La maladie de l'encre du châtaignier peut être observée par le biais de différents symptômes	7
2.2.	Deux types de méthodes sont préconisés concernant la gestion de la maladie de l'encre du châtaignier	8
3.	Autres maladies et ravageurs du châtaignier européen, et confusions possibles avec la maladie de l'encre du châtaignier	9
4.	Application Vigil'encre : reconnaissances et signalements	10
5.	Conclusion	13
6.	Pour aller plus loin	13
	Bibliographie - Sitographie.....	13

Index des chiffres

Figure 1.	Châtaignes dans leur bogue (cupules épineuses). Sylvain Gaudin – CRPF CA © CNPF	6
Figure 2.	Image d'un châtaignier en fleurs. Mireille Mouas - IDF © CNPF	6
Figure 3.	Prélèvement et analyse d'un échantillon de châtaignier au test ELISA pour déceler la présence de l'encre du châtaignier (Phytophthora cambivora). Jérôme Rosa © CNPF.....	7
Figure 4.	Présentation des trois fonctions de Vigil'encre : a) informer, b) identifier et c : déclarer. © ephytia	12

Index des tableaux

Tableau 1.	Éléments pour le diagnostic de l'encre et éléments d'infirmité d'autres diagnostics dans le cas de différents symptômes impactant le châtaignier européen.	9
------------	---	---

OG SPNA: Precision silviculture in Nouvelle-Aquitaine Vigil'encre

Authors : Bilal Snoussi (CNPFF-IDF), Benjamin Chapelet (CNPFF-IDF), Cécile Robin (INRAE)

SPNA (Sylviculture de précision en Nouvelle-Aquitaine) est un projet financé par le Programme de développement rural Poitou-Charentes 2014/2020 - Appel à la sous-mesure 16.1 Opération A « Soutien à la création et au fonctionnement des groupes opérationnels du PEI » - Action 2 « Financement des groupes opérationnels ». L'objectif initial du SPNA est de développer et de diffuser des outils innovants, récemment développés ou proches de la mise en œuvre, pour faciliter et encourager la gestion durable du Pin maritime (*Pinus Pinaster*) et du châtaignier (*Castanea sativa*) en Nouvelle Aquitaine, en France. Ce groupe opérationnel cherche à développer et diffuser des outils techniques et économiques pour aider les gestionnaires dans leurs choix sylvicoles, et pour caractériser l'état et l'évolution possible de certaines espèces régionales dans un contexte de changement climatique.

L'Institut pour le développement forestier (IDF), département de recherche appliquée et de développement du Centre national de la propriété forestière (CNPFF), était le coordinateur du projet, avec l'implication locale de la délégation Nouvelle-Aquitaine du CNPFF. Le projet implique dix partenaires forestiers régionaux et des acteurs de la recherche, de la R&D, de la gestion forestière publique et privée, ainsi que des représentants des propriétaires forestiers et des collectivités locales : Alliance Forêts Bois, CC Fumel Vallée du Lot, Département de la Santé des Forêts (DSF) du Ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté Alimentaire (MASA), El Purpan, FCBA, GDF Sud-Dordogne, IGN, INRAE, ONF Centre-Ouest-Aquitaine.



1. Documentation sur le châtaignier européen

Le châtaignier européen appartient à la famille des Fagacées, comme le chêne et le hêtre. La répartition du châtaignier s'étend de l'Afrique du Nord-Ouest à l'Europe du Nord-Ouest et de l'Asie du Sud-Ouest à l'Europe de l'Est, au Caucase et à la mer Caspienne. Le châtaignier couvre une superficie de plus de 2,5 millions d'hectares en Europe. Les principales forêts de châtaigniers sont concentrées dans certains pays avec, par ordre d'importance, la France, l'Italie, puis l'Espagne, le Portugal et la Suisse. Cette essence se retrouve à des altitudes comprises entre 200 m. et 1800 m. (Conedera, M. et al., 2016).

La culture du châtaignier est très ancienne, notamment en Italie, Espagne, Portugal, France et Suisse. Cette espèce polyvalente fournit de nombreux services, notamment écosystémiques. Elle est cultivée aussi bien pour son bois (taillis et haute futaie), que pour la production de fruits (vergers traditionnels) ou encore pour une large gamme de produits secondaires (Conedera, M. et al., 2016).

Le châtaignier est une essence feuillue pouvant atteindre les 30 à 35 m. Il dispose d'une longue durée de vie lorsqu'il est cultivé (jusqu'à 1000 ans) et ainsi présenter une circonférence importante (de près de 12 mètres à hauteur de poitrine). Cette essence est monoïque et les fleurs (Figure 1) se développent de fin juin à juillet avec une dispersion du pollen anémochorique ou entomochorique. En automne les fleurs femelles se transforment en cupules épineuses contenant les châtaignes (Figure 2) qui sont rejetées en septembre (Conedera, M. et al., 2016).

Le châtaignier est une essence plastique mais relativement exigeante en terme d'écologie. Ses principales contraintes concernent l'alimentation en eau (sécheresse et engorgement), les apports nutritionnels et les effets des températures extrêmes. Il est sensible aux gelées tardives et très adapté aux perturbations causées par les incendies (rejets vigoureux). Ces stress abiotiques peuvent notamment être impliqués dans des symptômes de dépérissement.

Les espèces asiatiques de châtaignier (*C. crenata* et *C. mollissima*) et leurs hybrides interspécifiques sont résistants à la maladie de l'encre du châtaignier. Dans les vergers les plus récents, ces hybrides sont utilisés comme porte-greffe, du fait de leur résistance, ou comme variétés fruitières, pour améliorer la production de fruits.

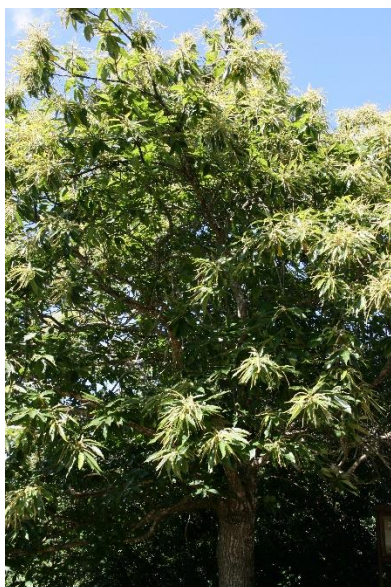


Figure 2. Image d'un châtaignier en fleurs. Mireille Mouas - IDF © CNPF



Figure 1. Châtaignes dans leur bogue (cupules épineuses). Sylvain Gaudin – CRPF CA © CNPF

2. Maladie de l'encre du châtaignier, symptômes et gestion de la maladie

La maladie de l'encre du châtaignier (Figure 3) est causée principalement par *Phytophthora cinnamomi* et *Phytophthora cambivora*. Ce sont des espèces d'oomycètes, pathogènes de très nombreuses espèces d'arbres (conifères et feuillus) et de plantes ornementales. Elles infectent les fines racines de leurs plantes hôtes, grâce à leurs spores mobiles (zoospores). Ces spores sont libérées lorsque les conditions d'humidité et de température sont favorables. Suite à leur germination, le mycélium de *P. cinnamomi* et de *P. cambivora* peut envahir les tissus racinaires. Dans les racines nécrosées, ces

oomycètes forment rapidement de nouvelles zoospores qui peuvent ainsi contaminer d'autres arbres, ce qui est à l'origine d'une distribution par foyer des arbres malades dans les parcelles. *P. cinnamomi* et *P. cambivora* peuvent de plus se maintenir et se multiplier dans le sol. Leur dispersion dans le sol est privilégiée par des excès d'eau. Ils sont de plus disséminés par le biais des plants et substrats infectés. Ainsi, il est crucial de vérifier l'état sanitaire des plants utilisés lors d'une nouvelle plantation.



Figure 3. Prélèvement et analyse d'un échantillon de châtaignier au test ELISA pour déceler la présence de l'encre du châtaignier (*Phytophthora cambivora*). Jérôme Rosa © CNPF

2.1. La maladie de l'encre du châtaignier peut être observée par le biais de différents symptômes

- de nécroses racinaires : les racines infectées par *P. cinnamomi* ou *P. cambivora*, sont reconnaissables à leur couleur noire. Celles-ci ne sont plus fonctionnelles et pourrissent suite à la mort des tissus. Ces pertes de racines constituent les symptômes primaires. Celles-ci sont difficilement observables sur les arbres adultes. Il faut tenter de déterrer les grosses racines principales remontant au collet des arbres dépérissants. Il est conseillé de rechercher des plants issus de régénération naturelle pour observer facilement les systèmes racinaires. Ces infections peuvent résulter en deux types de symptômes ;

- de nécroses corticales des tiges ou des troncs : lorsque l'agent pathogène a provoqué une altération importante des racines, cette dernière se prolonge dans la base du tronc (le collet). Des écoulements noirs s'épanchent alors des craquelures de l'écorce recouvrant les parties infectées du collet. Si l'écorce est décapée, les tissus corticaux et le bois à nu sont colorés en brun, alors que sous l'écorce dans la zone non infectée ils sont de couleur blanc nacré. Ces tissus nécrosés sont les tissus envahis par l'agent pathogène ;
- un dépérissement : La nécrose des racines fines a pour conséquence un dysfonctionnement hydrique. L'infection et la destruction d'une part importante du système racinaire entraîne une réduction de l'alimentation en éléments nutritifs et en eau de l'arbre. L'arbre montre alors des symptômes de dépérissement généralisé, pouvant s'accompagner de flétrissement, chloroses, jaunissements et défoliations. Ces symptômes sont d'autant plus marqués en période de sécheresse, et conduisent à une mort, parfois très rapide, de l'arbre.

2.2. Deux types de méthodes sont préconisés concernant la gestion de la maladie de l'encre du châtaignier

- les méthodes préventives : il est important de contrôler les plants avant l'introduction dans un nouvel environnement, de ne pas réaliser de plantations dans des conditions qui sont propices à *P. cinnamomi* et *P. cambivora* et de ne pas réaliser de plantations sur des sites infectés (d'où l'importance de réaliser un diagnostic précis en amont);
- l'utilisation de porte-greffes résistants : il est conseillé de greffer les variétés fruitières sur des porte-greffes hybrides résistants, lorsque les conditions pédoclimatiques et les variétés le permettent.

3. Autres maladies et ravageurs du châtaignier européen, et confusions possibles avec la maladie de l'encre du châtaignier

Les principales maladies du châtaignier sont causées par des agents pathogènes ou ravageurs exotiques, avec lesquels le châtaignier européen n'a pas ou peu co-évolué, et vis-à-vis desquels il est très sensible. Il s'agit majoritairement de l'encre (maladie racinaire), du chancre (maladie aérienne causée par *Cryphonectria parasitica*), du cynips du châtaigner (maladie aérienne causée par *Dryocosmus kuriphilus*) et enfin du pathogène *Phytophthora ramorum*, présent pour l'instant principalement en pépinières sur des plantes ornementales, qui est un organisme soumis à quarantaine et qui est à éradiquer dès qu'un plant est infecté.

Lorsqu'un observateur est amené à savoir si un châtaignier est affecté par l'encre, il doit impérativement pouvoir observer un à plusieurs des symptômes qui caractérisent cette maladie. Malheureusement, ceux-ci ne sont pas spécifiques et peuvent être occasionnés par différentes autres causes biotiques et abiotiques (Tableau 1).

Tableau 1. Eléments pour le diagnostic de l'encre et éléments d'infirmité d'autres diagnostics dans le cas de différents symptômes impactant le châtaignier européen.

Symptômes	Eléments pour le diagnostic de l'encre	Eléments pour d'autres diagnostics
Mortalité	Dépérissement généralisé.	Maladie du chancre : mortalité sectorielle, mycélium sous-cortical, fructifications oranges.
Flétrissement et/ou mortalité de rameaux	Observation de nécroses racinaires ou au collet. Pas de rhizomorphes.	Carence nutritionnelle, stress hydrique : pas de nécroses. Armillaire : infections racinaires, rhizomorphes sous corticaux.
Défoliation	Feuilles réduites.	Cynips : galles et déformation de feuilles.
Ecoulements noirs	Nécroses corticales observées sous les suintements après décapage.	Galeries d'insectes xylophages : pas de nécroses. Gel : fente du bois.
Nécroses de racines	Racines fines infectées ou détruites, pivot ou grosses	Armillaire : rhizomorphes.

	racines infectées parfois jusqu'au collet.	
Nécroses du tronc	Les nécroses du tronc proviennent de nécroses des racines.	Javart : lésions non liées aux racines.

4. Application Vigil'encre : reconnaissances et signalements

Vigil'encre <https://ephytia.inra.fr/fr/P/157/Vigilencre> (INRAE, 2025) est une application qui offre de nombreux outils (Figure 4). Elle fournit différentes informations sur le châtaignier européen et sur un grand nombre de maladies pouvant l'impacter, notamment la maladie de l'encre.

Cet outil permet la réalisation de reconnaissances grâce à l'outil « identifier » consistant en un diagnostic par l'image, par le biais de différentes photographies présentant les symptômes visibles dans les différents compartiments de l'arbre. La reconnaissance par image se fait : - pour l'essence (par la description du houppier, du tronc, de la châtaigne et du chaton mâle) ; - pour la maladie de l'encre (au niveau du collet et des racines, du tronc et pour le dépérissement) ; - pour les autres maladies susceptibles d'impacter le châtaignier (au niveau des feuilles, des racines, du tronc et pour le dépérissement).

Une fois que l'utilisateur s'est fait une représentation de ce qu'il observe sur le terrain, il peut par la suite faire une déclaration, pouvant être localisée, et poster des photographies. Une notification de signalement est automatiquement fournie à l'administrateur de l'outil.

Si la personne ayant fait le signalement s'est déclaré volontaire pour effectuer des prélèvements (du sol, des nécroses au niveau du collet ou des systèmes racinaires infectés), il peut les transmettre au laboratoire de recherche INRAE, qui pourra confirmer ou réfuter son diagnostic après analyse des échantillons.

Une procédure d'échantillonnage est mise en place, pour faciliter le prélèvement et permettre la transmission d'un échantillon exploitable au laboratoire.



Elle se compose de trois étapes :

1. L'identification et la numérotation des échantillons

Un numéro de formulaire est attribué à chaque signalement. Les échantillons prélevés et envoyés doivent être identifiés par ce numéro.

2. Les prélèvements de sol

Quand prélever : les *Phytophthora spp.* responsables de la maladie se développent et se multiplient dans des sols humides. Afin d'augmenter la détection des pathogènes, il est préférable d'effectuer les prélèvements après une période de forte pluie, en transmettant des prélèvements ni trop secs ni trop humides.

Que prélever : chaque échantillon doit être réalisé au pied d'un arbre présentant des symptômes de dépérissement. Pour avoir une bonne représentation du sol au pied de l'arbre, il est préférable de faire trois prélèvements sur chaque arbre, à l'aplomb du feuillage, à environ 10 cm de profondeur.

Comment prélever : à l'aide si possible d'une tarière, pour des sols très peu profonds ou très caillouteux une pelle bêche peut être utilisée. Dans les deux cas, il faut éliminer les débris de surface. Il est recommandé de faire trois prélèvements dans différentes directions à 1m du tronc. Ces sous-échantillons de sol sont ensuite réunis dans un sac en plastique, qui sera homogénéisé pour obtenir un unique échantillon. Un échantillon de 500 g. de sol est suffisant pour la détection.

3. Les prélèvements d'échantillons végétaux

Quand prélever : il est préférable de faire les prélèvements dès que les symptômes sont observés, de mai à septembre, avant que les plants ou les arbres ne meurent. Les *Phytophthora spp.* n'ayant pas une bonne capacité de survie dans les échantillons qui se dessèchent, il est nécessaire d'expédier le plus rapidement possible ces échantillons et/ou de les garder au froid avant leur envoi.

Que prélever : lorsque des jeunes plants de châtaignier dépérissants sont observés, le plus facile est de les prélever avec leurs racines. Il ne faut néanmoins pas récolter et expédier des plantes mortes. Si après avoir enlevé l'écorce liégeuse, des nécroses corticales sont observées au collet

des arbres, des prélèvements peuvent être réalisés dans la partie terminale de la nécrose et dans les tissus non nécrosés adjacents.

Comment prélever : pour arracher les plants, il est nécessaire d'utiliser un outil adapté permettant de conserver un maximum de racines intactes. Pour l'envoi, il est demandé d'envelopper les plants dans du papier journal en évitant de trop les compacter. Pour prélever les tissus nécrosés au collet, il est possible d'utiliser un canif, un ciseau à bois ou une hache, en fonction de la taille de l'arbre et des opérateurs. Dans les deux cas il est demandé de conditionner chacun des échantillons dans des sacs papiers.

Dans le cas contraire une identification est réalisée, lorsque cela est possible, grâce aux photographies prises par l'utilisateur.

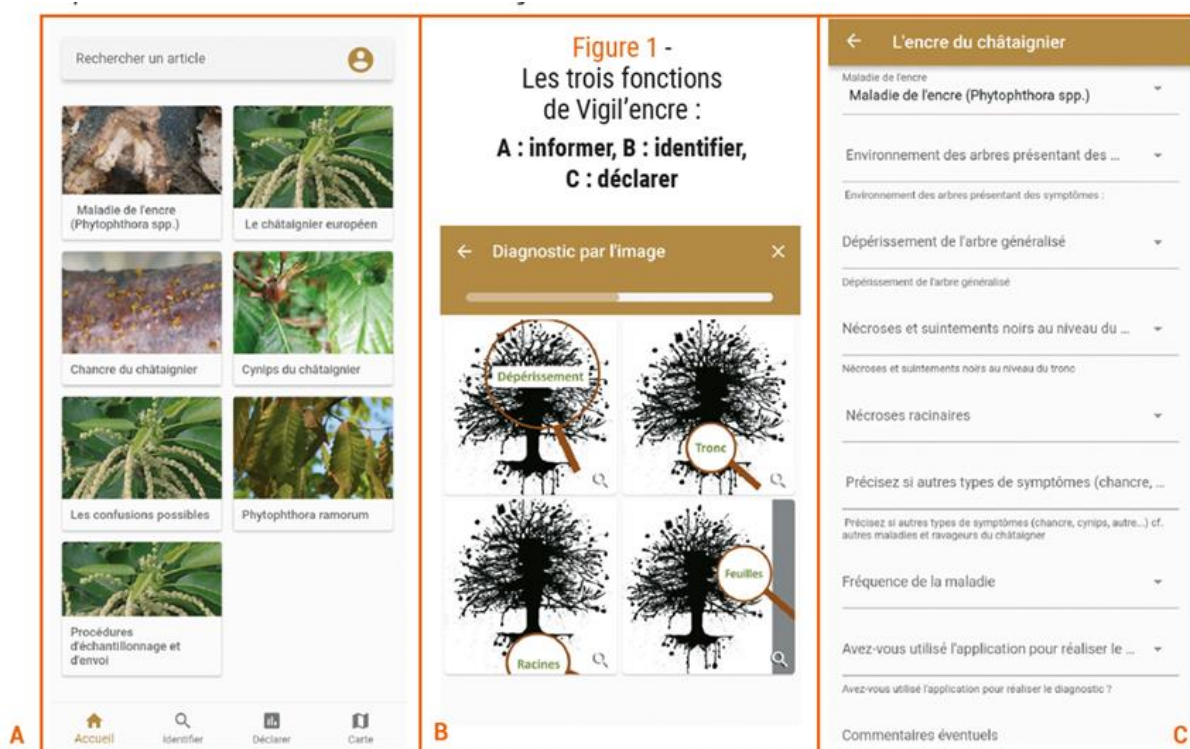


Figure 4. Présentation des trois fonctions de Vigil'encre : a) informer, b) identifier et c) déclarer. © ephytia

5. Conclusion

Tous les signalements de la maladie de l'encre qui sont effectués grâce à l'application Vigil'encre sont stockés dans une base de données qui est exploitée par INRAE dans le cadre de la recherche participative sur la maladie. Les citoyens, les forestiers et les propriétaires peuvent ainsi participer aux recherches concernant ce pathogène.

D'autres applications sont ainsi disponibles sur le site internet INRAE (<https://ephytia.inra.fr/>), permettant de participer aussi bien à des réseaux de sciences participatives (tels que AGIIR ou bien Signalement TIQUE) que de contribuer à des collectes de données sur la biodiversité. De plus, divers outils présents sur la plateforme permettent d'accéder aux connaissances sur les méthodes de lutte alternative ainsi que sur les pratiques de biocontrôle.

6. Pour aller plus loin

Retrouvez une vidéo de présentation par Cécile Robin, d'INRAE, de l'application mobile Vigil'encre, pour améliorer la connaissance et le diagnostic de la maladie de l'encre du Châtaignier. Cette vidéo a été financée par la région Nouvelle-Aquitaine et le FEADER (projet SPNA-Diff) valorisant les actions du projet PEI-AGRI SPNA - Sylviculture de Précision en Nouvelle-Aquitaine, qui vise à développer et diffuser des outils innovants pour faciliter la gestion du pin maritime et du châtaignier, 2 essences phares de la région. <https://youtu.be/nRGPu5Z5uQU?si=aGPUEXrUH6fMKsy>

Bibliographie - Sitographie

Conedera, M., Tinner, W., Krebs, P., de Rigo, D., Caudullo, G., 2016. *Castanea sativa* in Europe: distribution, habitat, usage and threats. In: San-Miguel-Ayán, J., de Rigo, D., Caudullo, G., Houston Durrant, T., Mauri, A. (Eds.), *European Atlas of Forest Tree Species*. Publ. Off. EU, Luxembourg, pp. e0125e0+

INRAE, 2025. Vigil'encre. ephytia. Tous droits réservés. URL <https://ephytia.inra.fr/fr/P/157/Vigilencre> (accessed 5.7.25).

Robin C., Allery T., Armand JM. 2023. Vigil'encre: une application dédiée à l'épidémiosurveillance de la maladie de l'encre du châtaignier. Forêts & Innovation, 1 :34-37.
<https://www.calameo.com/read/0023505199bec17fcf6a6>

Robin C et Gaudry J. 2019. La maladie de l'encre complexifie la sylviculture du châtaignier. Forêt-entreprise - N° 247 - juillet - août 2019.

Robin C., Marchand M. (2022) Diseases of Chestnut trees. In: "Forest Microbiology Vol. 2". 2022. O. Asiegbu and A. Kovalchuk (eds.), Academic Press, Elsevier, <https://doi.10.1016/B978-0-323-85042-1.00036-7>



FOREST4EU



Funded by
the European Union

Funded by the European Union (Grant n. 101086216). Views and opinions expressed are however those of the authors only and do not necessarily reflect those of the European Union or REA. Neither the European Union nor the granting authority can be held responsible for them.



forest4eu.eu



FOREST4EU Project



FOREST4EU Project



info@forest4eu.eu