

CONSERVER ET UTILISER LES RESSOURCES GÉNÉTIQUES DES ORMES EN FRANCE : BILAN ET PERSPECTIVES

ÉRIC COLLIN^a – MICHEL RONDOUIN^b – CÉCILE JOYEAU^a – STÉPHANE MATZ^a – PIERRE RAIMBAULT^a
– LUC HARVENGT^c – ISABELLE BILGER^a – MONIQUE GUIBERT^a

Cent ans après la première pandémie de graphiose de l'orme, quarante après la seconde et trente après le lancement de programmes de conservation, l'heure est venue de faire le point sur la situation des trois espèces d'*Ulmus* présentes naturellement en France ainsi que sur les aboutissements des mesures conservatoires. Sur le premier sujet, un article de Piou *et al.* (à paraître dans la *Revue forestière française*) vient de montrer que le champignon pathogène est toujours très agressif mais que l'Orme champêtre (*Ulmus minor* Mill.) n'est nullement menacé de disparition comme on pouvait le craindre dans les années 1980. Le présent article dresse le bilan des actions de sauvegarde *ex situ* réalisées en faveur de cette espèce et présente les mesures de conservation *in situ* plus récemment engagées pour l'Orme lisse (*U. laevis* Pall.) et l'Orme de montagne (*U. glabra* Huds.). Il suggère également des recommandations pour l'usage des différents types de matériels génétiques à la disposition des reboiseurs français et se conclut par des perspectives pour la valorisation scientifique et pratique des dispositifs conservatoires et expérimentaux.

LES TROIS ESPÈCES D'ORME INDIGÈNES EN FRANCE

L'Orme champêtre (*Ulmus minor* Mill.) est commun partout en plaine et souvent reconnaissable aux crêtes liégeuses de ses jeunes rameaux ; ses hybrides avec l'Orme de montagne ont des feuilles plus grandes et de diverses formes.

L'Orme de montagne (*U. glabra* Huds.) se trouve principalement dans les forêts de montagne et de collines ; les feuilles terminales de ses pousses vigoureuses portent souvent 3 ou 5 grandes dents à leur sommet.

L'Orme lisse (*U. laevis* Pall.) est inféodé aux ripisylves et aux forêts alluviales mais on peut trouver de vieux arbres d'alignement en bord de route. On le reconnaît à ses bourgeons aigus et orangés et à ses fleurs portées par un pédoncule d'environ 1 cm.

^a Irstea, UR EFNO, F-45290 Nogent-sur-Vernisson, France

^b ONF, Pôle national des ressources génétiques forestières, F-44290 Guémené-Penfao, France

^c FCBA, Pôle Biotechnologie et Sylviculture avancée, F-33610 Cestas, France

CLONER DE VIEUX ORMES RESCAPÉS : LES COLLECTIONS *EX SITU*

C'est d'abord en Basse-Normandie qu'a été conçu et réalisé, en 1985-1986, le projet de recenser et de bouturer les vieux ormes « survivants » de cette région très riche en ormes bocagers. Ce projet, porté par l'association environnementaliste Crepan avec l'appui des pépinières Lemonnier, ambitionnait de sélectionner et de diffuser des souches d'ormes locaux possédant une plus forte tolérance à la graphiose (Lemonnier et Girard, 2007 ; Rousseau et Joly, 2007). Cette initiative a été relayée à l'échelle nationale par le Cemagref (actuel Irstea) à partir de 1987, à la demande du ministère en charge de l'Environnement et avec l'appui durable de celui de l'Agriculture.

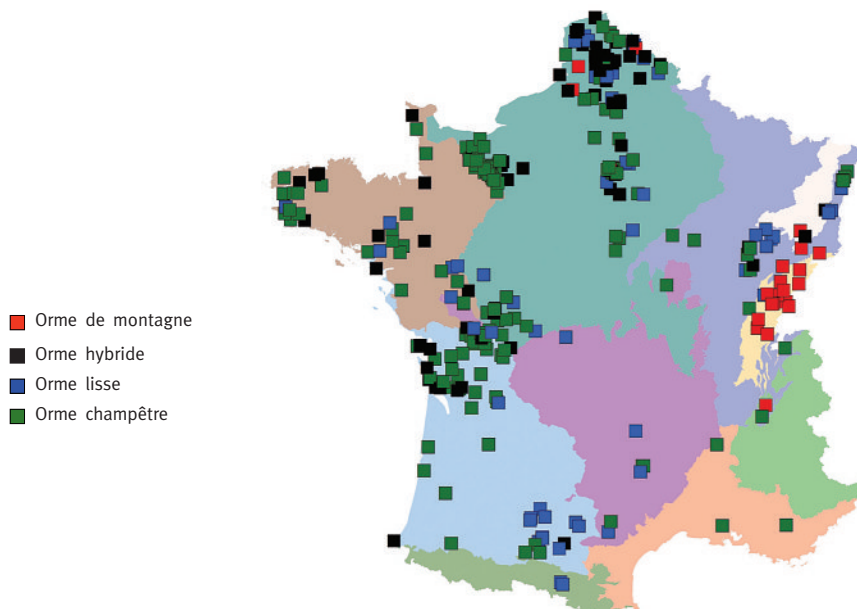
Au terme de sa constitution, la collection nationale rassemble 441 clones⁽¹⁾, dont 205 d'Orme champêtre, 107 d'Orme hybride (champêtre × montagne), 29 d'Orme de montagne et 100 d'Orme lisse (figure 1, ci-dessous). Sa composition reflète les différentes phases de sa création (tableau I, p. 575). Comme d'autres collections nationales (Collin *et al.*, 2012), elle est conservée à la pépinière de Guémené-Penfao (Loire-Atlantique), actuel site du Pôle national des ressources génétiques forestières (PNRGF) de l'Office national des forêts (ONF). Les clones qui la composent sont inscrits au registre des matériels de base destinés à la conservation *ex situ* des ressources génétiques forestières d'intérêt national, dont la liste est accessible sur le site internet du ministère en charge de l'Agriculture.

Par ailleurs, 181 clones issus de sept collections étrangères sont conservés depuis 2000-2001 à Nogent-sur-Vernisson (Loiret) suite au projet *Conservation of Elm Genetic Resources* (RESGEN-78) soutenu par l'Union européenne. Ce projet, coordonné par le Cemagref, visait à coordonner les actions de conservation, de caractérisation et d'évaluation des collections d'ormes dans neuf pays européens.

FIGURE 1

ORIGINE DES CLONES DE LA COLLECTION NATIONALE

(Source : fond de carte : grandes régions écologiques, IGN, 2011)



(1) Un clone de la collection nationale comprend l'ensemble des individus issus du bouturage d'un même orme, généralement adulte et présumé naturellement présent en milieu forestier ou bocager.

TABLEAU I Phases de constitution de la collection nationale

Années (Nombre de clones)	Régions (Nombre de clones)	Remarques
1987 (74)	Basse-Normandie (74)	Acquisition des clones déjà obtenus par le Crepan et les pépinières Lemonnier
1988 à 1994 (197)	Poitou-Charentes (67), Franche-Comté (44), Picardie + Nord-Pas-de-Calais (86)	Grandes campagnes régionales de repérage d'ormes et de collecte de boutures organisées par le Cemagref et un service forestier régional (SERFOB ou DRONF) avec la participation d'autres acteurs institutionnels (conservatoires...) et d'informateurs bénévoles sollicités par voie de presse (agriculteurs...)
1990 à 1998 (135)	Seine-et-Marne (35), Plaine d'Alsace (19), Grande Chartreuse (5), Bretagne/Pays- Loire (36), Midi-Pyrénées (35), Centre-Bourgogne (5)	Campagnes ciblées de collecte de boutures avec l'appui d'un informateur (forestier, naturaliste) ayant contacté le Cemagref après avoir effectué un travail de repérage des ormes localement
1998 à 2017 (35)	Centre-ouest/nord-ouest (21), Centre (4), Alpes (2) et sud de la France (8)	Collectes opportunistes de greffons ou boutures, généralement avec l'appui d'un informateur (ethnobotaniste, forestier) ayant repéré un ou des ormes remarquables

Les deux premières phases (1987-1994) constituent le socle de la collection ; elles visaient à rassembler un large échantillon des ormes de quatre régions, dont trois riches en ormes champêtres bocagers et une quatrième, plus forestière et continentale, où les trois espèces d'ormes sont présentes. Les phases suivantes, d'ampleur décroissante au fil du temps, visaient seulement à améliorer la représentation de la collection nationale.

CARACTÉRISER ET ÉVALUER LES CLONES D'ORMES EUROPÉENS

La gestion scientifique d'une collection de ressources génétiques végétales s'appuie sur la caractérisation phénotypique (biométrie, phénologie...) et moléculaire (marqueurs de l'ADN) de ses composants (clones, variétés...). Une autre étape importante pour les collections d'intérêt agricole, horticole ou forestier réside dans l'évaluation de leurs composants en termes de production agromique ou de résistance à des maladies ou à d'autres adversités. En 1992, l'université de Paris-Sud et l'INRA-Nancy furent respectivement chargés, en partenariat avec le Cemagref, de caractériser les ormes en collection à l'aide de marqueurs isoenzymatiques⁽²⁾ et d'évaluer leur sensibilité à l'agent de la graphiose au moyen de tests d'inoculation artificielle en pépinière. Les marqueurs mirent en évidence la grande diversité génétique de l'échantillon analysé (représentant environ 250 ormes encore en vie en 1985) et la faiblesse des différences génétiques entre les populations originaires des régions étudiées ; ils permirent également de rejeter l'hypothèse de l'existence d'hybrides entre l'Orme lisse et les deux autres espèces européennes (Machon *et al.*, 1995 ; Machon *et al.*, 1997). Par ailleurs, les tests pathologiques montrèrent d'emblée que le niveau de résistance des clones testés était très faible comparativement aux cultivars⁽³⁾ améliorés utilisés comme témoins résistants mais qu'une large variabilité interclonale de sensibilité au pathogène existait néanmoins au sein de la collection.

(2) Les marqueurs génétiques sont utilisés notamment pour évaluer la diversité de ressources génétiques et distinguer des individus ; les marqueurs biochimiques, comme les isoenzymes, ont maintenant été remplacés par les marqueurs moléculaires permettant de comparer des séquences de l'ADN.

(3) Un cultivar est une variété obtenue par sélection et cultivée pour ses qualités agronomiques (aspect, vigueur, résistance à certaines maladies). Dans le cas des ormes résistants à la graphiose, il s'agit de clones issus d'hybrides performants et non de matériel indigène européen.

Dix ans plus tard, le cofinancement européen du projet RESGEN-78 permit de compléter et d'approfondir ces premiers travaux. L'INRA poursuivit l'évaluation des clones français par inoculation artificielle tandis que des pathologistes étrangers faisaient de même, selon un protocole expérimental commun, sur des collections d'autres pays. Plusieurs clones furent remarqués pour leur moindre sensibilité (Pinon *et al.*, 2005 ; Solla *et al.*, 2005). La caractérisation moléculaire d'un échantillon représentatif des collections fut assurée par deux équipes : l'une, en Écosse, sur l'ADN d'origine biparentale extrait du noyau des cellules, l'autre, à l'ONF d'Orléans, sur l'ADN d'origine maternelle, extrait des chloroplastes. La première approche, appliquée sur 535 clones dont 103 français, permit de confirmer à l'échelle de l'Union européenne les résultats déjà observés entre régions françaises : la diversité génétique des ormes en collection est grande mais peu structurée géographiquement. Elle apporta également une aide à la détermination des hybrides entre Orme champêtre et Orme de montagne ou avec l'espèce asiatique *U. pumila* (Goodall-Copestake *et al.*, 2005). La seconde, appliquée à plus de 850 clones dont 285 français, apporta un éclairage sur les voies de recolonisation de l'Europe suivies par les ormes à la fin de la dernière glaciation et renforça l'hypothèse de l'indigénat de l'Orme lisse dans le sud-ouest de la France. Par ailleurs, la date du débourrement végétatif des clones de plusieurs collections fut relevée durant trois années selon un protocole commun, ce qui permit de caractériser chaque clone selon ce critère et de calculer, pour chaque espèce, les paramètres thermiques de la levée de dormance des bourgeons et de leur débourrement (Ghelardini *et al.*, 2006). D'autres observations (intérêt ornemental, sensibilité à la jaunisse de l'orme causée par '*Candidatus Phytoplasma ulmi*'...) furent également effectuées.

UN RÉSEAU DE PLANTATIONS EXPÉRIMENTALES

Après l'achèvement du projet européen, le programme français s'orienta davantage vers la conservation dynamique de populations *in situ* tout en continuant l'évaluation des clones de la collection nationale. Les tests d'inoculation artificielle furent poursuivis à Guéméné-Penfao en partenariat avec l'équipe italienne du projet RESGEN-78 tandis que des plantations expérimentales (haies champêtres ou placettes monospécifiques) étaient progressivement mises en place avec de nombreux partenaires, principalement dans l'ouest de la France. Dans les haies comme dans les placettes, les ormes étaient distants d'environ cinq mètres (photo 1, p. 577) et le dispositif expérimental assurait une égale répartition des clones sur toute l'étendue de la plantation, à raison d'au moins cinq plants par clone en haies, dix dans les placettes. Dans l'essai le plus ancien (figure 2b, p. 578), 75 % des ormes champêtres étudiés ont déjà été touchés par la graphiose, ce qui permet d'évaluer leur réaction dans les années suivantes : mort, récurrence des symptômes ou rémission. Les autres essais (figures 2a et 2c, p. 578) sont moins touchés mais fournissent chaque année davantage d'informations. Les données recueillies dans les tests d'inoculation artificielle et dans les plantations ont permis à Irstea de sélectionner les huit clones d'Orme champêtre, dont six français et deux étrangers, qui ont été mis à la disposition des pépiniéristes forestiers en 2017 (tableau II, p. 577). Contrairement aux cultivars hybrides résistants, il s'agit d'ormes ayant les caractères typiques de l'Orme champêtre (petites feuilles, rameaux liégeux). Les plants de ces clones ne présentent qu'une résistance modérée et instable à la graphiose, certains sujets succombant à la maladie tandis que d'autres guérissent ou connaissent une rémission. 'Christine Buisman', d'origine espagnole, est le clone le plus résistant à la graphiose ; il fut beaucoup planté aux Pays-Bas jusqu'aux années 1940 puis délaissé car jugé sensible aux vents marins et au chancre causé par *Nectria cinnabarina*, qui posait alors problème dans le climat néerlandais. Il fut remultiplié par la CRGF en 2005 et utilisé comme témoin dans les tests d'inoculation, où il démontra son intérêt.

Photo 1 Plantation expérimentale d'ormes de Saint-Herblain (Loire-Atlantique) (Irstea. E. Collin. 2016)



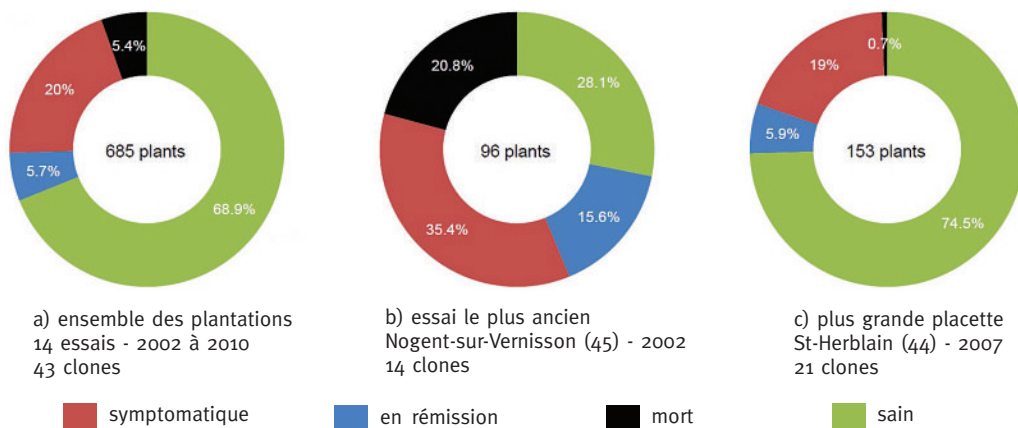
TABLEAU II Clones d'Orme champêtre mis à la disposition des pépiniéristes forestiers français en 2017

Dénomination courte	Dénomination complète	Obtenteur ou mainteneur	Département d'origine	
F028	FRA.ULS.0028	CRGF (FR)	Calvados	
F077	FRA.ULS.0077	CRGF (FR)	(Basse-Normandie)	Département inconnu
F351	FRA.ULS.0351	CRGF (FR)	Finistère	
F470	FRA.ULS.0470	CRGF (FR)	Haute-Savoie	
F479	FRA.ULS.0479	CRGF (FR)	Gironde	
F501	FRA.ULS.0501	CRGF (FR)	(Charente-Maritime)	Mère : clone FRA.ULS.0140 (Ch.-Marit.) Père : inconnu (croisement non contrôlé)
'Van Slycken'	'Jos Van Slycken'	INBO (BE)	Flandre (Belgique)	Clone étudié lors du projet européen RESGEN-78 ; diffusé avec l'accord de l'obtenteur
'Buisman'	'Christine Buisman'	Dorschkamp (NL) 1937	Madrid (Espagne)	Cultivar obtenu et diffusé aux Pays-Bas en 1937, issu de graines espagnoles ; libre de droits

Les six premiers clones sont issus de la collection nationale française, dont la gestion relève de la Commission des ressources génétiques forestières (CRGF). Les deux derniers sont des obtentions étrangères, choisies de manière à étendre la diversité de l'origine géographique du matériel mis à disposition.

FIGURE 2

**IMPACT DE LA GRAPHIOSE EN 2017
DANS LES PLANTATIONS EXPÉRIMENTALES ANTÉRIEURES À 2011**



Ces résultats portent sur des clones d'Orme champêtre ou d'hybrides naturels entre Orme champêtre et Orme de montagne. Les cultivars améliorés (ex. 'Lutèce') et les clones d'Orme lisse n'ont pas été pris en considération, de même que les plants de moins de 3 m (très peu attractifs pour les vecteurs de la graphiose).

MAINTENIR DURABLEMENT ET VALORISER LES COLLECTIONS

Le projet bas-normand avait fondé l'espoir de maintenir sa collection de clones à l'abri de la graphiose dans l'archipel de Chausey ; cet espoir fut rapidement déçu. La solution choisie par le Cemagref et l'INRA en 1987 pour le programme national fut classiquement celle d'un parc à clones sur un terrain du Cemagref, à ceci près que les plants devaient être recépés périodiquement ou taillés annuellement à moins de 1,80 m de hauteur pour les empêcher d'atteindre la dimension les rendant attractifs pour les scolytes vecteurs de la graphiose. En outre, l'Afocel (actuel FCBA) fut chargée d'assurer la cryoconservation de bourgeons dans l'azote liquide et de mettre au point la technique de régénération de plantes entières par culture de méristèmes *in vitro* (Harvengt *et al.*, 2004). Une centaine de clones de la collection nationale sont actuellement cryoconservés conjointement à 400 autres issus du reste de l'Europe. Le recul dont nous disposons aujourd'hui permet de confirmer l'intérêt de ces deux options techniques complémentaires, dont les avantages et inconvénients respectifs sont présentés dans le tableau III (p. 579).

Au terme des phases de constitution, de caractérisation et d'évaluation d'une collection se pose nécessairement la question de son devenir, notamment quand il s'agit de plantes en croissance et non de bourgeons conservés dans l'azote liquide. Les contraintes matérielles (nécessité de libérer du terrain) et budgétaires (coûts d'entretien et de taille) poussent à réduire les parcs à clones des collections qui ne font plus l'objet d'activités de recherche et dont l'entretien n'est plus couvert par un financement spécifique. La méthode classiquement adoptée dans cette situation consiste à ne conserver que le cœur de la collection, c'est-à-dire une « collection noyau » (*core collection* en anglais) constituée des éléments représentant au mieux la diversité génétique de la collection complète. La composition de la collection noyau française d'ormes (195 clones) a été définie selon de multiples critères de diversité (géographie, milieu, taxonomie, marqueurs moléculaires, sensibilité à la graphiose), voire d'intérêt ornemental ou patrimonial. Une copie de sauvegarde de cette collection est déjà en place sur le terrain à Nogent-sur-Vernisson avec les 181 clones de sept autres collections européennes.

TABLEAU III Parcs à clones et cryoconservation : avantages et inconvénients respectifs

	Parcs à clones (issus de bouturage herbacé)	Cryoconservation
État du matériel conservé	Plante entière, en croissance, soumise au rythme des saisons et en interaction avec son environnement	Bourgeons dormants conservés en microtubes à - 196 °C
Mise en collection	Bouturage relativement aisé pour l'Orme lisse et l'Orme champêtre. Risques d'échec pour l'Orme de montagne	Facile et très peu onéreuse
Maintien en collection	Entretien et taille annuelle (< 1,8 m) indispensables (risque de contamination par la graphiose)	Facile et très peu onéreux ; sans risque
Régénération de plantes entières	Remultiplication aisée de tous les clones par bouturage herbacé si le parc à clones est jeune ; au-delà d'une dizaine d'années, le pourcentage d'enracinement des boutures de certains clones peut décroître très fortement, voire devenir nul	Difficile et très onéreuse. En revanche, les plants issus de culture <i>in vitro</i> sont ensuite faciles à remultiplier par bouturage horticole
Intérêt sanitaire	Risque d'introduction, voire de diffusion, de pathogènes et de ravageurs	Aucun risque sanitaire ; de plus, les plants issus de culture <i>in vitro</i> sont indemnes de maladies et constituent donc de bonnes sources de boutures
Intérêt comme support d'études et de recherche	Permet toutes les mesures et observations réalisables sur un jeune arbre. Les ormes bouturés ont leurs propres racines et ne subissent pas l'influence d'un porte-greffe	Peu d'intérêt, hormis en tant que source d'ADN bien conservé et pour renouveler le matériel détruit ou contaminé sur le terrain

Le Cemagref et la pépinière de Guémené-Penfao ont presque exclusivement utilisé la technique du bouturage herbacé pour cloner et remultiplier massivement les ormes de la collection nationale. Depuis quelques années, le recours au greffage se révèle néanmoins très commode pour assurer le clonage opportuniste d'un ou de quelques ormes en peu d'exemplaires.

Une autre voie pour assurer la conservation de sous-ensembles de la collection serait de constituer des vergers conservatoires, éventuellement régionalisés, permettant d'assurer commodément l'approvisionnement en semences d'origine connue et génétiquement diverse. Un tel verger expérimental a été mis en place à Nantes en 2015 par le PNRGF de Guémené-Penfao. Constitué par greffage sur un cultivar résistant à la graphiose et facilement reconnaissable en cas de rejet de greffe (Lutèce® 'Nanguen'), il réunit une soixantaine de clones principalement originaires de l'ouest de la France.

LA CONSERVATION DYNAMIQUE *IN SITU* EN FRANCE ET EN EUROPE

La conservation à long terme de semences ou de clones en collection relève d'une conception « statique » de la conservation puisqu'il s'agit de préserver des ressources génétiques dans l'état d'adaptation où elles se trouvaient au moment de leur sauvegarde. Or, pour les généticiens forestiers (Eriksson *et al.*, 1996), l'important n'est pas de retenir le passé mais de préparer l'avenir en stimulant le processus d'adaptation des populations d'arbres aux changements de leur environnement. Cette conception « dynamique » sous-tend les programmes de conservation définis aux

niveaux français (CRGF) et européen (European Forest Genetic Resources programme, EUFORGEN) depuis le milieu des années 1990 (Fady *et al.*, 2012).

La conservation dynamique *in situ* consiste à gérer des populations naturelles (unités conservatoires, UC) en favorisant l'émergence et la sélection de nouvelles combinaisons de gènes. Ceci impose de laisser agir la sélection naturelle (« moteur » de l'adaptation) après avoir maximisé la diversité génétique de la régénération (« carburant » de l'adaptation). Le gestionnaire doit donc adopter une sylviculture dynamique et veiller à ce que le nombre de reproducteurs soit aussi grand que possible, de manière à faciliter les échanges de pollen au sein du peuplement et optimiser la diversité génétique des semences. Il doit également créer des conditions propices à l'installation et à la protection de la régénération (Fady *et al.*, 2012).

En France, la conservation dynamique *in situ* n'est pas une priorité pour l'Orme champêtre, encore très abondant à l'état arbustif et occasionnellement fructifère, et par ailleurs largement conservé *ex situ*. Elle est en revanche parfaitement indiquée pour l'Orme lisse, dont les populations naturelles sont davantage affectées par la destruction ou la fragmentation des ripisylves des grands fleuves que par la graphiose. Cette espèce attire peu les scolytes vecteurs de la maladie et compte encore beaucoup d'arbres adultes très fructifères. La conservation dynamique *in situ* de l'Orme de montagne s'est en revanche révélée difficile à mettre en œuvre. Les populations de cette espèce, qui ne drageonne pas et rejette mal, sont durement impactées par la graphiose. Les arbres semenciers succombent à la graphiose et la pression des cervidés peut compromettre la régénération naturelle éventuelle. Même quand celle-ci parvient à s'installer abondamment et durablement, on peut craindre qu'elle ne dispose que d'une base génétique restreinte (peu de parents).

DES UNITÉS CONSERVATOIRES *IN SITU*

Deux UC d'Orme lisse ont été sélectionnées : la réserve naturelle nationale (RNN) du Val d'Allier, près de Moulins, et le site du Ramier de Bigorre sur les rives de la Garonne à l'aval de Toulouse. Ces populations ont été choisies dans une perspective de conservation à l'échelle européenne car toutes deux se trouvent à la marge de l'aire de distribution de cette espèce médio-européenne (Collin et Bozzano, 2015). Au Val d'Allier, plus de 500 individus de plus de 5 cm de diamètre à 1,30 m du sol ont été dénombrés en 2002 sur une vingtaine de kilomètres au long de la rivière. Il s'agit d'une population jeune, ne comportant qu'une centaine d'arbres de plus de 20 cm de diamètre. La mortalité due à la graphiose est assez importante mais localisée dans quelques secteurs. La floraison et la fructification sont abondantes et de bonne qualité mais l'installation de la régénération semble un événement rare. L'UC du Ramier de Bigorre (117 ha au total) est composée de trois sous-populations distantes de quelques kilomètres. Plus de 700 individus y ont été dénombrés, dont 130 d'un diamètre supérieur à 20 cm. La graphiose est présente mais ne cause que très peu de dommages. L'ancienneté de la présence de l'Orme lisse dans le site est attestée par de très gros sujets et le renouvellement de la population est clairement acquis (gaulis et fourrés) même si l'on observe actuellement peu de semis malgré la qualité des fructifications.

Dans les deux cas, la collaboration avec les naturalistes gestionnaires du site (Ligue pour la protection des oiseaux, Nature-Midi-Pyrénées) est excellente et témoigne de leur intérêt pour les approches dynamiques de la conservation des ressources génétiques. Il en va de même dans d'autres sites inventoriés (ex : RNN de Saint-Mesmin à l'aval d'Orléans) où les populations d'Orme lisse font l'objet d'un suivi attentif même si elles n'ont pas un statut d'UC.

Une seule UC d'Orme de montagne a pu être sélectionnée car les grandes populations de cette espèce, avec des classes d'âge diverses, sont devenues rares ou sont peu connues. De ce point

de vue, la forêt indivise de Saint-Pé-de-Bigorre (Hautes-Pyrénées) fait exception, avec deux vallons profondément encaissés où l'Orme de montagne est omniprésent en mélange avec Tilleul et Noisetier. L'Orme est également présent, à l'état disséminé, sur les versants où il se trouve mêlé aux hêtres. Une visite en 2016 a permis de constater que la population demeure très abondante en dépit de la mortalité occasionnée par la graphiose⁽⁴⁾. Les différentes classes d'âge sont bien représentées et de très jeunes semis ont été rencontrés en divers lieux, notamment sur les versants. Cette population a été admise comme UC malgré son chevauchement avec la réserve biologique intégrale (RBI) de Saint-Pé-de-Bigorre (créée en 2016) car l'Orme peut se régénérer sans intervention humaine dans les trouées occasionnées par les chablis fréquents dans les parcelles concernées. De plus, l'enjeu de conservation des ressources génétiques de l'Orme de montagne est explicité dans les documents fondateurs de cette RBI.

PLANTER DES ORMES EN FRANCE ? AVEC QUELLES RESSOURCES GÉNÉTIQUES ?

De nombreux cultivars d'ormes résistants à la graphiose sont commercialisés en France ou dans les pays voisins et certains pépiniéristes proposent en outre du matériel indigène issu de boutures ou de graines. Les avantages et usages respectifs de ces différents types de matériels ne doivent pas être confondus, sachant que les ormes indigènes européens ne sont guère résistants à la graphiose et que les clones totalement résistants à cette maladie ne sont pas européens ou seulement partiellement européens (hybrides eurasiatiques).

À des fins ornementales, notamment dans les parcs fréquentés par le public, on choisira des cultivars vigoureux et totalement résistants comme Lutèce® 'Nanguen' (Pinon et Cadic, 2007). Dans les espaces à vocation pédagogique ou « de naturalité », on peut recourir aux clones d'Orme champêtre listés dans le tableau II (p. 577), à condition d'informer le public sur les effets de la graphiose et d'accepter de perdre ou de devoir recéper certains arbres. L'Orme lisse peut également être utilisé sans trop de risque car il est moins fréquemment touché par la graphiose que l'Orme champêtre.

Planter de l'Orme à des fins de production de bois d'œuvre relèverait actuellement d'un pari risqué, d'autant qu'on ignore si le bois des cultivars hybrides sera *in fine* aussi prisé que celui de l'Orme champêtre. En revanche, les ormes des haies champêtres devraient pouvoir être traités en têtards et fournir du bois de feu, voire du fourrage pour le bétail.

Pour la reconstitution des haies champêtres ou la conservation de la biodiversité associée aux ormes, deux attitudes s'affrontent. Certains opérateurs jouent sur le mot « orme » et préconisent l'emploi de cultivars améliorés, même s'il s'agit d'espèces exotiques ou d'hybrides entre ormes européens et asiatiques. Ce fut notamment le cas en France dans les années 1990 avec le cultivar Resista® 'Sapporo Autumn Gold' (« L'orme est de retour », Soltner, s.d.) et plus récemment en Angleterre avec 'Morfeo' et d'autres cultivars plantés pour maintenir des populations du papillon *Satyrion w-album* (Thècle de l'orme) (Santini *et al.*, 2011). Inversement, la filière du végétal local impose le recours à des semis issus de récoltes de graines réalisées dans au moins trois sites de la même région (<http://www.fcbn.fr/vegetal-local-vraies-messicoles>). Ces deux attitudes idéologiquement opposées renvoient à la question des limites à imposer à l'intervention de l'homme dans les flux de gènes entre populations présumées naturelles.

Les observations que nous avons réalisées à Nogent-sur-Vernisson en 2015, 2016 et 2017 indiquent qu'il serait opportun d'étudier l'effet éventuel des cultivars asiatiques ou hybrides sur les ressources génétiques indigènes. Les périodes de floraison de Lutèce® 'Nanguen' et de Resista®

(4) Nous ne disposons pas de statistiques sur un large échantillon de la population mais, sur 22 arbres numérotés en 2007 et revus en 2016, 36 % avaient succombé à la graphiose.

‘Sapporo Autumn Gold’ coïncident en effet en partie avec celles des ormes champêtres et les graines récoltées sur ces cultivars ont produit des semis viables (données non publiées). On connaît par ailleurs les conséquences néfastes de l’introduction de l’Orme de Sibérie (*U. pumila* L.) en Italie, en Espagne et aux États-Unis (voir bibliographie dans Piou *et al.*, à paraître).

Le recours à des semis d’origine uniquement locale nous semble au contraire une option prudente, voire trop prudente dans la mesure où elle ne contribue pas à l’enrichissement du pool génétique régional. Mêler aux semis d’origine régionale quelques plants de plusieurs clones listés dans le tableau II (p. 577) accroîtrait localement les possibilités de recombinaison génétique et d’adaptation tout en procurant des témoins de sensibilité connue à la graphiose. On pourrait également utiliser d’autres clones de la collection nationale voire, dans quelques années, des semences issues de plantations expérimentales ou de verger conservatoire. De tels apports, à condition qu’ils demeurent quantitativement faibles et génétiquement divers, ne constitueraient pas une pratique vraiment nouvelle dans le cas des haies champêtres, qui ont été très largement façonnées par l’homme depuis des siècles (Cox *et al.*, 2014). Nous sommes en revanche partisans d’éviter d’intervenir dans les milieux (ripisylves) où l’Orme champêtre est spontané et où l’espèce se maintient naturellement. Dans le cas de petites populations d’Orme lisse, souvent fragmentées et potentiellement menacées de dérive génétique, on pourra combiner des actions de restauration d’habitat et de conservation dynamique ; on procédera alors par plantation de semis issus de graines récoltées sur l’ensemble des sous-populations de la population originelle.

PERSPECTIVES

Le volet de conservation statique *ex situ* a atteint l’essentiel de ses objectifs et relève désormais d’un suivi allégé. La collection nationale recèle une large diversité génétique et a servi de support à de nombreuses études et à la diffusion de matériel végétal indigène pour la reconstitution de haies champêtres. Elle ne nécessite pas d’être étendue, d’autant que la conservation *ex situ* de l’Orme champêtre n’apparaît plus aussi nécessaire aujourd’hui qu’en 1985 (Piou *et al.*, à paraître) et que le clonage de vieux ormes rescapés de l’épidémie n’a pas permis de découvrir de clones véritablement résistants à la graphiose. Par ailleurs, l’Orme lisse peut être conservé *in situ* et l’Orme de montagne relèverait davantage de techniques *ex situ* plus dynamiques, comme la cryoconservation de semences ou le greffage en vergers conservatoires, pour enrichir la régénération naturelle de populations conservatoires. La caractérisation moléculaire de la collection, trop partielle et ancienne, mériterait néanmoins d’être réalisée avec des marqueurs plus performants désormais bien développés pour les ormes.

Le volet *in situ* est solidement constitué pour l’Orme lisse mais il faudrait sélectionner une UC d’Orme de montagne dans le massif alpin, ce qui nécessiterait un important travail de prospection, sauf à bénéficier de remontées d’informations bien documentées. La situation de cette espèce mériterait d’être mieux étudiée en France, de même que le bilan des mesures conservatoires adoptées en Allemagne et en Europe centrale, essentiellement sous forme de vergers à graines.

En matière de suivi des dispositifs conservatoires et expérimentaux déjà en place, nous préconisons une attitude de veille active permettant de préserver le potentiel de ces dispositifs comme sources de connaissances et de matériel végétal de référence. Par exemple, la collection nationale peut, sous sa forme actuelle, fournir l’ADN d’un large échantillon d’ormes de Basse-Normandie et de Poitou-Charentes qui étaient adultes, voire très âgés, en 1985. Il serait intéressant et aisé de comparer cet échantillon ancien avec un échantillon nouvellement prélevé dans les mêmes communes et de quantifier ainsi objectivement l’impact de la graphiose sur la diversité génétique des ormaies de ces deux régions. Une telle étude ne pourrait pas être conduite avec autant de

précision à partir de la collection noyau. Ceci doit inciter à la prudence au moment où le parc à clones de Guéméné-Penfao devra être renouvelé et réduit. La réduction devra porter sur le nombre de copies de chaque clone plutôt que sur l'élimination du matériel hors collection noyau et même hors collection nationale (clones étrangers, cultivars anciens).

En fait, le rapport coûts/bénéfices du maintien de ces dispositifs pourra aussi être amélioré par une meilleure valorisation de leur capital botanique et expérimental, ceci grâce au développement de nouveaux partenariats, notamment universitaires. Les progrès que les collections ont permis de réaliser il y a une quinzaine d'années dans la connaissance de la systématique, de la génétique, de la pathologie et de la phénologie des ormes sont considérables. Il est clair que ces mêmes collections peuvent donner matière à de nouvelles avancées des connaissances grâce aux outils de recherche actuels. Ces avancées peuvent à leur tour stimuler la création variétale, et pas seulement en termes de résistance à la graphiose. Les UC peuvent être utilisées comme sites ateliers pour le suivi des dynamiques démogénétiques de populations d'arbres en condition de crise sanitaire. Les plantations expérimentales, grâce aux nombreuses répétitions d'un même clone dans différents états (sain, malade, guéri, mort) constituent un matériau de choix pour l'étude des mécanismes de résistance au pathogène. La plus ancienne permettrait d'ores et déjà d'étudier les flux de gènes éventuels entre deux cultivars améliorés et plusieurs clones indigènes.

De manière pratique, ces dispositifs peuvent aussi constituer des sources d'approvisionnement en matériel végétal, et pas seulement par multiplication végétative. Des semences pourront vraisemblablement être récoltées dans quelques années dans la plantation de Saint-Herblain (Loire-Atlantique), voire dans le verger conservatoire expérimental mis en place par greffage à Nantes.

L'émergence de nouveaux projets et partenariats requiert un archivage durable et facilement exploitable des données (travail en cours à la CRGF) mais aussi que l'existence des dispositifs et jeux de données soit largement portée à la connaissance des partenaires potentiels. Nous espérons que cette publication y contribuera. Des indicateurs compilés régulièrement au niveau français (Indicateurs de gestion durable des forêts, Observatoire national de la biodiversité..) renseignent sur l'évolution des collections nationales et réseaux de conservation *in situ*. Comme la centaine d'autres UC françaises, les trois UC d'orme sont référencées parmi les 3 000 UC présentées sur le site internet d'EUFORGEN (<http://www.euforgen.org/species/>).

CONCLUSIONS

Le programme national de conservation des ressources génétiques des ormes indigènes est né de la volonté politique d'un ministre au moment où la seconde épidémie de graphiose frappait durement les paysages français et l'opinion publique, citadine comme rurale. Il a évolué en phase avec le progrès des méthodes de conservation des ressources phytogénétiques, d'abord grâce au programme RESGEN de l'Union européenne pour la caractérisation et l'évaluation des collections *ex situ*, puis sous l'influence des théoriciens de la conservation dynamique inspirateurs du programme paneuropéen EUFORGEN. Il a permis de réunir plus de 400 clones *ex situ* et de sélectionner trois populations pour la conservation *in situ*. Grâce à de nombreux partenariats scientifiques français et étrangers, il a suscité de nombreuses publications scientifiques. Ses débouchés pratiques pour les forestiers, les gestionnaires d'espaces naturels et les planteurs de haies champêtres ne se limitent pas à l'approvisionnement en matériel végétal indigène. Il a invité à une pratique plus prudente et pragmatique de la détermination des espèces et variétés (Collin, 2007) et contribué à décloisonner les approches de conservation des habitats, des espèces et des ressources génétiques.

Ce programme, qui n'aurait pu se développer dans la durée sans le soutien indéfectible du ministère en charge de l'Agriculture et l'engagement fort des personnels et des structures concernées, est maintenant parvenu à l'âge des bilans. Il livre un retour d'expérience utile aux groupes de travail de la CRGF qui réfléchissent à la stratégie de conservation à adopter en cas de crise sanitaire (chalarose du frêne, émergence de maladies et de parasites en raison du changement climatique) ainsi qu'à l'évaluation économique de différentes options stratégiques de conservation.

Il importe désormais de faire connaître le capital botanique et le potentiel scientifique des dispositifs conservatoires et expérimentaux en place et de trouver les partenaires désireux de les valoriser.

Éric COLLIN

Animateur du réseau 'orme' de la CRGF
Secrétaire de la CRGF de 2001 à 2016
Retraité d'Irstea
UR Écosystèmes forestiers
F-45290 NOGENT-SUR-VERNISSON
L'auteure à contacter est M^{me} Monique Guibert

Michel RONDOUIN

Gestionnaire du parc à clones d'ormes
OFFICE NATIONAL DES FORÊTS
Pôle national des ressources génétiques forestières
Route de Redon
F-44290 GUÉMÉNÉ-PENFAO
(michel.rondouin@onf.fr)

Cécile JOYEAU

Chargée du suivi des UC
et de la collection nationale d'orme
Irstea
UR Écosystèmes forestiers
Domaine des Barres
F-45290 NOGENT-SUR-VERNISSON
(cecile.joyeau@irstea.fr)

Stéphane MATZ

Chargé du maintien de la collection
d'ormes européens
Irstea
UR Écosystèmes forestiers
Domaine des Barres
F-45290 NOGENT-SUR-VERNISSON
(stephane.matz@irstea.fr)

Pierre RAIMBAULT

Irstea
UR Écosystèmes forestiers
Domaine des Barres
F-45290 NOGENT-SUR-VERNISSON
(pierre.raimbault@irstea.fr)

Luc HARVENGT

Responsable scientifique Biotech
Membre de la CRGF
FCBA
Pôle Biotechnologie et Sylviculture avancée
Campus Forêt-Bois de Pierroton
F-33610 CESTAS
(Luc.HARVENGT@fcba.fr)

Isabelle BILGER

Animatrice du réseau 'orme'
et Secrétaire de la CRGF de 1991 à 2000
Irstea
UR Écosystèmes forestiers
Domaine des Barres
F-45290 NOGENT-SUR-VERNISSON
(isabelle.bilger@irstea.fr)

Monique GUIBERT

Responsable du groupe Geedaaf
Secrétaire de la CRGF
Irstea
UR Écosystèmes forestiers
Domaine des Barres
F-45290 NOGENT-SUR-VERNISSON
(monique.guibert@irstea.fr)

Remerciements

Nous remercions Claudine Joly (Crepan), Gwenaël Philippe (Irstea) et les deux lecteurs arbitres anonymes pour les améliorations qu'ils nous ont permis d'apporter au manuscrit, ainsi que nos collègues Olivier Forestier, Alain Gicquiot, Vincent Bourlon et Nicolas Ricodeau pour l'aide qu'ils nous apportent dans notre travail sur l'Orme. Nous n'avons pas oublié les contributions plus anciennes d'Eddy Bertin, Anthony Jeanneau, Damien Davy, Jérôme Grange, Catherine Menuet et Pascal Croizet.

La sélection des UC et la plantation de Saint-Herblain ont été réalisées avec l'appui de l'ONF (L. Velle, P. Nolan), de la LPO (P.A. Dejaive), de Nature-Midi-Pyrénées (M. Jund) et du lycée J. Rieffel (C. Moreau).

Rappelons aussi l'action de nos prédécesseurs dans l'animation du programme Orme (D. Terrasson, G. Deboisse) ainsi que les apports scientifiques de l'INRA (J. Pinon, M. Arbez), de l'université Paris-Sud (N. Machon), du Conservatoire génétique des arbres forestiers de l'ONF (B. Musch, B. Le Guerroué) et de l'ENGREF-Arboretum des Barres (D. Piou).

Nous exprimons enfin notre profonde gratitude aux personnes très diverses, beaucoup trop nombreuses pour être citées nommément, qui nous ont apporté leur appui pour la réalisation des actions présentées dans cet article.

Ces actions ont bénéficié de cofinancements du :

- ministère en charge de l'Agriculture (conventions 'Ressources génétiques forestières'),
- programme AgriGenRes 009 de la Commission européenne (projet GenRes CT96-78),
- Plan Loire Grandeur Nature (action Conservation de populations d'Orme lisse).

BIBLIOGRAPHIE

Nous recommandons la lecture des dossiers thématiques suivants :

- L'Orme : nouveaux espoirs ? *Forêt-entreprise*, n° 175, juillet 2007.
- Dossier : Regard sur 20 ans d'action et nouveaux enjeux pour la Commission des ressources génétiques forestières. *Rendez-vous Techniques ONF* n° 36-37, printemps-été 2012.

COLLIN É., 2007. Les ormes européens, des espèces mal connues. *Forêt entreprise*, n° 175, pp. 11-14.

COLLIN É., BOZZANO M., 2015. Implementing the dynamic conservation of elm genetic resources in Europe: case studies and perspectives. *iForest*, vol. 8, pp. 143-148.

COLLIN É., LE BOULIER H., FORESTIER O., HUVELIN J., RONDOUIN M., BRAHIC P., BARITEAU M., FADY B., ODDOU MURATORIO S., THÉVENET J., DUFOUR J., VILLAR M., GIRARD S., HARVENGT L., 2012. Conservation *ex situ* : collections statiques et valorisation dynamique. *Rendez-vous techniques ONF*, n° 36-37, pp. 35-39.

COX K., VANDEN BROECK A., VANDER MIJNSBRUGGE K., BUIITEVELD J., COLLIN É., HEYBROEK H.M., MERGEAY J., 2014. Interspecific hybridisation and interaction with cultivars affect the genetic variation of *Ulmus minor* and *Ulmus glabra* in Flanders. *Tree Genet. Genomes*, vol. 10, n° 4, pp. 813-826.

ERIKSSON G., NAMKOONG G., ROBERDS J., 1996. La Conservation dynamique des ressources génétiques forestières. *Ressources Génétiques Forestières*, n° 23, pp. 2-8.

FADY B., COLLIN É., DUCOUSSO A., LEFÈVRE F., MUSCH B., FARGEIX J., PROCHASSON A., REINHORN N., VILLAR M., 2012. Conservation *in situ* des ressources génétiques forestières : stratégies, dimensions nationale et pan-européenne. *Rendez-vous Techniques ONF*, n° 36-37, pp. 28-34.

GHELARDINI L., FALUSI M., SANTINI A., 2006. Variation in timing of bud-burst of *Ulmus minor* clones of different geographical origins. *Canadian Journal of Forest Research*, vol. 36, n° 8, pp. 1982-1991.

GOODALL-COPESTAKE W.P., HOLLINGSWORTH M.L., HOLLINGSWORTH P.M., JENKINS G.I., COLLIN É., 2005. Molecular markers and *ex situ* conservation of the European elms (*Ulmus* spp.). *Biological Conservation*, vol. 122, n° 4, pp. 537-546.

HARVENGT L., MEIER-DINKEL A., DUMAS E., COLLIN É., 2004. Establishment of a cryopreserved gene bank of European Elms. *Canadian Journal of Forest Research*, n° 34, pp. 43-55.

LEMONNIER M., GIRARD S., 2007. Des professionnels impliqués dans la sauvegarde de l'Orme : les pépinières forestières de Forges. *Forêt entreprise*, n° 175, pp. 47-48.

- MACHON N., LEFRANC M., BILGER I., HENRY J.P., 1995. Isoenzymes as an aid to clarify the taxonomy of French elms. *Heredity*, vol. 74, n° 1, pp. 39-47.
- MACHON N., LEFRANC M., BILGER I., MAZER S. J., SARR A., 1997. Allozyme variation in *Ulmus* species from France: analysis of differentiation. *Heredity*, vol. 78, n° 1, pp. 12-20.
- PINON J., CADIC A., 2007. Les ormes résistants à la graphiose. *Forêt entreprise*, n° 175, pp. 37-41.
- PINON J., HUSSON C., COLLIN É., 2005. Susceptibility of native French elm clones to *Ophiostoma novo-ulmi*. *Annals of Forest Science*, n° 62, pp. 689-696.
- PIOU D., BENEST F., COLLIN É. Est-il possible de tirer des enseignements des introductions anciennes ? L'exemple de la graphiose de l'orme. *Revue forestière française* [à paraître].
- ROUSSEAU J., JOLY C., 2007. La Graphiose en Basse-Normandie depuis 20 ans. *Forêt entreprise*, n° 175, pp. 26-28.
- SANTINI A., PECORI F., PEPORI A., BROOKES A., 2011. 'Morfeo' Elm: a new variety resistant to Dutch Elm Disease. *Forest Pathology*, vol. 42, n° 2, pp. 171-176.
- SOLLA A., BOHNENS J., COLLIN É., DIAMANDIS S., FRANKE A., GIL L., BURON M., SANTINI A., MITTEMPERGER L., PINON J., BROECK A.V., 2005. Screening European elms for resistance to *Ophiostoma novo-ulmi*. *Forest Science*, vol. 51, n° 2, pp. 134-141.
- SOLTNER D., [s.d.]. L'Orme est de retour : autour de la maison, de la ferme, du village et des champs. Sainte-Gemme-sur-Loire : Sciences et techniques agricoles. 16 p.

CONSERVER ET UTILISER LES RESSOURCES GÉNÉTIQUES DES ORMES EN FRANCE : BILAN ET PERSPECTIVES (Résumé)

Lancé en 1987, le programme national de conservation des ressources génétiques des ormes indigènes visait la conservation *ex situ* de clones d'ormes champêtres adultes rescapés de la pandémie de graphiose. Il a été élargi à la conservation *in situ* dynamique de populations d'Orme lisse et d'Orme de montagne. La collection nationale contient 441 clones, en partie caractérisés et évalués dans un projet européen. Les tests pathologiques et les plantations expérimentales n'ont pas révélé de véritable résistance à la graphiose mais des clones utilisables pour la reconstitution de haies champêtres. Deux unités conservatoires d'Orme lisse et une d'Orme de montagne ont été sélectionnées, enrichissant le réseau paneuropéen EUFORGEN de conservation dynamique des ressources génétiques forestières. Ce programme livre un retour d'expérience sur les stratégies de conservation des ressources génétiques d'arbres forestiers en situation de crise sanitaire. De nouveaux partenaires sont invités à valoriser le potentiel scientifique des dispositifs conservatoires et expérimentaux.

CONSERVATION AND USE OF ELM GENETIC RESOURCES IN FRANCE – RESULTS AND OUTLOOK (Abstract)

Launched in 1987, the French National Program for the Conservation of Native Elm Genetic Resources focused on the *ex situ* conservation of clones of adult Field elms (*Ulmus minor* Mill.) that survived the DED pandemic. It was later expanded to the *in situ* dynamic conservation of populations of European white elm (*U. laevis* Pall.) and wych elm (*U. glabra* Huds.). The national collection contains 441 clones, some of which have been characterized and evaluated under a European project. The pathological tests and experimental plantations did not identify clones truly resistant to DED but did provide material for the reconstitution of hedgerows. Two Conservatory units of white elm and one of wych elm were selected, enriching the pan-European EUFORGEN network for dynamic conservation of forest genetic resources. This program provides feedback on genetic conservation strategies for forest trees confronted with a health crisis. New partners are invited to exploit the scientific potential of the conservatory and experimental plots.
