

# Création et production de 2 variétés multiclones pour des expérimentations installées dans le cadre de l'adaptation des forêts au changement climatique

---



Mars 2021

Auteur : **Sabine GIRARD** (CNPf-IDF)

Ont participé à ce travail :

Michel Rondouin et Jean Pierre Huvelin (PNRGF, Guémené-Penfao, ONF),

Bénédicte Le Guerroué et Brigitte Musch (CGAF/BIOFORA, ONF)

Alexis Ducouso (INRAe-BIOGECO)



Financier :





## Table des matières

Résumé.....	4
I. Introduction.....	6
II. Constitution d'un parc à pied mère de chêne pubescent .....	7
II.1 Installation d'un premier parc « de travail » en 2016 .....	7
II.2 Observations et sélections réalisées .....	7
III. Constitution du parc à pied mère de chêne sessile .....	13
III.1 Installation d'un premier parc « de travail » en 2016.....	13
III.2 Observations et sélections réalisées.....	13
IV. Composition des deux variétés multiclonaux .....	18
IV.1 Proposition de variétés composées de 25 génotypes.....	18
IV.2 Proposition de variétés composées de 16 génotypes.....	20
V. Perspectives.....	22



## Résumé

---

La plantation de nouvelles provenances ou/et espèces est un des moyens d'adapter les forêts françaises au changement climatique. Pour cela, il faut identifier les ressources génétiques les plus pertinentes puis installer des réseaux de plantations expérimentales pour les évaluer dans des conditions climatiques variées, en comparant leur comportement à celui de témoins.

De tels réseaux se constituent sur plusieurs années et, compte tenu de l'irrégularité de fructifications de nombreuses espèces forestières et notamment des chênes, il est difficile d'implanter les mêmes provenances témoins dans tous les dispositifs. Pour contourner cette contrainte et ainsi améliorer l'analyse des données qui seront récoltées dans les futurs réseaux, il est important de disposer de témoins stables génétiquement dans le temps.

C'est pourquoi a été initiée la création de deux variétés multiclonales, l'une de chêne pubescent et l'autre de chêne sessile, destinées à être implantées comme « témoins » dans les futures expérimentations. Composées des mêmes clones chaque année, ces deux variétés constitueront des « ponts » entre les dispositifs plantés à des dates et dans des conditions pédo-climatiques différentes.

L'objectif est de créer deux parcs à pieds mères (un pour chaque espèce) sur lesquels prélever des boutures, qui, une fois enracinées produiront les plants de ces deux variétés. Pour y parvenir, il faut sélectionner les individus les plus aptes à être multipliés végétativement par bouturage et qui présentent une diversité génétique la plus large possible.

En 2016, plus de 200 plants de chaque espèce ont été plantés à la pépinière du PNRGF de Guémené-Penfao ; ils étaient issus de glands récoltés dans des peuplements jugés « typiques » de l'espèce en question. Une première sélection a été réalisée sur leur aptitude au bouturage, évaluée sur 2 années consécutives. Environ 80 individus de chaque espèce ont ainsi été retenus. Tous ont fait l'objet d'une nouvelle campagne de bouturage et d'une recherche de marqueurs génétiques de type microsatellite pour éliminer les individus présentant un profil génétique éloigné de celui des espèces types. Une évaluation de leur vigueur a également été faite.

A partir des données collectées, deux compositions ont été proposées pour chaque espèce, l'une avec 25 individus, l'autre 16. Les deux variétés composées de 25 génotypes ont pu être intégrées dans une plantation comparative de provenances de chênes sessile et pubescent installée dans la Nièvre en décembre 2020.



## I. Introduction

---

La plantation de nouvelles provenances ou/et espèces est un des moyens d'adapter les forêts françaises au changement climatique. Pour cela et dans un premier temps, il est nécessaire d'identifier les ressources génétiques les plus pertinentes pour un territoire et un contexte donnés. Un réseau de plantations expérimentales doit ensuite être installé pour les évaluer dans des conditions climatiques variées, en comparant leur comportement à celui de témoins<sup>1</sup>.

De tels réseaux se constituent sur plusieurs années et, compte tenu de l'irrégularité de fructifications de nombreuses espèces forestières et notamment des chênes, il est difficile d'implanter les mêmes provenances témoins dans tous les dispositifs. Par ailleurs, même si un peuplement est régulièrement récolté, la composition et donc la qualité de sa descendance est différente à chaque récolte, on parle ainsi du « millésime » d'une glandée.

Pour contourner ces contraintes et améliorer l'analyse des données qui seront récoltées dans les futurs réseaux, il est important de disposer de témoins stables génétiquement dans le temps.

Ainsi, depuis plusieurs années, a été initiée la création de deux variétés multiclonales, l'une de chêne pubescent et l'autre de chêne sessile destinées à être implantées dans les futures expérimentations comme témoins. Composées des mêmes clones chaque année, ces deux variétés constitueront des « ponts » entre les dispositifs installés à des dates et dans des conditions pédo-climatiques différentes.

Pour créer ces variétés, deux parcs à pieds mères (un pour chaque espèce) ont été créés en sélectionnant les individus les plus aptes à être multipliés végétativement par bouturage et présentant une diversité génétique la plus large possible. L'opération a débuté en 2016 avec l'installation, à la pépinière du PNRGF de Guémené Penfao, de plus de 200 plants de chaque espèce, issus de glands récoltés dans des peuplements jugés « typiques » de l'espèce en question.

Dans le cadre du programme CONQueTh, il s'agissait de faire le bilan des trois campagnes de bouturages réalisées jusqu'à présent, d'effectuer des recherches de marqueurs génétiques spécifiques et d'observer le débourrement des plants installés. L'ensemble des informations récoltées devait permettre de sélectionner les composants des 2 variétés multiclonales. Il était également prévu de mettre à disposition des organismes de Recherche et Développement les premiers plants issus de ces variétés.

---

<sup>1</sup> L'organisation de réseaux multipartenaires d'évaluation de ressources génétiques forestières pour le futur est un des objectifs du programme Esperence (AAP 2017 FSFB).

## II. Constitution d'un parc à pied mère de chêne pubescent

### II.1 Installation d'un premier parc « de travail » en 2016

-**Printemps 2016** : achat de 200 plants de QPU 751 (Provence), rempotés en pots de 1,4 litres à leur arrivée. Les plants, âgés de 1 an, avaient été élevés en godets de 430 cc par les pépinières Robin. Ils mesuraient de 20 à 60 cm de hauteur et avaient un diamètre minimal de 5 mm. Le n° de certificat maître était F93 14 RO22.

-**Automne 2016** : Repiquage de ces plants sur bâche plastique (espacement de 50 cm entre les plants) après qu'ils aient passé l'été à l'extérieur.

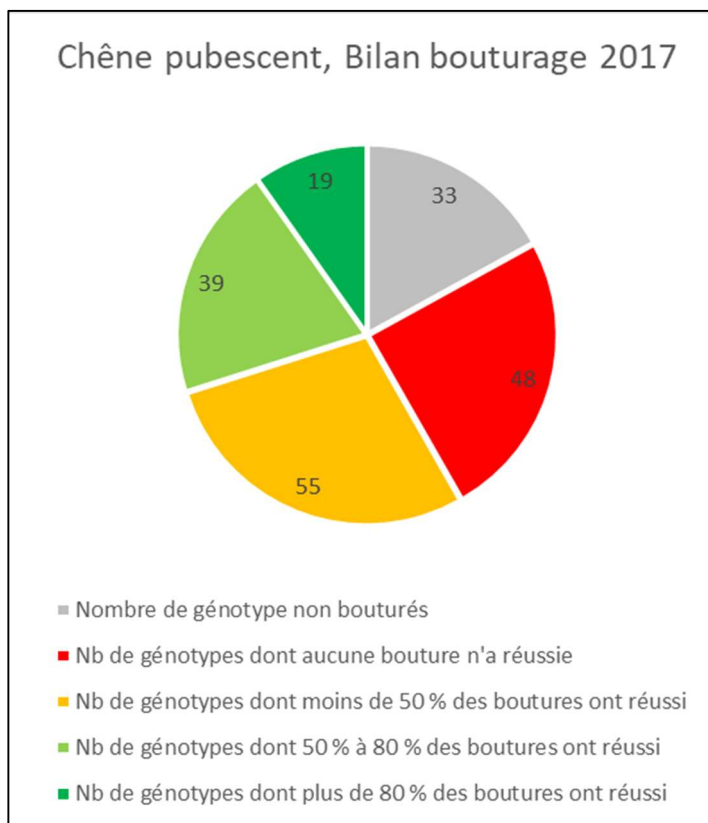
### II.2 Observations et sélections réalisées

Compte tenu de l'objectif de ce parc à pieds mères, la capacité de multiplication végétative des génotypes est un critère de sélection majeur. Pour l'apprécier, 3 campagnes de bouturages successives ont eu lieu.



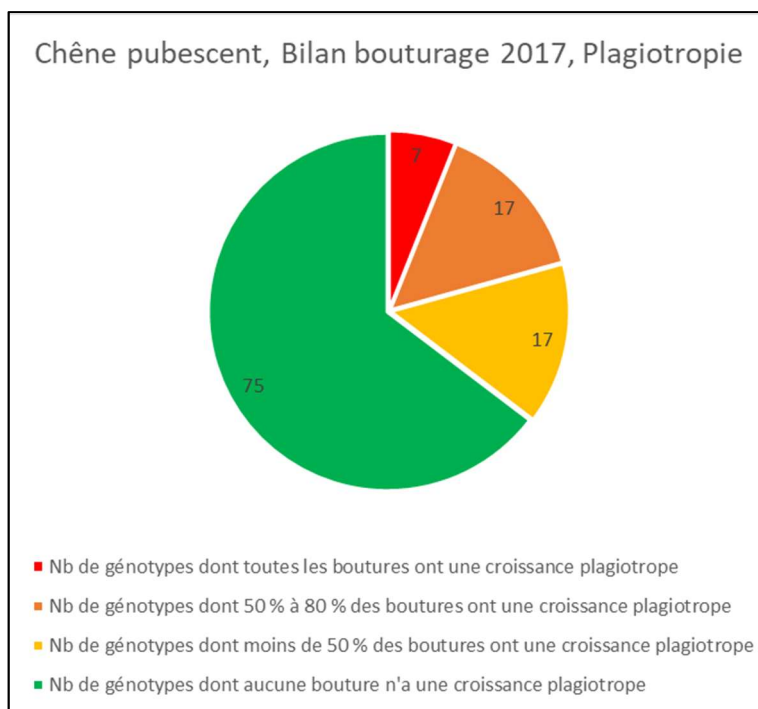
### a. Aptitude à la multiplication végétative par bouturage de 162 géotypes

Au printemps 2017, une première campagne de bouturage a eu lieu sur les 162 individus les plus développés. Au total 1 055 boutures ont été réalisées en mai (8 ramets prélevés par géotype dans la plupart des cas). La reprise de ces boutures a été appréciée en février 2018 ainsi que la plagiotropie éventuelle de leur croissance (cf. ci-après).

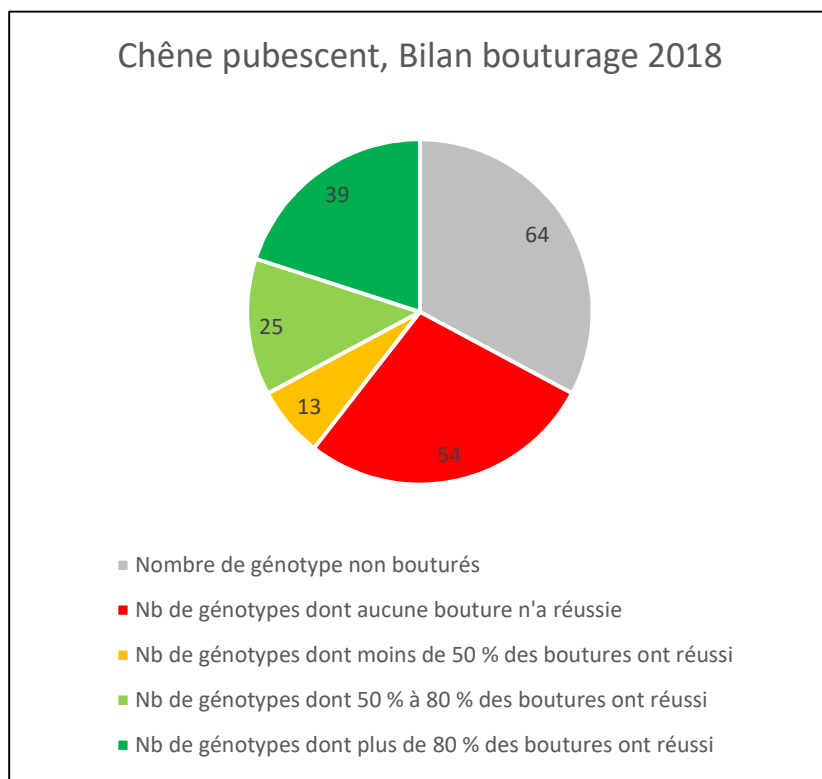


Pour 30% des géotypes bouturés, aucune bouture n'était vivante un an après. En revanche, 58 d'entre eux (soit 45 %) avaient au moins la moitié des boutures réalisées vivantes un an après les opérations.

Les 2/3 des boutures réalisées ont eu une pousse verticale non plagiotrope.

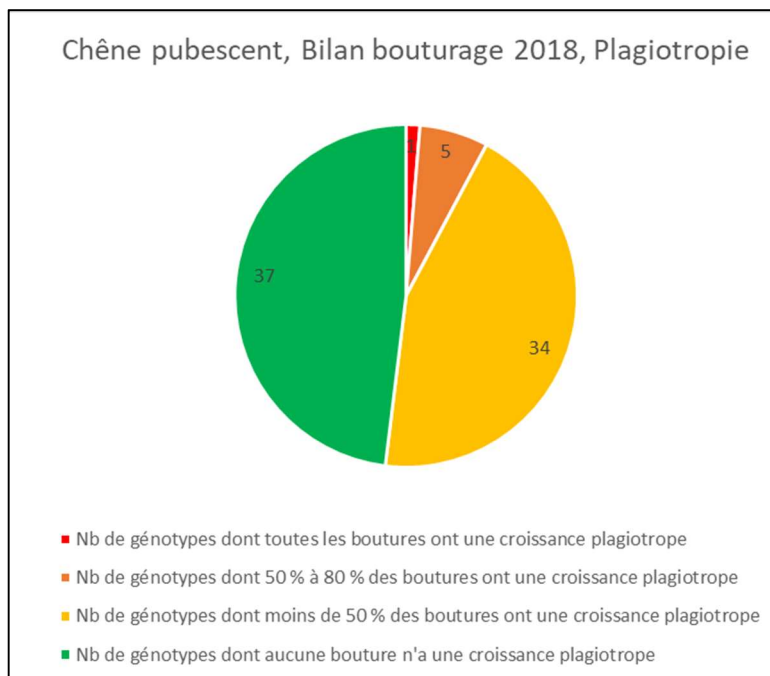


**L'année suivante, en mai 2018,** une deuxième campagne de bouturage a eu lieu sur 131 individus à raison de 8 ramets par génotype soit un total de 1048 boutures. Le bilan, réalisé un an après en mai 2019 se trouve ci-dessous :



Lors de cette deuxième campagne, 40 % des génotypes bouturés n'avaient aucune bouture vivante en 2019, tandis que près de la moitié avait une bonne aptitude à la multiplication végétative puisque au moins la moitié des boutures réalisées étaient vivantes.

La moitié des boutures réalisées ont eu une pousse verticale non plagiotrope.



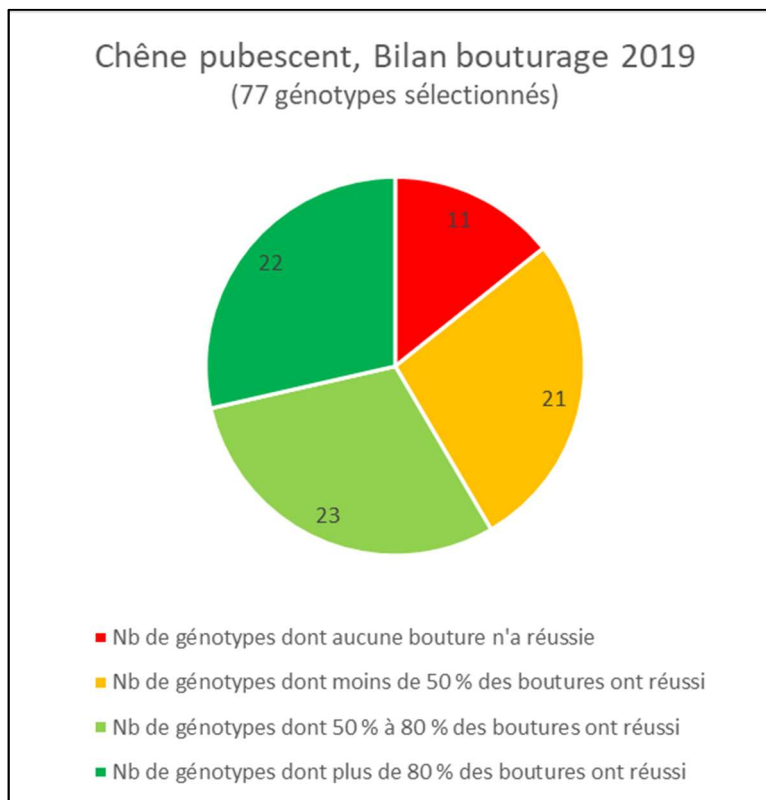
A partir de ces résultats, une première sélection a été faite en 2018 sur l'aptitude à la multiplication végétative par bouturage et 77 génotypes ont été retenus, les autres ont été éliminés du parc à pied mère. Les génotypes sélectionnés ont tous été recépés à 20 cm en février 2019.

## b. Aptitude à la multiplication végétative par bouturage des 77 géotypes sélectionnés

**En mai 2019**, l'ensemble des 77 géotypes sélectionnés a fait l'objet d'une nouvelle campagne de bouturage (8 boutures prélevées sur chacun d'entre eux) évaluée en décembre 2019. Les résultats sont présentés sur les deux graphes suivants.

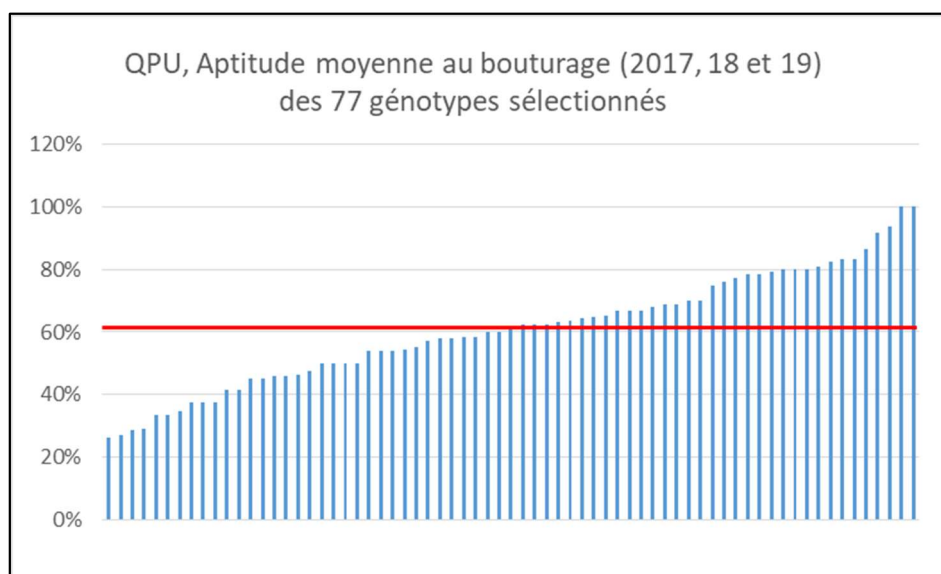
Pour 15 % de ces géotypes (n=11), aucune des 8 boutures réalisées n'a réussi. En revanche, plus de la moitié des géotypes sélectionnés (n=55) ont montré une bonne aptitude au bouturage avec plus de la moitié des boutures réalisées vivantes.

Aucune bouture n'était plagiotrope.



Sur l'ensemble des 3 campagnes de bouturages, 61 % des boutures prélevés sur ces 77 géotypes ont réussi (trait rouge sur le graphe ci-dessous). Plus précisément :

- 20 géotypes ont eu une très bonne capacité de multiplication végétative par bouturage ( $\geq 70\%$  de boutures réussies et un taux moyen égal à 82 %) ;
- 37, un taux de réussite supérieur ou égal à 60 % (taux moyen égal à 74 %) ;
- 47, un taux supérieur à 50 % (taux moyen égal à 70 %) ;



### c. Recherche de marqueurs génétiques chez les 77 génotypes sélectionnés

Les 77 chênes pubescents sélectionnés sur leur aptitude à la multiplication végétative ont fait l'objet d'une recherche de marqueurs génétiques de type microsatellite par le laboratoire de l'ONF (CGAF, UMR BioForA). Les analyses ont été réalisées à partir d'une dizaine de bourgeons prélevés en février 2019 sur les plants installés en parc à pied mère, selon le protocole décrit pages 29 et 30 du rapport relatif à l'action « Comportement de différentes provenances de chêne pubescent dans des contextes climatiques contrastés. Comparaison avec le chêne sessile. » du programme CONQueTh.

Les résultats sont présentés dans le tableau ci-après.

Les lignes grisées correspondent à 16 génotypes qui présentent un profil génétique plus ou moins éloigné de celui de l'espèce type *Quercus pubescens* ; une partie de leur génome étant attribuée à un autre chêne (pédonculé, en bleu, tauzin, en rouge, sessile, en orange).

Génotype	robur	pyr	pub	petraea
PPM_QPU_002	0.003	0.008	0.985	0.004
PPM_QPU_005	0.013	0.513	0.389	0.085
PPM_QPU_010	0.004	0.003	0.990	0.002
PPM_QPU_012	0.041	0.017	0.938	0.004
PPM_QPU_014	0.004	0.151	0.831	0.014
PPM_QPU_016	0.016	0.026	0.953	0.006
PPM_QPU_018	0.977	0.002	0.009	0.012
PPM_QPU_029	0.867	0.114	0.013	0.006
PPM_QPU_035	0.661	0.004	0.006	0.329
PPM_QPU_038	0.004	0.003	0.988	0.005
PPM_QPU_042	0.005	0.006	0.986	0.003
PPM_QPU_045	0.003	0.017	0.971	0.009
PPM_QPU_046	0.003	0.004	0.990	0.003
PPM_QPU_047	0.113	0.016	0.858	0.012
PPM_QPU_049	0.006	0.021	0.964	0.009
PPM_QPU_050	0.008	0.010	0.977	0.005
PPM_QPU_052	0.006	0.024	0.964	0.006
PPM_QPU_053	0.009	0.004	0.982	0.005
PPM_QPU_054	0.256	0.073	0.658	0.013
PPM_QPU_060	0.003	0.005	0.985	0.007
PPM_QPU_066	0.003	0.004	0.981	0.012
PPM_QPU_067	0.005	0.004	0.988	0.003
PPM_QPU_068	0.004	0.012	0.980	0.004
PPM_QPU_069	0.005	0.004	0.988	0.004
PPM_QPU_070	0.003	0.002	0.989	0.005
PPM_QPU_072	0.005	0.006	0.977	0.012
PPM_QPU_073	0.134	0.003	0.844	0.019
PPM_QPU_074	0.007	0.006	0.982	0.005
PPM_QPU_078	0.011	0.005	0.952	0.032
PPM_QPU_079	0.004	0.012	0.978	0.005
PPM_QPU_080	0.008	0.027	0.927	0.037
PPM_QPU_081	0.005	0.013	0.963	0.018
PPM_QPU_083	0.002	0.004	0.979	0.014
PPM_QPU_086	0.026	0.317	0.603	0.054
PPM_QPU_089	0.002	0.007	0.987	0.004
PPM_QPU_090	0.003	0.041	0.947	0.008
PPM_QPU_091	0.027	0.010	0.957	0.005
PPM_QPU_092	0.002	0.004	0.982	0.012
PPM_QPU_094	0.004	0.003	0.988	0.005
PPM_QPU_096	0.012	0.159	0.820	0.009
PPM_QPU_097	0.004	0.006	0.985	0.006
PPM_QPU_099	0.003	0.007	0.980	0.010
PPM_QPU_102	0.003	0.010	0.979	0.008
PPM_QPU_106	0.003	0.009	0.981	0.007
PPM_QPU_108	0.005	0.006	0.985	0.004
PPM_QPU_109	0.003	0.004	0.986	0.006
PPM_QPU_111	0.003	0.003	0.992	0.002
PPM_QPU_115	0.003	0.004	0.980	0.013
PPM_QPU_117	0.016	0.003	0.958	0.023
PPM_QPU_119	0.010	0.024	0.963	0.004
PPM_QPU_126	0.025	0.130	0.822	0.023
PPM_QPU_131	0.005	0.002	0.951	0.042
PPM_QPU_133	0.002	0.007	0.963	0.028
PPM_QPU_135	0.003	0.004	0.989	0.005
PPM_QPU_137	0.015	0.032	0.943	0.010
PPM_QPU_138	0.003	0.003	0.990	0.004
PPM_QPU_142	0.007	0.006	0.982	0.005
PPM_QPU_148	0.005	0.007	0.985	0.003
PPM_QPU_150	0.004	0.017	0.977	0.003
PPM_QPU_151	0.013	0.004	0.979	0.004
PPM_QPU_152	0.083	0.009	0.895	0.014
PPM_QPU_158	0.006	0.004	0.987	0.003
PPM_QPU_161	0.009	0.004	0.980	0.006
PPM_QPU_166	0.073	0.057	0.863	0.007
PPM_QPU_167	0.887	0.004	0.006	0.103
PPM_QPU_170	0.004	0.004	0.990	0.002
PPM_QPU_175	0.006	0.004	0.982	0.008
PPM_QPU_176	0.009	0.034	0.765	0.192
PPM_QPU_177	0.005	0.003	0.989	0.003
PPM_QPU_178	0.005	0.005	0.981	0.009
PPM_QPU_180	0.003	0.005	0.988	0.005
PPM_QPU_181	0.006	0.005	0.985	0.004
PPM_QPU_185	0.013	0.010	0.969	0.007
PPM_QPU_188	0.003	0.007	0.983	0.007
PPM_QPU_189	0.005	0.004	0.987	0.004
PPM_QPU_192	0.006	0.010	0.977	0.007
PPM_QPU_194	0.006	0.005	0.844	0.145

Quatre d'entre eux affichent une très forte proportion de génome de pédonculé (QPU 018, 029, 035 et 167). L'observation de la morphologie foliaire de ces pieds mère le 15 juillet 2020 à Guéméné Penfao a confirmé leur appartenance à l'espèce QRO (forme de la feuille, absence de pubescence sur le rameau de l'année et les nervures foliaires, présence d'oreillettes à la base du limbe).

Les 12 autres génotypes présentait tous un rameau de l'année pubescent, avec néanmoins, une pubescence d'intensité variable, tout comme celle présente sur les nervures foliaires.

Quoiqu'il en soit, les 16 génotypes en question seront éliminés du parc à pied mère et n'entreront donc pas dans la composition de la variété multiclonale.

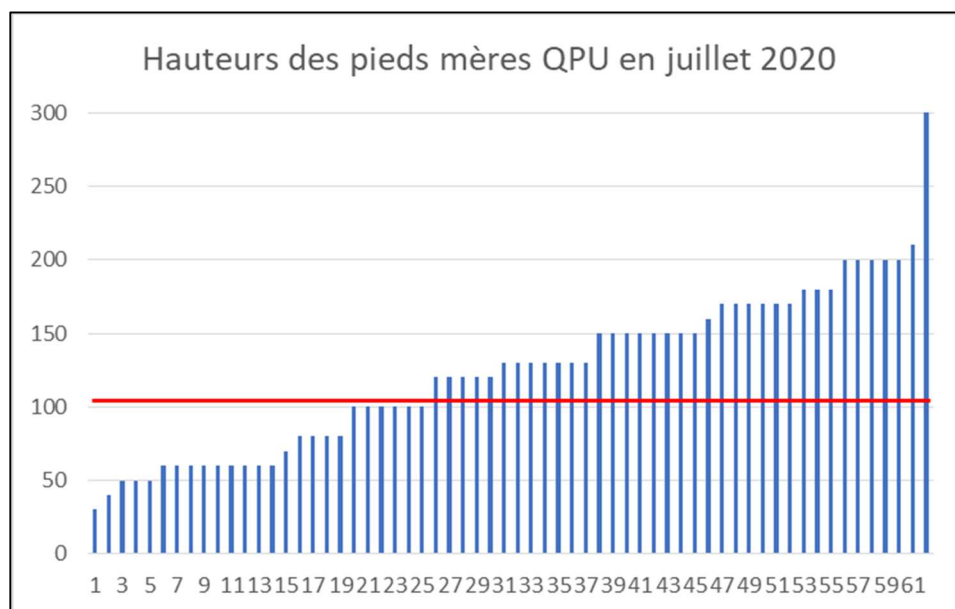
#### d. Suivi du débourrement des 77 génotypes sélectionnés

Compte tenu du confinement lié à la CoVid-19, seules 4 notations ont pu être faites, les 21 & 25 février, et les 2 & 10 mars 2020. Elles ne permettent pas de différencier les génotypes, la quasi-totalité d'entre eux ayant alors leurs bourgeons fermés.

#### e. Appréciation de la vigueur des génotypes

Des génotypes vigoureux fournissent en général un nombre de boutures importants, avec le plus souvent une bonne capacité d'enracinement. Pour évaluer la vigueur des génotypes sélectionnés, leur hauteur (apprécié par classe de 10 cm) a été réalisée en juillet 2020. Dans le graphique qui suit les 16 génotypes éliminés du fait des résultats de leur analyse génétique n'apparaissent pas.

Les plants vivants atteignaient 30 à 300 cm avec une valeur moyenne de 124 cm (trait rouge sur le graphique ci-dessous).



### III. Constitution du parc à pied mère de chêne sessile

---

#### III.1 Installation d'un premier parc « de travail » en 2016

---

- Automne 2016 : Repiquage sur bâche plastique (espacement de 50 cm entre les plants) de 250 plants de QPE 106 issus de glands récoltés dans le peuplement sélectionné de Bercé (QPE106-001, Secteur ligérien). Les glands ont été semés en 2015 à la pépinière de Guémené Penfao et étaient donc âgés de 2 ans (2-0) lors de l'installation.

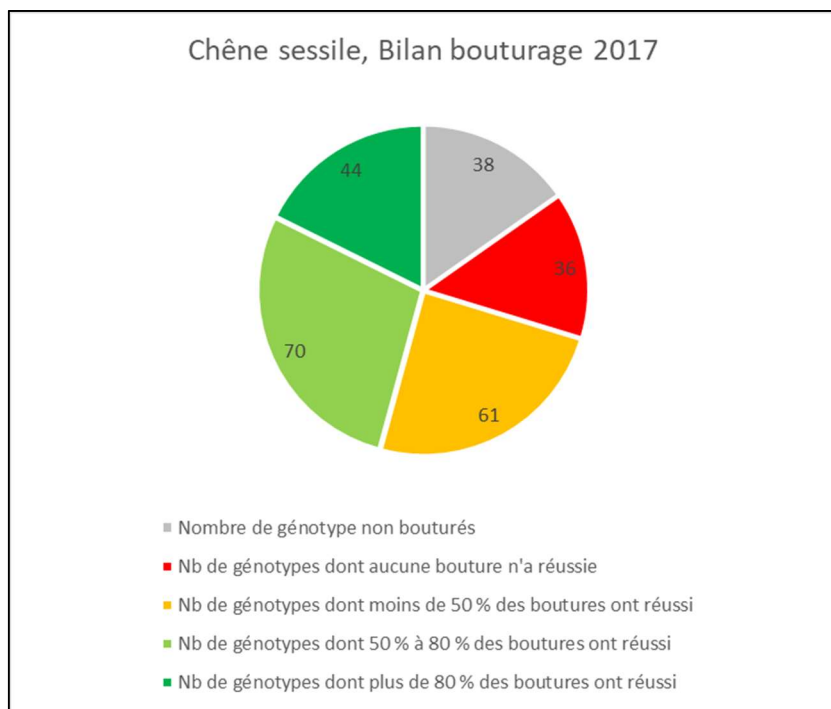
#### III.2 Observations et sélections réalisées

---

Compte tenu de l'objectif de ce parc à pieds mères, la capacité de multiplication végétative des génotypes qui le constitue est un critère de sélection majeur. Pour l'apprécier, 3 campagnes de bouturages successives ont eu lieu.

### a. Aptitude à la multiplication végétative par bouturage de 250 géotypes

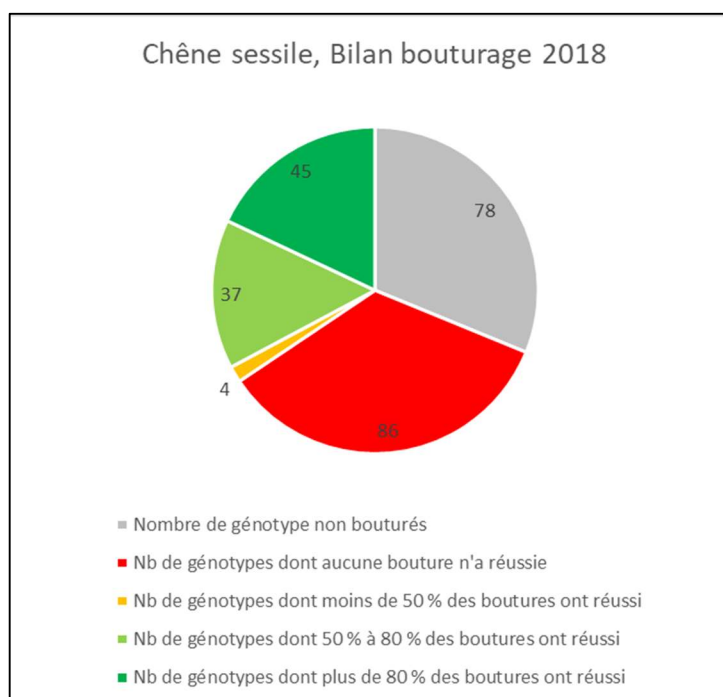
**Au printemps 2017**, une première campagne de bouturage a eu lieu sur les 207 plants les plus développés. Au total 1 090 boutures ont été réalisées en mai (de 1 à 8 ramets prélevés par géotype). La reprise de ces boutures a été appréciée en février 2018.

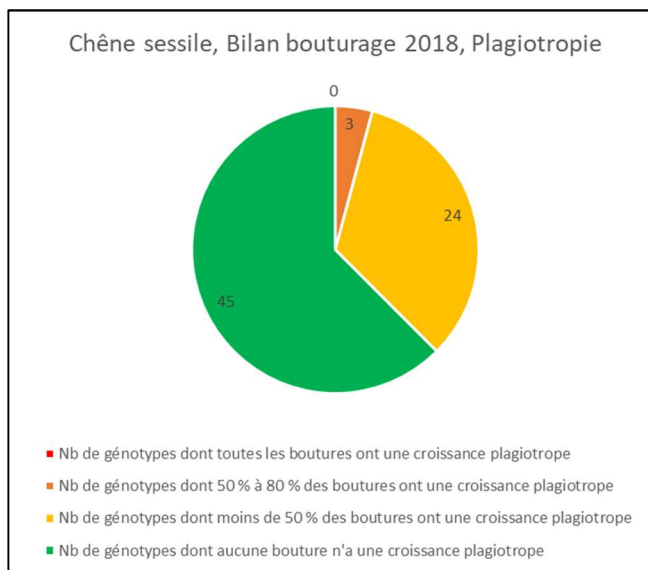


Pour 17 % des géotypes bouturés, aucune bouture n'était vivante un an après (Graphe ci-contre). Au contraire, 114 d'entre eux (soit plus de la moitié) avaient au moins la moitié des boutures réalisées vivantes un an après les opérations.

**L'année suivante, en mai 2018**, une deuxième campagne de bouturage a eu lieu sur 172 individus à raison de 8- parfois 7- ramets par géotype soit un total de 1 375 boutures. Le bilan, réalisé un an après en mai 2019 se trouve ci-dessous :

Lors de cette deuxième campagne, la moitié des géotypes bouturés n'avait aucune bouture vivante, les autres avaient majoritairement au moins la moitié des boutures réalisées vivantes.



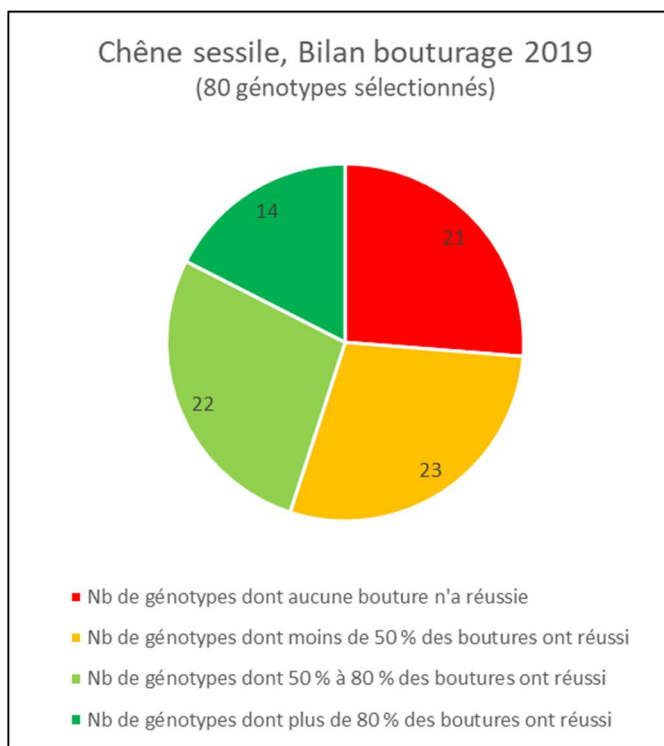


62 % des boutures vivantes en mai 2019, avaient un développement orthotrope.

A partir de ces résultats, une première sélection a été faite en 2018 et 80 génotypes ont été retenus parmi ceux ayant pu être multipliés par bouturage, les autres ont été éliminés du parc à pied mère. Les génotypes sélectionnés ont tous été recépés à 20 cm en février 2019.

### b. Aptitude à la multiplication végétative par bouturage des 80 génotypes sélectionnés

**En mai 2019**, l'ensemble des 80 génotypes sélectionnés a fait l'objet d'une nouvelle campagne de bouturage (8 boutures prélevées par génotype).



Un an après l'opération, pour un quart d'entre eux, aucune bouture réalisée n'avait réussie (graphe ci-contre). En revanche, 36 autres (soit un peu moins de la moitié) affichaient plus de la moitié des boutures vivantes.

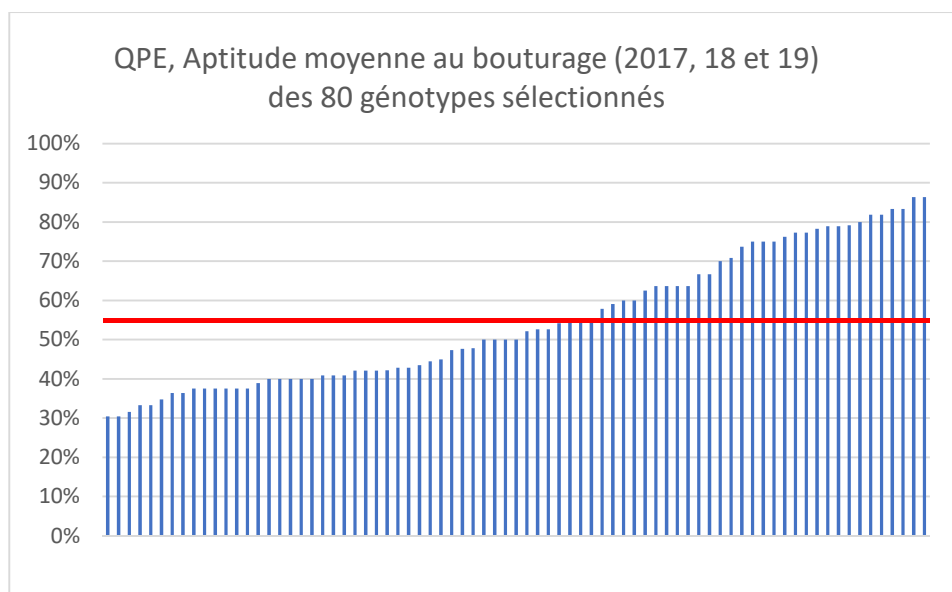
Les pousses développées étaient toutes orthotropes.



Sur l'ensemble des 3 campagnes de bouturages, 56 % des boutures prélevés sur ces 80 génotypes ont réussi (trait rouge sur le graphique ci-après).

Plus précisément :

- 40 génotypes ont eu une très bonne capacité de multiplication végétative par bouturage ( $\geq 70\%$  de boutures réussies et un taux moyen égal à 83 %) ;
- 54, un taux de réussite supérieur ou égal à 60 % (taux moyen égal à 78 %) ;
- 63, un taux supérieur à 50 % (taux moyen égal à 75 %) ;



### c. Recherche de marqueurs génétiques chez les 80 génotypes sélectionnés

Les 80 chênes sessiles sélectionnés sur leur aptitude à la multiplication végétative ont fait l'objet d'une recherche de marqueurs génétiques de type microsatellite par le laboratoire de l'ONF (CGAF, UMR BioForA). Les analyses ont été réalisées à partir d'une dizaine de bourgeons prélevés en février 2019 sur les plants installés en parc à pied mère, selon le protocole décrit pages 29 et 30 du rapport relatif à l'action « Comportement de différentes provenances de chêne pubescent dans des contextes climatiques contrastés. Comparaison avec le chêne sessile. » du programme CONQueTh.

Les résultats sont présentés dans le tableau ci-après.

Aucun individu hybride n'a été décelé dans les 80 génotypes analysés. Deux d'entre eux (PPM\_QPE\_006 et PPM\_QPE\_140) présentent une probabilité d'assignation à l'espèce *Quercus petraea* légèrement inférieure au seuil de 0.9 et seront éliminés du parc à pied mère et n'entreront donc pas dans la composition de la variété multiclonale.

Label	robur	pyr	pub	petraea	Label	robur	pyr	pub	petraea
PPM_QPE_004	0.009	0.004	0.004	0.983	PPM_QPE_173	0.006	0.004	0.003	0.988
PPM_QPE_006	0.009	0.094	0.022	0.875	PPM_QPE_180	0.004	0.014	0.013	0.969
PPM_QPE_013	0.005	0.013	0.016	0.966	PPM_QPE_183	0.005	0.002	0.003	0.989
PPM_QPE_018	0.008	0.004	0.024	0.963	PPM_QPE_184	0.003	0.005	0.006	0.985
PPM_QPE_043	0.003	0.005	0.003	0.989	PPM_QPE_186	0.004	0.014	0.004	0.978
PPM_QPE_044	0.017	0.023	0.010	0.950	PPM_QPE_189	0.005	0.006	0.007	0.982
PPM_QPE_046	0.005	0.002	0.004	0.989	PPM_QPE_192	0.005	0.005	0.003	0.987
PPM_QPE_070	0.010	0.009	0.004	0.977	PPM_QPE_193	0.002	0.004	0.003	0.991
PPM_QPE_094	0.004	0.008	0.062	0.927	PPM_QPE_195	0.004	0.002	0.004	0.989
PPM_QPE_105	0.003	0.002	0.003	0.992	PPM_QPE_197	0.010	0.012	0.069	0.910
PPM_QPE_107	0.009	0.006	0.005	0.980	PPM_QPE_198	0.031	0.020	0.018	0.932
PPM_QPE_110	0.013	0.004	0.003	0.979	PPM_QPE_199	0.004	0.003	0.005	0.988
PPM_QPE_116	0.010	0.007	0.009	0.973	PPM_QPE_201	0.003	0.006	0.006	0.985
PPM_QPE_117	0.004	0.004	0.020	0.972	PPM_QPE_202	0.011	0.003	0.003	0.982
PPM_QPE_118	0.002	0.005	0.003	0.989	PPM_QPE_203	0.003	0.008	0.019	0.970
PPM_QPE_124	0.006	0.006	0.020	0.968	PPM_QPE_209	0.004	0.003	0.002	0.991
PPM_QPE_126	0.004	0.004	0.006	0.987	PPM_QPE_211	0.005	0.002	0.002	0.991
PPM_QPE_128	0.005	0.004	0.005	0.986	PPM_QPE_212	0.005	0.003	0.004	0.989
PPM_QPE_129	0.004	0.007	0.014	0.975	PPM_QPE_213	0.005	0.014	0.003	0.979
PPM_QPE_130	0.002	0.006	0.004	0.988	PPM_QPE_214	0.004	0.015	0.005	0.975
PPM_QPE_131	0.003	0.004	0.002	0.990	PPM_QPE_215	0.003	0.006	0.005	0.986
PPM_QPE_133	0.004	0.003	0.006	0.987	PPM_QPE_216	0.019	0.005	0.008	0.968
PPM_QPE_135	0.002	0.003	0.002	0.992	PPM_QPE_220	0.003	0.003	0.005	0.989
PPM_QPE_136	0.007	0.003	0.003	0.986	PPM_QPE_221	0.006	0.003	0.003	0.988
PPM_QPE_137	0.003	0.009	0.069	0.919	PPM_QPE_224	0.003	0.006	0.004	0.987
PPM_QPE_138	0.005	0.015	0.005	0.975	PPM_QPE_225	0.004	0.005	0.014	0.977
PPM_QPE_139	0.005	0.003	0.003	0.989	PPM_QPE_226	0.005	0.003	0.006	0.987
PPM_QPE_140	0.050	0.072	0.009	0.869	PPM_QPE_227	0.004	0.004	0.004	0.988
PPM_QPE_141	0.004	0.011	0.004	0.981	PPM_QPE_230	0.003	0.002	0.011	0.984
PPM_QPE_144	0.046	0.005	0.005	0.943	PPM_QPE_232	0.003	0.004	0.005	0.988
PPM_QPE_147	0.003	0.006	0.004	0.987	PPM_QPE_236	0.028	0.021	0.008	0.944
PPM_QPE_151	0.005	0.005	0.008	0.981	PPM_QPE_238	0.033	0.005	0.016	0.946
PPM_QPE_152	0.008	0.004	0.002	0.986	PPM_QPE_240	0.010	0.028	0.003	0.959
PPM_QPE_154	0.003	0.003	0.002	0.992	PPM_QPE_245	0.018	0.008	0.011	0.962
PPM_QPE_155	0.003	0.004	0.003	0.990	PPM_QPE_246	0.015	0.009	0.004	0.972
PPM_QPE_162	0.018	0.011	0.048	0.924	PPM_QPE_250	0.004	0.004	0.017	0.975

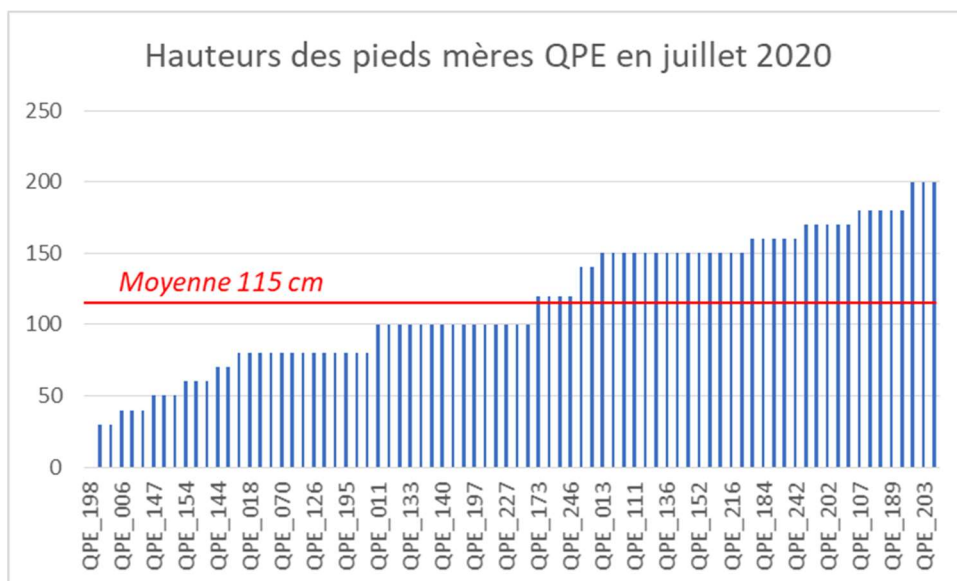
#### d. Suivi du débourrement des 80 géotypes sélectionnés

Compte tenu du confinement lié à la CoVid-19, seules 4 notations ont pu être faites, les 21 & 25 février, et les 2 & 10 mars. Elles ne permettent pas de différencier les géotypes, la quasi-totalité d'entre eux ayant alors leurs bourgeons fermés.

#### e. Appréciation de la vigueur des géotypes

Comme pour les géotypes de chêne pubescent, la vigueur des 80 géotypes de chêne sessile sélectionnés, a été appréciée en juillet 2020 en évaluant leur hauteur par classe de 10 cm.

Les plants vivants atteignaient 30 à 200 cm avec une valeur moyenne de 115 cm (trait rouge sur le graphique ci-dessous).



## IV. Composition des deux variétés multiclones

Suite à l'analyse des résultats des campagnes de bouturage de 2017 et 2018, 77 génotypes de chêne pubescent et 80 de chêne sessile avaient été sélectionnés dans un premier temps sur leur bonne aptitude à la multiplication végétative par bouturage. Dans le cadre du programme CONqueth, l'ensemble de ces génotypes a fait l'objet d'analyses génétiques par recherche de marqueurs ADN de type microsatellites. Parmi les 77 génotypes de chêne pubescent analysés, 16 ne présentaient pas un profil typique de l'espèce et ont été éliminés. Dans le cas du chêne sessile, 2 individus ont également été éliminés.

Compte tenu de la complexité qu'il y a à gérer la production de variétés multiclones, nous avons limité volontairement à 25 le nombre de génotypes par variétés.

### IV.1 Proposition de variétés composées de 25 génotypes

La sélection a ensuite fait intervenir l'aptitude au bouturage mesurée sur 3 années différentes ainsi que la vigueur des arbres en juillet 2020. Au final, 25 génotypes de chaque espèce ont été sélectionnés. Leurs caractéristiques figurent dans les tableaux suivants.

## a. Caractéristiques des 25 géotypes composants la variété multiclonale QPU25 de chêne pubescent :

Tous les géotypes composant cette variété de QPU ont une bonne aptitude à la multiplication végétative par bouturage (taux de réussite de 75 % en moyenne) et une bonne vigueur (hauteur moyenne de 138 cm variant de 80 à 210 cm).

		Aptitude au bouturage							Analyses génétiques				Vigueur
		Campagne 2017		Campagne 2018		Campagne 2019		Synthèse	Valeur d'attribution à chaque espèce				
		Nb Boutures réalisées en mai 2017	% Boutures réalisées en mai 2017 vivantes en février 2018	Nb Boutures réalisées en fév 2018	% Boutures réalisées en mai 2018 vivantes en février 2019	Nb Boutures réalisées en mai 2019	% Boutures réalisées en mai 2019 vivantes en décembre 2019	% boutures réalisées en 2017, 18 & 19 vivantes après 1 an	QRO	QPY	QPU	QPE	Hauteur (cm) juillet 2020
1	QPU_010	8	50%	8	100%	8	38%	63%	0.004	0.003	0.990	0.002	180
2	QPU_038	5	20%	8	88%	8	63%	62%	0.004	0.003	0.988	0.005	100
3	QPU_046	7	86%	0		8	75%	80%	0.003	0.004	0.990	0.003	120
4	QPU_053	8	100%	8	100%	8	100%	100%	0.009	0.004	0.982	0.005	150
5	QPU_066	4	50%	8	75%	8	63%	65%	0.003	0.004	0.981	0.012	120
6	QPU_070	8	100%	8	100%	8	100%	100%	0.003	0.002	0.989	0.005	170
7	QPU_072	8	50%	8	100%	8	100%	83%	0.005	0.006	0.977	0.012	130
8	QPU_078	8	63%	8	50%	8	75%	63%	0.011	0.005	0.952	0.032	170
9	QPU_080	6	67%	0		8	88%	79%	0.008	0.027	0.927	0.037	130
10	QPU_089	5	100%	8	50%	8	100%	81%	0.002	0.007	0.987	0.004	100
11	QPU_090	8	75%	8	75%	8	75%	75%	0.003	0.041	0.947	0.008	100
12	QPU_097	7	86%	8	100%	8	13%	65%	0.004	0.006	0.985	0.006	180
13	QPU_102	4	0%	8	100%	8	100%	80%	0.003	0.010	0.979	0.008	130
14	QPU_106	7	57%	8	100%	8	88%	83%	0.003	0.009	0.981	0.007	80
15	QPU_109	7	57%	8	100%	8	75%	78%	0.003	0.004	0.986	0.006	120
16	QPU_111	6	100%	8	0%	8	100%	64%	0.003	0.003	0.992	0.002	130
17	QPU_142	5	40%	8	100%	8	50%	67%	0.007	0.006	0.982	0.005	80
18	QPU_148	7	57%	0		8	63%	60%	0.005	0.007	0.985	0.003	130
19	QPU_158	5	100%	8	100%	8	38%	76%	0.006	0.004	0.987	0.003	80
20	QPU_177	8	88%	0		8	100%	94%	0.005	0.003	0.989	0.003	160
21	QPU_180	4	0%	8	100%	8	75%	70%	0.003	0.005	0.988	0.005	200
22	QPU_181	6	33%	8	88%	8	100%	77%	0.006	0.005	0.985	0.004	200
23	QPU_188	8	38%	8	50%	8	100%	63%	0.003	0.007	0.983	0.007	150
24	QPU_189	6	50%	8	100%	8	100%	86%	0.005	0.004	0.987	0.004	120
25	QPU_192	8	100%	8	100%	8	0%	67%	0.006	0.010	0.977	0.007	210
	<b>Moyennes</b>		<b>63%</b>		<b>85%</b>		<b>75%</b>	<b>75%</b>					<b>138</b>

## b. Caractéristiques des 25 géotypes composants la variété multiclonale QPE25 de chêne sessile :

		Aptitude au bouturage							Analyses génétiques				Vigueur
		Campagne 2017		Campagne 2018		Campagne 2019		Synthèse	Valeur d'attribution à chaque espèce				
		Nb Boutures réalisées en mai 2017	% Boutures réalisées en mai 2017 vivantes en février 2018	Nb Boutures réalisées en fév 2018	% Boutures réalisées en mai 2018 vivantes en février 2019	Nb Boutures réalisées en mai 2019	% Boutures réalisées en mai 2019 vivantes en décembre 2019	% boutures réalisées en 2017, 18 & 19 vivantes après 1 an	QRO	QPY	QPU	QPE	Hauteur (cm) juillet 2020
1	QPE_004	8	38%	8	100%	8	100%	79%	0.009	0.004	0.004	0.983	160
2	QPE_043	8	100%	8	88%	8	38%	75%	0.003	0.005	0.003	0.989	150
3	QPE_044	7	100%	8	100%	8	75%	91%	0.017	0.023	0.010	0.950	80
4	QPE_070	5	80%	8	88%	8	38%	67%	0.010	0.009	0.004	0.977	80
5	QPE_094	8	100%	8	75%	8	100%	92%	0.004	0.008	0.062	0.927	80
6	QPE_110	6	17%	8	88%	8	75%	64%	0.013	0.004	0.003	0.979	80
7	QPE_117	8	100%	8	88%	8	63%	83%	0.004	0.004	0.020	0.972	150
8	QPE_118	4	100%	8	50%	8	50%	60%	0.002	0.005	0.003	0.989	180
9	QPE_124	6	67%	8	100%	8	75%	82%	0.006	0.006	0.020	0.968	100
10	QPE_130	4	100%	8	100%	8	50%	80%	0.002	0.006	0.004	0.988	150
11	QPE_131	6	67%	8	100%	8	88%	86%	0.003	0.004	0.002	0.990	80
12	QPE_151	4	100%	8	100%	8	38%	75%	0.005	0.005	0.008	0.981	150
13	QPE_152	6	50%	8	63%	8	63%	59%	0.008	0.004	0.002	0.986	150
14	QPE_155	2	100%	8	88%	8	38%	67%	0.003	0.004	0.003	0.990	200
15	QPE_192	7	86%	8	75%	8	75%	78%	0.005	0.005	0.003	0.987	150
16	QPE_195	6	100%	8	100%	8	0%	64%	0.004	0.002	0.004	0.989	80
17	QPE_197	6	83%	8	88%	8	88%	86%	0.010	0.012	0.069	0.910	100
18	QPE_203	6	67%	8	50%	8	75%	64%	0.003	0.008	0.019	0.970	200
19	QPE_216	2	0%	8	88%	8	100%	83%	0.019	0.005	0.008	0.968	150
20	QPE_220	3	67%	8	100%	8	63%	79%	0.003	0.003	0.005	0.989	140
21	QPE_221	4	25%	8	75%	8	63%	60%	0.006	0.003	0.003	0.988	120
22	QPE_227	8	75%	8	100%	8	38%	71%	0.004	0.004	0.004	0.988	100
23	QPE_230	5	20%	8	88%	8	100%	76%	0.003	0.002	0.011	0.984	150
24	QPE_232	3	67%	8	100%	8	50%	74%	0.003	0.004	0.005	0.988	100
25	QPE_236	8	75%	8	100%	8	50%	75%	0.028	0.021	0.008	0.944	120
	<b>Moyennes</b>		<b>71%</b>		<b>88%</b>		<b>64%</b>	<b>75%</b>					<b>128</b>

Tous les géotypes composant cette variété de QPE ont une bonne aptitude à la multiplication végétative par bouturage (taux de réussite de 75 % en moyenne, identique à celui de la variété QPU) et une bonne vigueur (hauteur moyenne de 128 cm s'échelonnant entre 80 et 200 cm).

## IV.2 Proposition de variétés composées de 16 géotypes

Pour être en phase avec les protocoles expérimentaux élaborés dans le cadre du projet Espérance par l'ensemble des partenaires de la Recherche et du Développement forestier pour comparer l'adaptation et les performances de différents matériels forestiers de reproduction, nous avons étudié la possibilité de limiter à 16 géotypes, les variétés multiclonaux. En effet, le nombre d'arbres mesurés dans les tests d'élimination est de 16 et de 64 (soit 4 x 16) dans les tests de comportement.

Pour cela, nous avons cherché à maximiser les valeurs attribuées par les marqueurs génétiques à l'espèce considérée et avons retenu les arbres les plus vigoureux.

**a. Caractéristiques des 16 géotypes composants la variété multiclonale QPU16 de chêne pubescent :**

		Aptitude au bouturage							Analyses génétiques				Vigueur
		Campagne 2017		Campagne 2018		Campagne 2019		Synthèse	Valeur d'attribution à chaque espèce				
		Nb Boutures réalisées en mai 2017	% Boutures réalisées en mai 2017 vivantes en février 2018	Nb Boutures réalisées en fév 2018	% Boutures réalisées en mai 2018 vivantes en février 2019	Nb Boutures réalisées en mai 2019	% Boutures réalisées en mai 2019 vivantes en décembre 2019	% boutures réalisées en 2017, 18 & 19 vivantes après 1 an	QRO	QPY	QPU	QPE	Hauteur (cm) juillet 2020
1	QPU_038	5	20%	8	88%	8	63%	62%	0.004	0.003	0.988	0.005	100
2	QPU_046	7	86%	0		8	75%	80%	0.003	0.004	0.990	0.003	120
3	QPU_053	8	100%	8	100%	8	100%	100%	0.009	0.004	0.982	0.005	150
4	QPU_066	4	50%	8	75%	8	63%	65%	0.003	0.004	0.981	0.012	120
5	QPU_070	8	100%	8	100%	8	100%	100%	0.003	0.002	0.989	0.005	170
6	QPU_072	8	50%	8	100%	8	100%	83%	0.005	0.006	0.977	0.012	130
7	QPU_089	5	100%	8	50%	8	100%	81%	0.002	0.007	0.987	0.004	100
8	QPU_102	4	0%	8	100%	8	100%	80%	0.003	0.010	0.979	0.008	130
9	QPU_109	7	57%	8	100%	8	75%	78%	0.003	0.004	0.986	0.006	120
10	QPU_111	6	100%	8	0%	8	100%	64%	0.003	0.003	0.992	0.002	130
11	QPU_148	7	57%	0		8	63%	60%	0.005	0.007	0.985	0.003	130
12	QPU_177	8	88%	0		8	100%	94%	0.005	0.003	0.989	0.003	160
13	QPU_180	4	0%	8	100%	8	75%	70%	0.003	0.005	0.988	0.005	200
14	QPU_181	6	33%	8	88%	8	100%	77%	0.006	0.005	0.985	0.004	200
15	QPU_188	8	38%	8	50%	8	100%	63%	0.003	0.007	0.983	0.007	150
16	QPU_189	6	50%	8	100%	8	100%	86%	0.005	0.004	0.987	0.004	120
	<b>Moyennes</b>		<b>58%</b>		<b>81%</b>		<b>88%</b>	<b>78%</b>					<b>139</b>

**b. Caractéristiques des 16 géotypes composants la variété multiclonale QPE16 de chêne sessile :**

		Aptitude au bouturage							Analyses génétiques				Vigueur
		Campagne 2017		Campagne 2018		Campagne 2019		Synthèse	Valeur d'attribution à chaque espèce				
		Nb Boutures réalisées en mai 2017	% Boutures réalisées en mai 2017 vivantes en février 2018	Nb Boutures réalisées en fév 2018	% Boutures réalisées en mai 2018 vivantes en février 2019	Nb Boutures réalisées en mai 2019	% Boutures réalisées en mai 2019 vivantes en décembre 2019	% boutures réalisées en 2017, 18 & 19 vivantes après 1 an	QRO	QPY	QPU	QPE	Hauteur (cm) juillet 2020
1	QPE_004	8	38%	8	100%	8	100%	79%	0.009	0.004	0.004	0.983	160
2	QPE_043	8	100%	8	88%	8	38%	75%	0.003	0.005	0.003	0.989	150
3	QPE_117	8	100%	8	88%	8	63%	83%	0.004	0.004	0.020	0.972	150
4	QPE_118	4	100%	8	50%	8	50%	60%	0.002	0.005	0.003	0.989	180
5	QPE_130	4	100%	8	100%	8	50%	80%	0.002	0.006	0.004	0.988	150
6	QPE_151	4	100%	8	100%	8	38%	75%	0.005	0.005	0.008	0.981	150
7	QPE_152	6	50%	8	63%	8	63%	59%	0.008	0.004	0.002	0.986	150
8	QPE_155	2	100%	8	88%	8	38%	67%	0.003	0.004	0.003	0.990	200
9	QPE_192	7	86%	8	75%	8	75%	78%	0.005	0.005	0.003	0.987	150
10	QPE_203	6	67%	8	50%	8	75%	64%	0.003	0.008	0.019	0.970	200
11	QPE_216	2	0%	8	88%	8	100%	83%	0.019	0.005	0.008	0.968	150
12	QPE_220	3	67%	8	100%	8	63%	79%	0.003	0.003	0.005	0.989	140
13	QPE_221	4	25%	8	75%	8	63%	60%	0.006	0.003	0.003	0.988	120
14	QPE_227	8	75%	8	100%	8	38%	71%	0.004	0.004	0.004	0.988	100
15	QPE_230	5	20%	8	88%	8	100%	76%	0.003	0.002	0.011	0.984	150
16	QPE_236	8	75%	8	100%	8	50%	75%	0.028	0.021	0.008	0.944	120
	<b>Moyennes</b>		<b>69%</b>		<b>84%</b>		<b>63%</b>	<b>73%</b>					<b>151</b>

## V. Perspectives

---

La crise sanitaire n'a pas permis d'effectuer les observations de débournement prévues initialement, elles ont donc été reprogrammées au printemps 2021. Les variations observées dans la phénologie des individus permettront d'appréhender leur diversité et de compléter les éléments obtenus grâce à la recherche de marqueurs génétique.

La pépinière de Guéméné-Penfao poursuivra également ses travaux pour maîtriser la technique de bouturage racinaire des chênes, une des techniques mobilisables pour maintenir les parcs à pied mère sur le long terme et assurer la continuité de la production des variétés. En effet, après plusieurs années, (une dizaine selon M. Rondouin du PNRGF-Guéméné), les pieds mère ne sont plus en capacité de fournir des boutures qui s'enracinent correctement. Ils doivent donc faire l'objet d'une multiplication végétative impliquant une rejuvénalisation des tissus, ce que permet le bouturage racinaire.



*Vue générale du parc à pied mère de chêne pubescent en juillet 2020 (Photo S. Girard, CNPF)*

Les plants issus des différentes campagnes de bouturage ont été utilisés dans le cadre du programme CONQueTh pour installer deux dispositifs expérimentaux, qui font l'objet d'un suivi par le CNPF :

- une plantation mélangée avec du hêtre, réalisée en décembre 2019 dans le Pas de Calais ;
- une plantation comparative de provenances de chênes pubescent et sessile dans la Nièvre en décembre 2020. Dans cette dernière, les deux variétés multiclonaux composées de 25 génotypes ont été installées comme témoin.

Une nouvelle campagne de bouturage des géotypes sélectionnés aura lieu en mai 2021 pour que les variétés puissent être intégrées à de futurs dispositifs expérimentaux qui seront mis en place par les différents organismes de Recherche et Développement, et en particulier aux tests d'élimination et de comportement du réseau Espérance.

Pour organiser au mieux la production de ces variétés par la pépinière de Guémené-Penfao, il conviendra de planifier annuellement une quantité de plants à produire, quantité qui pourra être définie collectivement au sein du Comité Technique de Coordination du Pôle National des Ressources Génétiques.