



Institut pour le Développement Forestier

Assistance technique pour la mise en œuvre du programme de recherche « SVE »
(Structures Végétales Ecologiques – EO 2845)

Etude de l'influence du type de paillis (à base de matériaux synthétiques ou organiques) **sur la croissance des plants forestiers**

Essai 77.03.01 sur **merisier** et **chêne sessile**
Claye-Souilly (Seine-et-Marne, 77)

Rapport final de convention 2006



Travaux conduits avec le soutien financier du
Réseau Ferré de France (RFF)
Conventions de marché n° 05238.2.1.0172.0000

et en collaboration avec la
Société Nationale des Chemins de Fer Français (SNCF)
Département Etudes de Lignes (IG LG) – Division Environnement (IG – LGE)

Contractant : Institut pour le Développement Forestier (IDF)
Responsable du projet : Philippe Van Lerberghe
IDF – 7, chemin de la Lacade 31320 Auzeville-Tolosane (France)
Tél. : +33/(0)5 61 75 45 00 – Fax. : +33/(0)5 61 75 45 09
Email : philippe.vanlerberghe@cnpf.fr

Résumé

L'essai n°77/03/01 porte sur la comparaison des effets de quatorze modalités de paillage sur la hauteur, le diamètre et l'élancement de deux essences ligneuses, le chêne sessile et le merisier. L'élancement d'un arbre est défini comme le rapport de sa hauteur à son diamètre. Le plan expérimental a été élaboré en novembre 2003 et mis en place en décembre 2003. L'expérience s'est terminée fin 2006.

Parmi les 1344 arbres (672 chênes, 672 merisiers) plantés en décembre 2003 pour cet essai, 1101 (496 chênes, 605 merisiers) sont encore présents en fin d'expérience, octobre 2006. La principale cause de disparition est la mort chez le chêne (60% des disparitions), l'élimination chez le merisier (88% des disparitions). Le suivi temporel de ces disparitions montre une forte augmentation en 2006 par rapport aux années précédentes. Cinq chênes et quatre merisiers ont disparu entre la plantation et avril 2004, 48 chênes et 2 merisiers ont disparu au cours de la saison de croissance 2004, 35 chênes et 5 merisiers en 2005, 88 chênes et 56 merisiers en 2006.

Le taux de mortalité des chênes n'est pas indépendant des modalités de paillage. Il dépasse 30% chez les témoins et les désherbés, se situe entre 20% et 25% sous les paillis Am-Coco, Reviron F et SNCF Sil et varie entre 10% et 15% pour les autres produits, sauf pour HPK où il n'est que de 4,3%. Quand on compare les croissances – de leur vivant – des chênes morts et des chênes survivants en 2006, on observe en 2004 une différence de croissance en hauteur de 1,1 cm en faveur des survivants et en 2005 une différence de croissance en diamètre de 0,5 mm en faveur des survivants. Ces différences sont les seules significatives. On notera que ces différences sont négligeables par rapport aux différences de croissance entre les modalités de paillage les plus performantes et les moins performantes et ne peuvent donc affecter l'ordre de ces performances.

Après exclusion de 46 arbres à croissance nulle (44 chênes, 2 merisiers) et de 4 arbres ayant montré des valeurs aberrantes (1 chêne, 3 merisiers), il reste 1051 arbres « actifs » fin 2006, 451 chênes et 600 merisiers. Il y a entre 21 et 42 chênes et de 36 à 46 merisiers par modalité de paillage.

Les chênes ont grandi en moyenne de 28,0 cm en hauteur, de 1,5 mm en diamètre et ont gagné 14,9 unités (cm/cm) d'élancement. Les performances moyennes correspondantes pour les merisiers sont un gain de 47,5 cm en hauteur, de 12,1 mm en diamètre et une perte de 15,9 unités en élancement.

Trois phénomènes valent d'être soulignés.

D'une part, la croissance en hauteur du chêne a quadruplé en 2006 par rapport à 2005, tandis que sa croissance en diamètre a peu progressé. D'autre part, la croissance en hauteur du merisier n'a pas progressé en 2006 par rapport aux années précédentes, tandis que sa croissance en diamètre a pratiquement doublé chaque année. Enfin, vu la forte progression de sa croissance en hauteur, le chêne a gagné de l'élancement en 2006, contrairement aux années précédentes. Sur l'ensemble de l'expérience, le chêne a donc gagné de l'élancement tandis que le merisier en a perdu.

Les croissances diffèrent significativement entre modalités de paillage pour chacune des trois caractéristiques (hauteur, diamètre, élancement) chez le chêne comme chez le merisier.

Les meilleures croissances en hauteur sont obtenues pour le chêne avec le paillis Reviron F suivi d'une série de quatre produits équivalents : Groen Creatie, HPK, les traverses SNCF et le Chanvre 14. Pour le merisier, les meilleures croissances en hauteur sont obtenues avec le bois déchiqueté, les traverses SNCF et le Reviron T. Pour les deux essences, les moins bonnes croissances en hauteur sont obtenues chez les témoins et avec le paillage Ahlstrom. Les modalités les plus performantes en 2006 sont aussi parmi les plus performantes en 2005. Il en va de même pour les modalités les moins performantes. On observe par contre de nombreuses inversions d'ordre entre 2004 et les années suivantes.

Les meilleures croissances en diamètre sont obtenues chez le chêne avec les deux produits Reviron, suivis des traverses SNCF et de Groen Creatie. Chez le merisier, les traverses SNCF et le bois déchiqueté sortent clairement du lot. Les moins bonnes performances sont observées chez les Témoins, suivis du paillis AmCoco chez le chêne et du paillis Ahlstrom chez le merisier. Les modalités les moins performantes en 2006 sont déjà parmi les moins performantes en 2004 et 2005. Chez le chêne, la supériorité des produits Reviron (F en particulier) apparaît en 2005 ; chez le merisier la très nette supériorité des traverses SNCF se marque surtout en 2006, dans une moindre mesure en 2004 mais pas en 2005.

Pour la croissance en élancement enfin, chez le chêne, les élancements les plus élevés sont obtenus avec les deux produits SNCF et le Reviron F ; chez le merisier, ce sont le Témoin et le produit Ahlstrom. Il ne faut pas oublier que l'élancement est mesuré pour chaque arbre comme le rapport entre sa hauteur et son diamètre. Dans le cas du merisier, les croissances en élancement plus élevées (moins négatives, en fait) associées aux Témoins et au paillis Ahlstrom, sont dues aux plus fortes croissances en diamètre observées sous toutes les autres modalités de paillage, en particulier les traverses SNCF et le bois déchiqueté (qui sont associés aux croissances en élancement les moins élevées).

On peut conclure de cette expérience que le paillis Reviron F donne globalement les meilleures croissances chez le chêne. Chez le merisier, les meilleures croissances en hauteur et en diamètre sont obtenues avec les traverses SNCF et le bois déchiqueté.

Sommaire

1	INTRODUCTION	1
1.1	RAPPEL DES OBJECTIFS ET DU PLAN EXPERIMENTAL	1
1.2	STRATEGIE D'ANALYSE ET MODELISATION	1
2	RESULTATS	2
2.1	EXAMEN ET ANALYSES PRELIMINAIRES	2
2.1.1	Valeurs manquantes	3
2.1.1.1	Statistiques descriptives	3
2.1.1.2	Comparaison entre essences et essais	5
2.1.2	Arbres à croissance nulle en 2006	6
2.1.2.1	Relation entre l'état en 2006 et la croissance en 2005	6
2.1.2.2	Influence des arbres à croissance nulle sur la distribution des croissances	8
2.1.3	Recherche de valeurs aberrantes	9
2.1.4	Statistiques descriptives	11
2.1.5	Taux de perte et mortalité : variations spatiales et selon la modalité de paillage	11
2.1.6	Taux de mortalité par essence et selon la modalité de paillage	14
2.1.7	Patrons de variation spatiale	16
2.2	EFFETS DES MODALITES DE PAILLAGE SUR LA CROISSANCE EN 2006	17
2.2.1	Caractéristiques moyennes par modalité et par essence	17
2.2.2	Comparaisons entre modalités de paillage	20
2.2.2.1	Croissance en hauteur	20
2.2.2.2	Croissance en diamètre	22
2.2.2.3	Croissance en élancement	24
2.3	EFFETS DES MODALITES DE PAILLAGE SUR LES VALEURS ATTEINTES FIN 2006 POUR LES TROIS CARACTERISTIQUES	26
2.3.1	Caractéristiques moyennes par modalité et par essence	26
2.3.2	Comparaisons entre modalités de paillage	28
2.3.2.1	Hauteur atteinte fin 2006	28
2.3.2.2	Diamètre atteint en octobre 2006	30
2.3.2.3	Élancement atteint fin 2006	31
3	CONCLUSION	33
4	ANNEXES	35
4.1	STATISTIQUES DE CROISSANCE D'AVRIL A NOVEMBRE 2004 PAR ESSENCE ET PAR MODALITE	35
4.1.1	Croissance en hauteur (en cm)	35
4.1.2	Croissance en diamètre (en mm)	36
4.1.3	Croissance en élancement (en cm/cm)	36
4.2	STATISTIQUES SUR VALEURS ATTEINTES EN NOVEMBRE 2004 PAR ESSENCE ET PAR MODALITE ...	37
4.2.1	Hauteurs (en cm)	37
4.2.2	Diamètres (en mm)	37
4.2.3	Élancements (en cm/cm)	38

1 INTRODUCTION

1.1 RAPPEL DES OBJECTIFS ET DU PLAN EXPERIMENTAL

L'essai 77/03/01 a pour objectif de comparer les effets de 14 modalités de paillage sur la croissance en hauteur, en diamètre et en élanement, de deux essences ligneuses, le chêne et le merisier.

La planification de cet essai a été réalisée en novembre 2003 et a fait l'objet d'un rapport préliminaire (« SNCF_Paillage_Rapport770301_Planification »). En bref, 1344 arbres ont été plantés sur une grille de six fois quatre parcelles (six bandes inter-andains, quatre colonnes) ; chaque parcelle comporte deux rangées voisines de 14 chênes et deux rangées voisines de 14 merisiers ; les quatorze modalités de paillage sont réparties au hasard parmi les arbres de chaque rangée.

L'analyse préliminaire des hauteurs et diamètres des arbres mesurés en avril 2004, cinq mois après implantation de l'essai et des élanements déduits de ces variables a fait l'objet d'un compte-rendu d'installation d'essai (« SNCF_Paillage_Rapport770301_Plantation »).

L'analyse des croissances en 2004 (avril à novembre) et des valeurs atteintes en novembre 2004 (hauteurs, diamètres, élanements) a fait l'objet d'un rapport d'avancement des travaux 2004 (« SNCF_Paillage_Rapport770301_1an »). Enfin, l'analyse des croissances en 2005 et des valeurs atteintes en novembre 2005 (hauteurs, diamètres, élanements) a fait l'objet d'un rapport d'avancement des travaux 2005 (« SNCF_Paillage_Rapport 770301_2ans »).

Nous renvoyons à ces rapports pour une description précise du plan expérimental et des résultats obtenus jusque fin 2005.

Le présent concerne l'influence des modalités de paillage sur la croissance des arbres en 2006 (en hauteur, diamètre et élanement). Pour chaque caractéristique, **la croissance d'un arbre en 2006 vaut la différence entre sa valeur mesurée en octobre 2006 et celle mesurée en novembre 2005.**

On examinera aussi l'influence des modalités de paillage sur la hauteur, le diamètre et l'élanement atteints en octobre 2006 et finalement leur influence sur la croissance globale depuis la plantation en 2003 (valeurs initiales mesurées en avril 2004) et la fin de l'expérience en octobre 2006.

Enfin on analysera la mortalité des arbres au cours de ces trois années : varie-t-elle selon les modalités de paillage ? Les arbres qui meurent présentaient-ils, avant de mourir, des croissances ou des valeurs moindres que les autres ?

1.2 STRATEGIE D'ANALYSE ET MODELISATION

Le plan expérimental élaboré pour cet essai appelait un modèle d'analyse en « **Rectangles Latins** ».

Dès l'année 2004, les croissances des deux essences ont divergé au point qu'il n'était plus raisonnable de les analyser conjointement (voir rapports précédents). Cette divergence est restée apparente au cours des années suivantes, appelant une analyse séparée pour chaque essence. Tenant compte de ceci, le modèle d'analyse, pour chaque essence, tient compte des facteurs suivants : parcelle, modalité de paillage et rangée d'arbres dans la parcelle. Les facteurs « Parcelle » (de type aléatoire) et « Modalité de paillage » (de type fixe) sont croisés, tandis que la « Rangée » est hiérarchisée à la parcelle (Figure 1).

Ceci correspond à un **modèle classique d'analyse de la variance à trois critères, dit « de type IV » avec hiérarchie partielle**. On suppose que les parcelles sont choisies aléatoirement et que les écarts entre moyennes des trois variables par parcelle suivent une distribution Gaussienne.

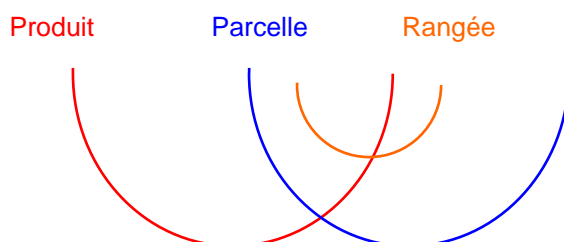


Figure 1 : Structure du modèle en parcelles aléatoires (modèle d'analyse de la variance à trois critères de classification dit de type IV) pour une essence

La liste des termes du modèle complet ainsi que les degrés de liberté associés à chaque terme (sans données manquantes) est reprise ci-dessous (Tableau 1). La parcelle et la rangée sont ici considérées comme aléatoires. Dans ce modèle, classiquement l'absence d'effet des modalités de paillage s'éprouvera en comparant le carré moyen Modalités au carré moyen d'interaction Modalité × Parcelle.

Terme du modèle	Type	Degrés de liberté	Remarques
Parcelle	Aléatoire	24 parcelles – 1 = 23	
Modalité de paillage	Fixe	14 modalités – 1 = 13	
Modalité × Parcelle	Aléatoire	13 × 23 = 299	
Rangée (Parcelle)	Aléatoire	(2 r. – 1) × 24 = 24	
Modalité × Rangée (Parcelle)	Aléatoire	13 × 24 = 312	= variance résiduelle

Tableau 1 : Liste des termes pour le modèle d'analyse par essence (672 arbres par essence)

2 RESULTATS

L'exposé des résultats est structuré comme suit :

1. Examen et analyses préliminaires des données de croissance en 2006 et des valeurs atteintes en octobre 2006, y compris l'analyse des mortalités.
2. Évaluation des effets des modalités de paillage sur les croissances en hauteur, en diamètre et en élancement.
3. Comparaison des hauteurs, diamètres et élancements atteints en octobre 2006 en fonction des modalités de paillage.

Ces résultats seront ensuite discutés.

2.1 EXAMEN ET ANALYSES PRELIMINAIRES

Pour rappel, la liste des « Modalités de paillage » est la suivante (entre parenthèses : libellé utilisé dans les graphiques) :

- | | |
|---|--------------|
| 1. Témoin non paillé et non désherbé | (Témoin) |
| 2. Feuille plastique Reviron, film non tressé | (Reviron F) |
| 3. Feuille plastique Reviron, film tressé | (Reviron T) |
| 4. Ballaste SNCF (roche, silicate d'alumine) | (SNCF Sil) |
| 5. SNCF, traverses broyées | (SNCF Trav) |
| 6. Broyat de bois | (Bois déch.) |
| 7. Feutre Amarande FJC BIO1000, jute et chanvre | (Chanvre10) |
| 8. Feutre Amarande FJC BIO1400, jute et chanvre | (Chanvre14) |
| 9. Feutre Amarande FJCOCO BIO1000 | (Coco) |
| 10. Feuille organique Sequana Eil de Ahlstrom | (Ahlstrom) |
| 11. Feuille organique Biofim Sylva de Groen Creatie | (GrCreatie) |
| 12. Plaque organique Isoplant de la firme Isoroy | (Isoroy) |
| 13. Dalle de liège de la firme HPK | (HPK) |
| 14. Désherbage chimique | (Désherbés) |

Rappelons aussi que les modalités 4 à 6 sont des paillis de 15 cm d'épaisseur, tous les autres ont une épaisseur au moins 10 fois moindre.

Rappelons encore que deux merisiers avaient été éliminés des analyses concernant 2005 : le n°1054 (ligne 19, colonne 46, Désherbés) et le n°1081 (ligne 20, colonne 17, Am-Chanvre 10). On vérifiera s'il convient ou non de les éliminer en 2006.

2.1.1 Valeurs manquantes

2.1.1.1 Statistiques descriptives

Parmi les 1344 arbres plantés, 59 étaient manquants (morts ou éliminés) en novembre 2004 (4,4%), 40 disparaissaient en 2005 (99, soit 7,4%, manquants en novembre 2005) et 144 ont disparu en 2006 (243, soit 18,1%, manquants en octobre 2006). Ces disparitions sont détaillées par an et par modalité ci-après (Tableau 2a).

Parmi les chênes (Tableau 2b) le nombre de manquants passe de 88 (13,1%) en novembre 2005 à 176 (26,2%) en octobre 2006. Parmi les merisiers (Tableau 2c), ce nombre de manquants passe de 11 (1,6%) en novembre 2005 à 67 (10,0%) en octobre 2006.

Parmi les chênes comme parmi les merisiers, nettement plus d'arbres ont disparu en 2006 que durant les deux années précédentes. On y reviendra plus loin dans ce paragraphe, après avoir comparé les taux de disparition entre modalités de paillage et avoir examiné leur répartition spatiale.

Modalité	Avril 2004	Novembre 2004	Novembre 2005	Octobre 2006	Manquants	Non manquants	Total
Témoin	0	5	7	13	25	71	96
RevironF	0	5	5	4	14	82	96
RevironT	1	4	0	7	12	84	96
SNCF Sil	0	6	2	18	26	70	96
SNCF Trav	0	5	0	13	18	78	96
Bois Déchiq	1	1	3	12	17	79	96
Am-Chanvre10	3	2	3	7	15	81	96
Am-Chanvre14	1	2	1	7	11	85	96
Am-Coco	2	3	9	11	25	71	96
Ahlstrom	0	5	2	10	17	79	96
GrCreatie	0	1	2	14	17	79	96
Isoroy	1	3	2	4	10	86	96
HPK	0	2	0	9	11	85	96
Dés herbés	0	6	4	15	25	71	96
Effectif total	9	50	40	144	243	1101	1344

Tableau 2a : Nombre d'arbres disparaissant par modalité de paillage et par an

Modalité	Avril 2004	Novembre 2004	Novembre 2005	Octobre 2006	Manquants	Non manquants	Total
Témoin	0	5	7	9	21	28	49
RevironF	0	5	4	3	12	36	48
RevironT	1	4	0	4	9	39	48
SNCF Sil	0	5	2	7	14	34	48
SNCF Trav	0	5	0	8	13	35	48
Bois Déchiq	1	1	3	5	10	38	48
Am-Chanvre10	2	2	3	5	12	36	48
Am-Chanvre14	1	2	1	5	9	39	48
Am-Coco	0	3	7	7	17	31	48
Ahlstrom	0	5	1	8	14	33	47
GrCreatie	0	1	2	8	11	37	48
Isoroy	0	2	2	4	8	40	48
HPK	0	2	0	2	4	44	48
Dés herbés	0	6	3	13	22	26	48
Effectif total	5	48	35	88	176	496	672

Tableau 2b : Nombre de chênes disparaissant par modalité de paillage et par an

Modalité	Avril 2004	Novembre 2004	Novembre 2005	Octobre 2006	Manquants	Non manquants	Total
Témoins	0	0	0	4	4	43	47
RevironF	0	0	1	1	2	46	48
RevironT	0	0	0	3	3	45	48
SNCF Sil	0	1	0	11	12	36	48
SNCF Trav	0	0	0	5	5	43	48
Bois Déchiq	0	0	0	7	7	41	48
Am-Chanvre10	1	0	0	2	3	45	48
Am-Chanvre14	0	0	0	2	2	46	48
Am-Coco	2	0	2	4	8	40	48
Ahlstrom	0	0	1	2	3	46	49
GrCreatie	0	0	0	6	6	42	48
Isoroy	1	1	0	0	2	46	48
HPK	0	0	0	7	7	41	48
Dés herbés	0	0	1	2	3	45	48
Effectif total	4	2	5	56	67	605	672

Tableau 2c : Nombre de merisiers disparaissant par modalité de paillage et par an

Une analyse des taux de disparition totaux (cumulés jusqu'en octobre 2006) en fonction de l'essence, de la modalité de paillage et de l'interaction entre ces facteurs révèle une différence évidente entre essences ($\chi^2 = 57,9$, $p < 0,0001$), des différences entre modalités de paillage ($\chi^2 = 26,8$, $p = 0,013$) et une interaction significative des deux facteurs ($\chi^2 = 26,1$, $p = 0,017$). Rappelons qu'on n'avait pas mis en évidence de telles différences en 2005.

Pour illustrer ces variations entre taux de disparition, on a représenté les résultats précédents (Tableaux 2a à 2c : colonnes « Manquants » et « Non manquants ») sous forme graphique, donnant les proportions d'arbres non manquants et manquants par modalité pour l'ensemble des arbres (Figure 2.0a) et par essence (Figures 2.0b et 2.0c).

Quatre modalités sont associées à des taux de disparition de l'ordre de 25% ; seuls SNCF-Sil et Am-Coco se détachent légèrement comme associées à plus de disparitions que la moyenne chez les deux essences.

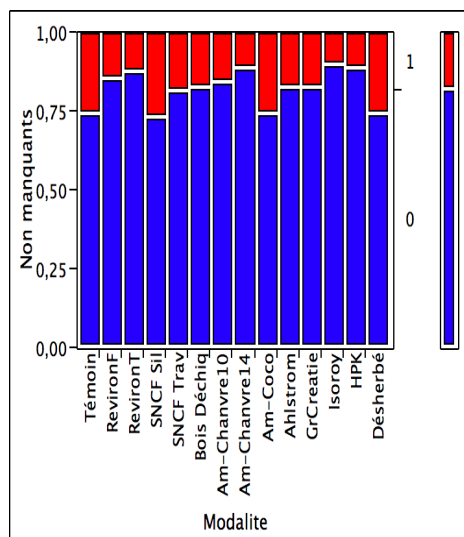


Figure 2.0a : Proportions d'arbres non manquants (en bleu) et manquants (en rouge) fin 2006, par modalité de paillage. La colonne de droite représente la moyenne, à savoir 81,9% d'arbres non manquants

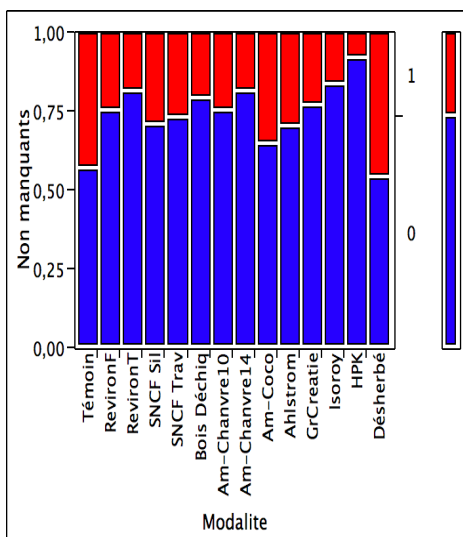


Figure 2.0b : Proportions de chênes non manquants (en bleu) et manquants (en rouge) fin 2006, par modalité de paillage. La colonne de droite représente la moyenne, à savoir 73,8% de chênes non manquants

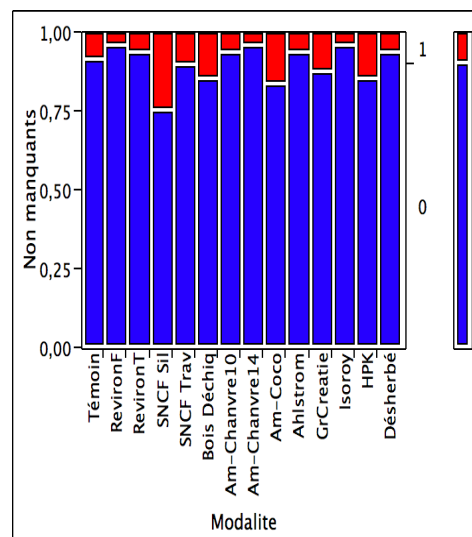


Figure 2.0c : Proportions de merisiers non manquants (en bleu) et manquants (en rouge) fin 2006, par modalité de paillage. La colonne de droite représente la moyenne, à savoir 90,0% de merisiers non manquants

La numérotation de ces Figures, 2.0a à 2.0c, a été choisie pour garder une numérotation conforme à celle des autres rapports.

2.1.1.2 Comparaison entre essences et essais

Il semble que plus d'arbres aient disparu en 2006 que lors des années précédentes. Les arbres disparaissent soit parce qu'ils meurent, soit parce qu'ils sont éliminés. Quelle est la part de ces deux causes ? Cette question est examinée ci-dessous. On compare les disparitions, leur calendrier (2006 ou avant) et leur cause (mort ou élimination) entre essences et entre les deux essais SNCF.

2.1.1.2.1 Taux global de disparition

Le tableau 2d reprend les pourcentages d'arbres manquants en fin 2006, déduits des tableaux 2b et 2c du présent rapport et des tableaux équivalents du rapport 2006 concernant l'essai 77/03/02.

On constate que :

- le taux de disparition nettement plus élevé pour le chêne (31%) que pour le merisier (8,2% ; $\text{Chi}^2 = 192,5, p < 0,0001$) ;
- le taux de disparition du chêne est plus élevé dans l'essai 77/03/02 (43,8%) que dans l'essai 77/03/01 (26,2%), tandis que pour le merisier, c'est le contraire (effet d'interaction : $\text{Chi}^2 = 30,1, p < 0,0001$). Ces tendances inverses font que globalement le taux de disparition ne diffère pas entre essais ($\text{Chi}^2 = 0,73, p = 0,394$) ;
- le taux de disparition total par essence est plus proche de celui de l'essai 77/03/01 où l'Effectif est plus élevé que de celui de l'essai 77/03/02 où il l'est moins.

Essence	Essai 77/03/01	Essai 77/03/02	Total	Effectif
Chêne	26,2%	43,8%	31,0%	928
Merisier	10,0%	3,5%	8,2%	928
Total	18,1%	23,6%	19,6%	
Effectif	1344	512		1856

Tableau 2d : Pourcentages d'arbres disparus par essai, par essence et au total

2.1.1.2.2 Calendrier des disparitions : avant 2006 ou en 2006 ?

Le tableau 2e reprend les pourcentages d'arbres dont la disparition date de 2006, déduits des tableaux 2b et 2c du présent rapport et des tableaux équivalents du rapport 2006 concernant l'essai 77/03/02.

On constate que :

- l'année 2006 a été plus néfaste aux merisiers (80,3% des disparitions en 2006) qu'aux chênes (45,8% des disparitions en 2006 : $\text{Chi}^2 = 8,29, p = 0,0041$). L'effet néfaste de 2006 s'est plus marqué dans l'essai 77/03/01 (59,3% des disparitions) que dans l'essai 77/03/02 (40,5% des disparitions : $\text{Chi}^2 = 5,04, p = 0,0247$) ;
- le merisier disparaît plus en 2006 dans les deux essais et le taux de disparition est plus élevé en 2006 dans l'essai 77/03/01 que dans l'essai 77/03/02 pour les deux essences.

Essence	Essai 77/03/01	Essai 77/03/02	Total	Effectif
Chêne	50,0%	39,3%	45,8%	288
Merisier	83,6%	55,6%	80,3%	76
Total	59,3%	40,5%	53,0%	
Effectif	243	121		364

Tableau 2e : Pourcentages d'arbres dont la disparition a eu lieu en 2006, par essai, par essence et au total.

2.1.1.2.3 Arbre disparu : éliminé ou mort ?

Le tableau 2f répartit les disparitions en fonction de leur date (avant 2006 ou en 2006) et en fonction de leur cause (élimination ou mort) pour chaque essai et chaque essence.

On constate que :

- globalement, 288 chênes ont disparu, dont 39% par élimination ; globalement, 76 merisiers ont disparu, dont 83% par élimination. Cette différence est évidemment significative ($\text{Chi}^2 = 45,4$, $p < 0,0001$) ;
- les chênes disparaissent surtout parce qu'ils meurent, les merisiers disparaissent surtout par élimination. Cette tendance se marque dans les deux essais. Ce phénomène était cependant peu marqué parmi les merisiers dans l'essai 77/03/02, puisque seulement 9 arbres de cette essence manquaient en fin 2006 ;
- pour les deux essences et dans les deux essais, les disparitions par élimination augmentent fortement en 2006. Avant 2006, les arbres disparaissent surtout par mortalité ; en 2006, c'est surtout par élimination (Essai 77/03/01, chêne : $\text{Chi}^2 = 69,2$, $p < 0,0001$; merisier : $\text{Chi}^2 = 7,47$, $p = 0,0063$; Essai 77/03/02, chêne : $\text{Chi}^2 = 60,7$, $p < 0,0001$; merisier : $p = 0,0476$) ;
- au cours de l'essai 77/03/01, 40% des 176 chênes disparus et 88% des 67 merisiers disparus ont été éliminés. La répartition entre arbres morts et éliminés est détaillée par essence et par modalité de paillage plus loin dans ce rapport (Tableau 8). On peut admettre que cette répartition est homogène parmi les modalités de paillage, aussi bien chez le chêne ($\text{Chi}^2 = 15,1$, $p = 0,3014$) que chez le merisier ($\text{Chi}^2 = 17,4$, $p = 0,1822$) ;
- au terme de ce paragraphe, rappelons qu'en octobre 2006, il reste 1101 arbres utilisables (non manquants), dont 496 chênes et 605 merisiers.

Essai	Chêne				Merisier				Total
	Éliminés	Morts	Total	Éliminés	Éliminés	Morts	Total	Éliminés	Éliminés
77/03/01									
Avant 2006	8	80	88	9%	7	4	11	64%	15%
En 2006	62	26	88	70%	52	4	56	93%	79%
Total	70	106	176	40%	59	8	67	88%	53%
77/03/02									
Avant 2006	6	62	68	9%	0	4	4	0%	8%
En 2006	36	8	44	82%	4	1	5	80%	82%
Total	42	70	112	38%	4	5	9	44%	38%
Par essence	112	176	288	39%	63	13	76	83%	48%

Tableau 2f : Répartition des 364 arbres disparus selon la cause (élimination ou mort), le calendrier (avant 2006 ou en 2006), l'essai et l'essence

2.1.2 Arbres à croissance nulle en 2006

Un contrôle des données à l'encodage vérifie qu'il n'y a pas de diminution de hauteur ou de diamètre depuis l'année précédente.

2.1.2.1 Relation entre l'état en 2006 et la croissance en 2005

En 2006, 196 chênes (39,5%) et 6 merisiers (0,9%) n'ont pas montré de croissance en hauteur et/ou en diamètre (Tableaux 3a et 3b respectivement). Le fait d'une croissance positive de l'une de ces caractéristiques est positivement associé à une croissance positive de l'autre caractéristique, pour le chêne ($\text{Chi}^2 = 37,9$, $p < 0,0001$) comme pour le merisier (Test exact de Fisher, $p < 0,0001$). Rappelons qu'en 2005, cette association était significative pour les deux essences, mais seulement pour le merisier en 2004.

(a) : pour le Chêne				(b) : pour le Merisier		
/ Hauteur	Positive	Nulle	Total	Positive	Nulle	Total
Diamètre						
Positive	300	18	318	599	0	599
Nulle	134	44	178	4	2	6
Total	434	62	496	603	2	605

Tableau 3 : Nombres d'arbres ayant montré en 2006 une croissance positive ou nulle en diamètre (D) et en hauteur (H). (a) : pour le Chêne, (b) pour le Merisier

Parmi les 1101 arbres présents en 2006, 46 n'ont montré de croissance ni en hauteur ni en diamètre : 44 chênes, 2 merisiers (Tableau 3). On appellera ce phénomène la « stagnation » et les arbres qui ne montrent pas de croissance, des arbres « stagnants ». Ce nombre d'arbres stagnants a fortement diminué en 2006 par rapport à 2005 (76 chênes, 5 merisiers) et par rapport à 2004 pour le chêne (119 chênes, 1 merisier).

Le fait d'avoir stagné en 2005 influence-t-il le risque soit de disparaître, soit de stagner en 2006 ? Un arbre manquant ou stagnant sera appelé « inactif » dans la suite de ce rapport. Cette question n'avait pas été examinée pour le merisier dans le rapport de l'année 2005, vu qu'un seul merisier avait stagné en 2004. En 2005 par contre, 5 merisiers ont stagné. L'analyse porte donc sur les deux essences dans ce rapport de l'année 2006.

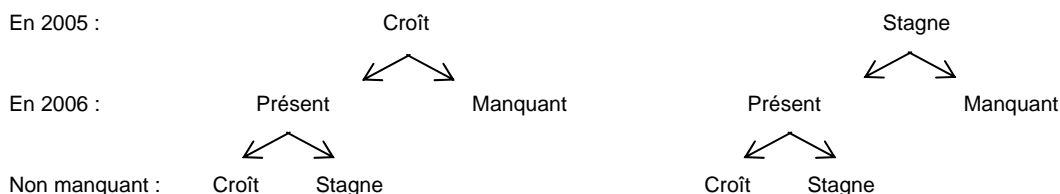
Parmi les 76 chênes stagnants en 2005, 40 (52,6%) sont inactifs en 2006 ; parmi les 508 chênes croissants en 2005, 92 (18,1%) sont inactifs en 2006 (Tableau 3bis (a)). Il y a significativement plus de chênes inactifs en 2006 parmi les stagnants en 2005 que parmi les croissants en 2005 (Chi2 = 45,0 p < 0,0001). Rappelons qu'en 2005, ces proportions s'élevaient à 25,2% et 16,1% respectivement.

Parmi les 5 merisiers stagnants en 2005, 3 sont inactifs en 2006 ; parmi les 656 merisiers croissants en 2005, 55 (8,4%) sont inactifs en 2006 (Tableau 3bis (a)). Il y a donc plus de merisiers inactifs en 2006 parmi les stagnants en 2005 que parmi les croissants en 2005 (Test exact de Fisher, p = 0,0057).

Chêne				Merisier		
En 2006	Non actif	Actif	Total	Non actif	Actif	Total
En 2005						
Stagnant	40	36	76	3	2	5
Croissant	92	416	508	55	601	656
Total	132	452	584	58	603	661

Tableau 3bis : Relation entre la croissance en 2005 et l'état en 2006
(a) : actif (non manquant, croissant) ou non en 2006

Le schéma ci-dessous montre que l'état inactif en 2006 peut résulter de deux processus : soit l'arbre ne survit pas (est manquant), soit il est présent mais ne croît pas (stagne) :



La répartition des Effectifs selon ces deux processus est donnée dans le tableau 3bis (b) et (c).

Pour faciliter la compréhension des tableaux 3bis (a, b, c), on a ajouté au présent rapport deux tableaux qui reproduisent la répartition des arbres présents en fin 2005 en fonction de leur état en 2006, selon le schéma ci-dessus. Ces tableaux sont insérés après les tableaux 3bis (b) et (c).

Le tableau 3bis (d) donne cette répartition pour le chêne, le tableau 3bis (e) la donne pour le merisier. Par exemple, les données du tableau 3bis (a) proviennent de la dernière ligne des tableaux 3bis (d) et (e).

Chêne				Merisier		
En 2006	Manque	Présent	Total	Manque	Présent	Total
En 2005						
Stagnant	32	44	76	3	2	5
Croissant	56	452	508	53	603	656
Total	88	496	584	56	605	661

Tableau 3bis : Relation entre la croissance en 2005 et l'état en 2006
(b) : manquant ou présent en 2006

En 2006 En 2005	Chêne			Stagnant	Croissant	Total
	Stagnant	Croissant	Total			
Stagnant	8	36	44	0	2	2
Croissant	36	416	452	2	601	603
Total	44	452	496	2	603	605

**Tableau 3bis : Relation entre la croissance en 2005 et l'état en 2006
(c) : (parmi les présents) croissant ou stagnant en 2006**

En 2005	Croît		Stagne		Présents
	508		76		584
En 2006	Présent	Manquant	Présent	Manquant	Total
	452	56	44	32	584
	Croît	Stagne	Croît	Stagne	Présents
	416	36	36	8	496
	Actif	Inactif	Actif	Inactif	Total
	416	92	36	40	584

Tableau 3bis - (d) : Répartition des chênes présents en fin 2005 selon leur croissance en 2005 et leur état en 2006

En 2005	Croît		Stagne		Présents
	656		5		661
En 2006	Présent	Manquant	Présent	Manquant	Total
	603	53	2	3	661
	Croît	Stagne	Croît	Stagne	Présents
	601	2	2	0	605
	Actif	Inactif	Actif	Inactif	Total
	601	55	2	3	661

Tableau 3bis - (e) : Répartition des merisiers présents en fin 2005 selon leur croissance en 2005 et leur état en 2006

La probabilité pour qu'un arbre soit manquant en 2006 (Tableau 3bis (b)) est plus élevée parmi les stagnants de 2005 (42,1% chez le chêne, 3/5 ou 60% chez le merisier) que parmi les croissants en 2005 (11% chez le chêne, 8,1% chez le merisier ; pour le chêne : $\chi^2 = 49,9$, $p < 0,0001$, pour le merisier : $p = 0,0051$, test exact de Fisher).

D'autre part, la probabilité pour qu'un chêne soit stagnant en 2006 (Tableau 3bis (c)) est plus élevée parmi les stagnants en 2005 que parmi les croissants en 2005 (18% contre 8%, $\chi^2 = 5,2$ avec, $p = 0,0229$). Ce n'est pas le cas chez le merisier.

Ces résultats, en gros, confirment ceux de l'année précédente. Plus d'arbres sont inactifs en 2006 parmi les stagnants en 2005 que parmi les croissants en 2005. Ce phénomène se vérifie pour les deux essences et est surtout le fait de la disparition en 2006 d'arbres stagnants en 2005. Il s'est accentué en 2006 par rapport à l'année précédente. On a vu plus haut que cette augmentation provenait surtout des éliminations en 2006.

2.1.2.2 Influence des arbres à croissance nulle sur la distribution des croissances

La distribution des accroissements de hauteur en 2006 tenant compte de tous les arbres utilisables (496 chênes, 605 merisiers) montre une forte dominance de la catégorie « croissance 0 » chez le chêne (Figures 2a) mais pas chez le merisier (Figure 2b). Cette dominance s'estompe lorsqu'on élimine les arbres qui n'ont montré aucune croissance (Figure 3a).

On décide donc d'éliminer des analyses les 44 chênes et les 2 merisiers qui n'ont montré aucune croissance en 2006. Ceci est pratiquement sans incidence pour le merisier, mais pour le chêne, laisser ces nombreuses valeurs nulles serait au détriment de la qualité des analyses. On vérifiera si la stagnation n'est pas associée à certaines modalités de paillage plutôt qu'à d'autres.

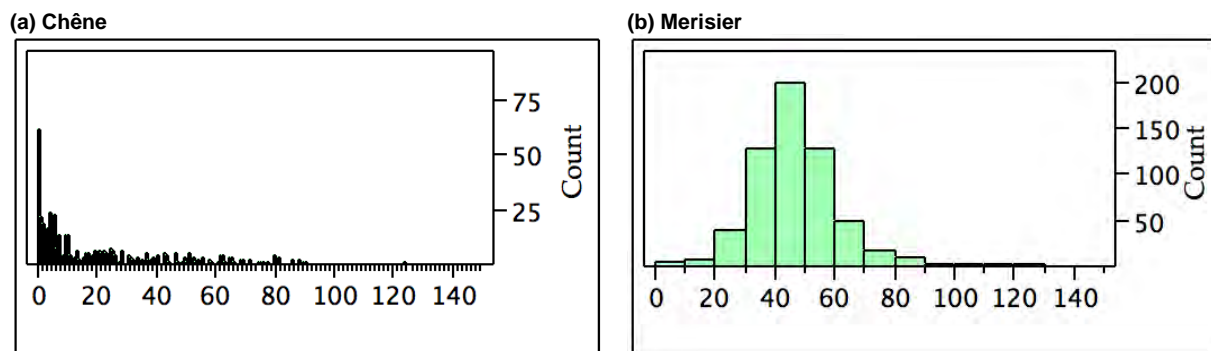


Figure 2 : Distribution des accroissements en hauteur observés en 2006 chez le Chêne (a) et chez le Merisier (b).
Classes de 1 cm (a), classes de 10 cm (b)

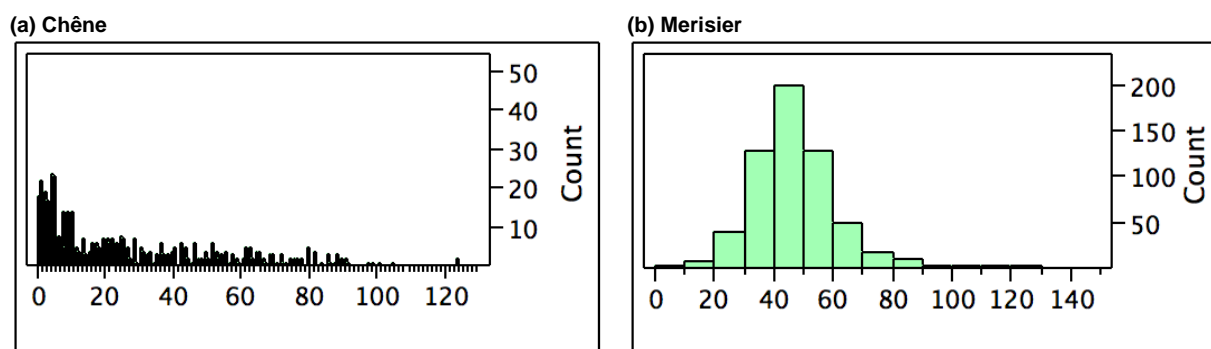


Figure 3 : Distribution des accroissements en hauteur observés en 2006 chez les 452 Chênes (a) et chez les 603 Merisiers (b) ayant montré une croissance positive pour au moins l'une des variables (hauteur, diamètre).
Classes de 1 cm pour le chêne, de 10 cm pour le merisier

Au terme de cette sélection, on conserve 1055 arbres pour l'analyse des croissances en 2006 et des hauteurs, diamètres et élancements atteints en octobre 2006 : 452 chênes et 603 merisiers. On constatera que 32,7% des chênes sont exclus des analyses (morts, éliminés ou stagnants), contre 10,3% pour le merisier.

2.1.3 Recherche de valeurs aberrantes

Le merisier n°1054 (ligne 19, colonne 46, Désherbés) présentait en 2005 un accroissement en diamètre jugé aberrant et avait été exclu des analyses. Ce phénomène est bien visible dans les Figures 7bis (§ 2.1.5) où on a identifié cet arbre par un point rouge. Les Figures 4 à 6 (où il est aussi identifié en rouge) montrent que ses valeurs en 2006 ne semblent pas anormales. Par souci de cohérence, on ne le réintègre cependant pas dans les analyses en 2006.

De même le merisier n°1081 du fichier (ligne 20, colonne 17, Am-Chanvre 10) exclu en 2005 vu la valeur très aberrante de son diamètre, n'est pas réintégré en 2006. Enfin, un chêne (n°891 du fichier, ligne 16, colonne 51, Témoin) et un merisier (n°880 du fichier, ligne 16, colonne 40, Désherbés) présentent des valeurs de diamètre très aberrantes en octobre 2006 (respectivement 78 mm contre 8 mm en 2005 et 424 mm contre 29 mm en 2005). Ces deux arbres (non inclus dans les figures ci-dessous, leurs accroissements en diamètres sortent largement du cadre) sont exclus des analyses.

Au terme de ces examens préliminaires, **on décide d'éliminer un chêne et trois merisiers présentant des valeurs aberrantes** : un du traitement Am-Chanvre 10 (ligne 20, colonne 17), un Désherbé (ligne 19, colonne 46).

Par conséquent, 293 des 1344 arbres sont classés comme inactifs en fin 2006 :

- 243 manquants, dont 176 chênes et 67 merisiers ;
- 46 stagnants, dont 44 chênes et 2 merisiers ;
- 4 aberrants, dont 1 chêne et 3 merisiers.

Il reste donc 1051 actifs, dont 451 chênes et 600 merisiers.

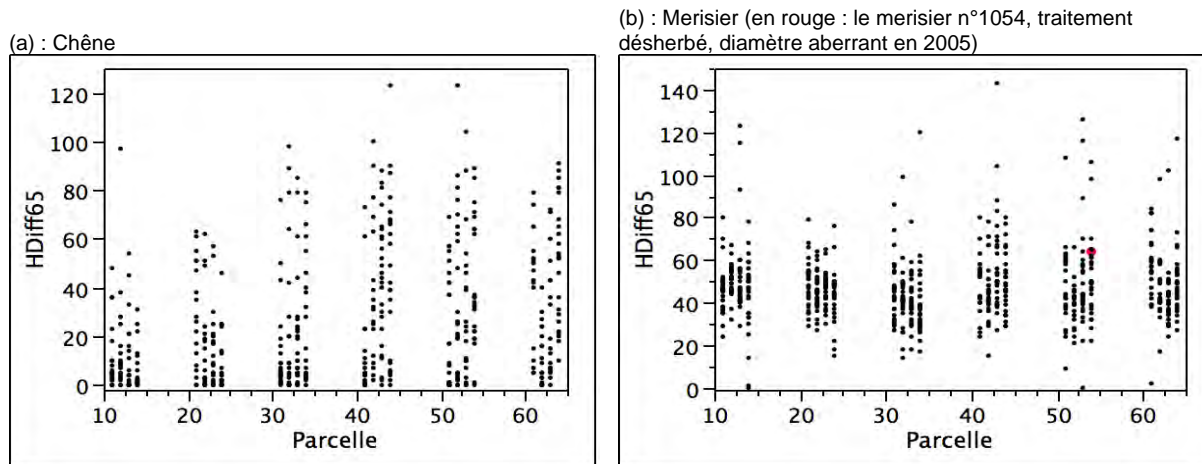


Figure 4 : Distribution des croissances en hauteur (Hdiff65, en cm) observées, par essence et parcelle ; (a) : Chêne ;(b) : Merisier ; numérotation des parcelles : le chiffre des dizaines représente le n° de bande, celui des unités, le n° de colonne

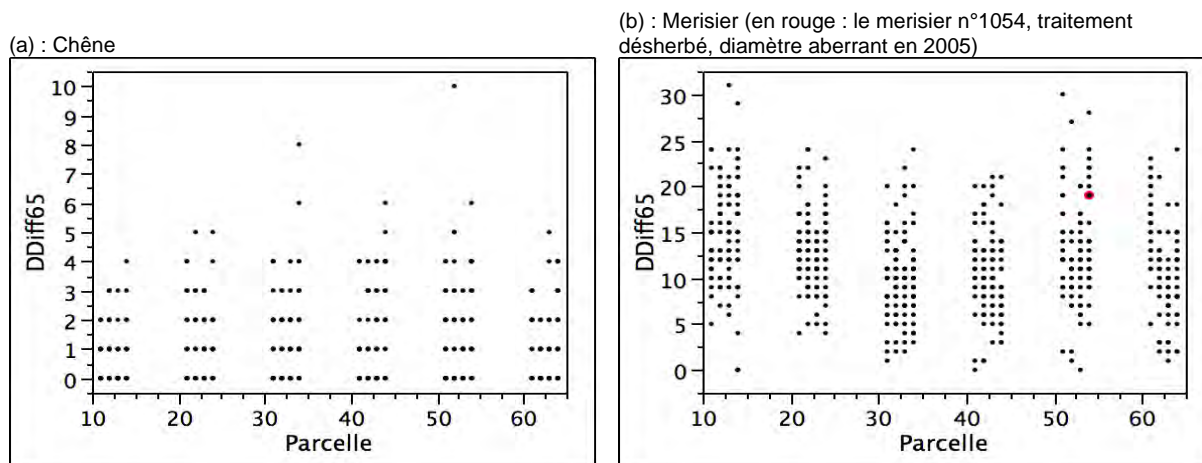


Figure 5 : Distribution des croissances en diamètre (Ddiff65, en mm) observées, par essence et parcelle ; (a) : Chêne ;(b) : Merisier ; numérotation des parcelles : le chiffre des dizaines représente le n° de bande, celui des unités, le n° de colonne

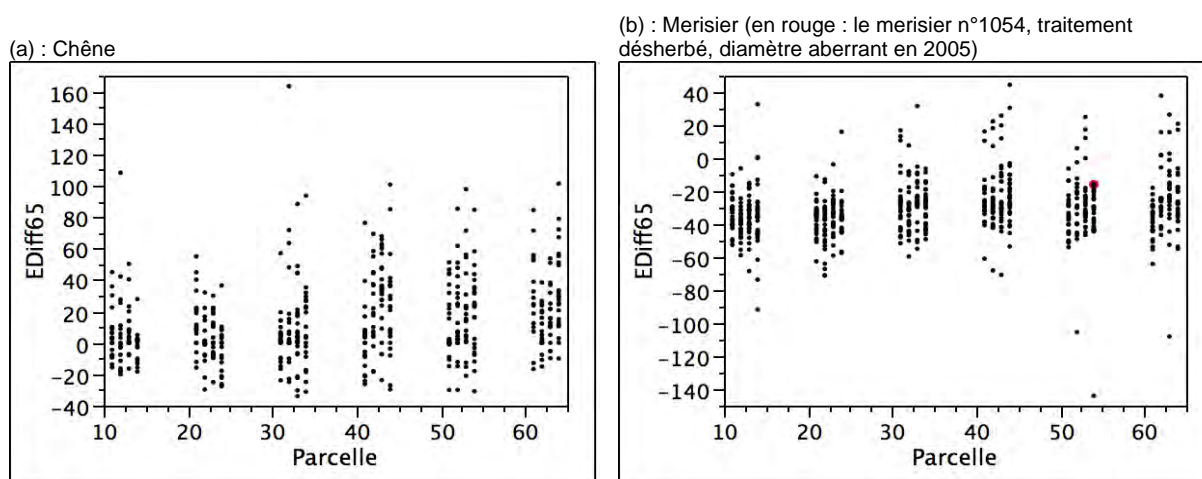


Figure 6 : Distribution des croissances en élanement (Ediff65, en cm/cm) observées, par essence et parcelle ; (a) : Chêne ;(b) : Merisier ; numérotation des parcelles : le chiffre des dizaines représente le n° de bande, celui des unités, le n° de colonne

2.1.4 Statistiques descriptives

Les trois réponses, hauteur, diamètre et élancement, seront analysées indépendamment, en se limitant aux 451 chênes et 600 merisiers actifs en 2006 (croissants et non exclus).

Les différences de croissance en hauteur entre les deux essences (Tableau 4) se sont fortement réduites en 2006 par rapport aux années précédentes. Les différences de croissance en diamètre se sont par contre accentuées. En fait, la croissance en diamètre du merisier est passée de 5,8 mm en 2005 à 12,1 mm en 2006 ; celle du chêne est passée de 1,1 mm en 2005 à 1,5 mm en 2006. Le merisier a perdu de l'élancement en 2006 comme en 2005, tandis que cette année, le chêne a gagné de l'élancement.

Notons enfin que les accroissements montrent de fortes variations, comme lors des années précédentes : pour les hauteurs comme pour les diamètres, les coefficients de variation sont de l'ordre de 50% pour le merisier et de 100% pour le chêne.

Croissance en	Essence	Moyenne	St-Dev	C.V. (%)	Min	Max	Q(5%)	Q(95%)
Hauteur (cm)	Chêne	28,009	26,748	95,5	0	123	1	81
	Merisier	47,47	16,578	34,9	1	143	27	76,95
Diamètre (mm)	Chêne	1,510	1,457	96,5	0	10	0	4
	Merisier	12,125	5,268	43,4	0	31	3,05	22
Élancement (cm/cm)	Chêne	14,89	26,713	179,5	-33,9	163,3	-22,1	63,1
	Merisier	-30,29	17,937	-59,2	-144,1	44,5	-53,5	1,6

Tableau 4 : Moyenne, écart-type, coefficient de variation, minimum, maximum, quantiles 0,05 et 0,95 observés pour les croissances en 2006 de 451 chênes et de 600 merisiers.

Les statistiques des accroissements par essence et par modalité sont détaillées en Annexe 4.1.

À titre comparatif, le tableau 5 synthétise les valeurs de hauteur, diamètre et élancement atteintes en octobre 2006 (plutôt que les accroissements durant cette année). On note que les coefficients de variation sont relativement homogènes entre essences et entre variables, avec un minimum de 13,4% pour la hauteur du merisier et un maximum de 35,3% pour celle du chêne.

Croissance en	Essence	Moyenne	St-Dev	C.V. (%)	Min	Max	Q(5%)	Q(95%)
Hauteur (cm)	Chêne	91,66	32,33	35,27	40	189	54	155,2
	Merisier	206,82	27,61	13,35	103	310	160,05	255
Diamètre (mm)	Chêne	8,838	2,066	23,38	5	17	6	12
	Merisier	26,633	7,425	27,88	9	47	14	40
Élancement (cm/cm)	Chêne	103,84	27,35	26,34	40,0	250,0	67,3	154,3
	Merisier	81,88	17,12	20,91	43,8	166,4	58,5	114,4

Tableau 5 : Moyenne, écart-type, coefficient de variation, minimum, maximum, quantiles 0,05 et 0,95 observés pour les hauteurs, diamètres et élancements atteints en octobre 2006 pour 451 chênes et 600 merisiers

Les statistiques par essence et par modalité sont détaillées en Annexe 4.2.

2.1.5 Taux de perte et mortalité : variations spatiales et selon la modalité de paillage

Des 672 chênes plantés en décembre 2003, 32,9% sont inactifs (221 chênes manquants, stagnants ou exclus). Des 672 merisiers plantés en début d'expérience, 10,7% (72) sont inactifs en fin d'expérience. La différence entre essences est moins prononcée que dans l'essai 77/03/02 (respectivement 49,6% et 3,5% de pertes).

Comment les arbres actifs et inactifs se répartissent-ils sur le terrain et entre modalités de paillage ?

Le nombre de chênes actifs par parcelle va de 14 à 24, le nombre de merisiers actifs, de 20 à 28 (Tableau 6). Ce nombre a peu diminué chez le chêne par rapport à 2005 ; il a diminué de façon plus importante chez le merisier (voir Tableaux 2a à 2c la répartition temporelle des pertes).

Chez le chêne, la proportion des pertes varie significativement entre bandes inter-andains ($p = 0,0063$) mais pas entre colonnes ($p = 0,0835$) ; l'interaction de ces facteurs n'est pas significative ($p = 0,2164$). Chez le merisier, les pertes sont trop faibles pour justifier une analyse.

(a) Chêne

Colonne Bande	1	2	3	4	Total
1	20	17	15	14	66
2	16	15	17	17	65
3	21	15	24	19	79
4	20	18	24	22	84
5	20	21	21	23	85
6	16	15	17	24	72
Total	113	101	118	119	451

(b) Merisier

1	2	3	4	Total
25	24	28	27	104
27	27	27	24	105
24	26	26	28	104
21	28	25	27	101
22	20	25	25	92
24	20	24	26	94
143	145	155	157	600

Tableau 6 : Nombre d'arbres actifs en octobre 2006, par parcelle. (a) Chêne, (b) Merisier. À la plantation (décembre 2003), chaque parcelle comptait 28 arbres par essence

Le nombre d'arbres encore actifs en octobre 2006 (Tableau 7) va de 21 (modalité Témoin) à 42 (HPK) pour le chêne et de 36 (SNCF Sil) à 46 (Reviron F et Ahlstrom) pour le merisier.

La proportion d'arbres actifs varie significativement entre modalités de paillage chez le chêne ($\text{Chi}^2 = 43,8$, $p < 0,0001$) mais pas chez le merisier ($\text{Chi}^2 = 21,4$, $p = 0,07$). Les proportions d'arbres actifs en fin 2006 sont illustrées à la Figure 7.5 (Cette numérotation permet de garder la cohérence des numéros de figures avec les rapports précédents ; le 2^{ème} chiffre reflète le numéro du paragraphe (2.1.5) ; les figures suivantes de ce même paragraphe seront numérotés 7.5.1 et 7.5.2). Chez le chêne, les proportions les plus élevées d'arbres inactifs en octobre 2006 s'observent parmi les Témoins et les Désherbés (Figure 7.5 (a)).

Modalité	Chêne	Merisier	Total
Témoin	21	42	63
RevironF	34	46	80
RevironT	36	45	81
SNCF Sil	31	36	67
SNCF Trav	33	43	76
Bois Déchiq	35	41	76
Am-Chanvre10	33	44	77
Am-Chanvre14	35	45	80
Am-Coco	29	40	69
Ahlstrom	26	46	72
GrCreatie	36	42	78
Isoroy	38	46	84
HPK	42	41	83
Désherbés	22	43	65
Effectif total	451	600	1051

Tableau 7 : Nombre d'arbres actifs en octobre 2006 par essence et par modalité de paillage. Pour rappel, 48 arbres de chaque essence ont été alloués à chaque modalité lors de la plantation, sauf pour les modalités Témoin (49 chênes, 47 merisiers) et Ahlstrom (47 chênes et 49 merisiers)

Les deux principales causes d'exclusion (arbre inactif) sont la mort ou l'élimination (arbres cassés par exemple). Les données utiles sont rassemblées dans le Tableau 8.

Le calcul des taux d'élimination et des taux de mortalité pose un problème de définition.

L'ensemble des arbres plantés (pour une modalité ou au total) se répartit entre trois catégories (éliminé, mort, ou ni l'un ni l'autre – colonne OK du Tableau 8). La proportion d'arbres éliminés peut se calculer comme le rapport entre le nombre d'arbres éliminés et le nombre d'arbres plantés, ou comme le rapport entre le nombre d'arbres éliminés et le nombre d'arbres vivants (non morts).

De même le taux de mortalité peut se calculer par rapport à l'ensemble des arbres plantés ou par rapport à l'ensemble des arbres non éliminés.

Colonne Bande	1	2	3	4	Total
1	20	(3)	(3)	(4)	20
2	(4)	(3)	(3)	(1)	0
3	(1)	(3)	24	(2)	24
4	(1)	(3)	(1)	22	22
5	(1)	(2)	(1)	(1)	0
6	(3)	(3)	(1)	(1)	0
Total	20	0	24	22	66

Tableau 7bis : Nombre de chênes actifs, par bande et colonne, dans les parcelles sans modalité manquante ; entre parenthèses : nombres de modalités manquantes

Les figures 7.5.1 et 7.5.2 illustrent les proportions d'arbres éliminés d'une part, morts d'autre part, par rapport à l'ensemble des arbres plantés. Les arbres non éliminés (Figure 7.5.1) ou vivants (Figure 7.5.2) y sont représentés en bleu (comme les arbres manquants à la Figure 2.0) et non en vert comme les arbres inactifs à la Figure 7.5. Cette distinction reflète le fait que les arbres stagnants ou aberrants, inclus parmi les inactifs de la Figure 7.5, ne sont forcément ni éliminés, ni morts en octobre 2006.

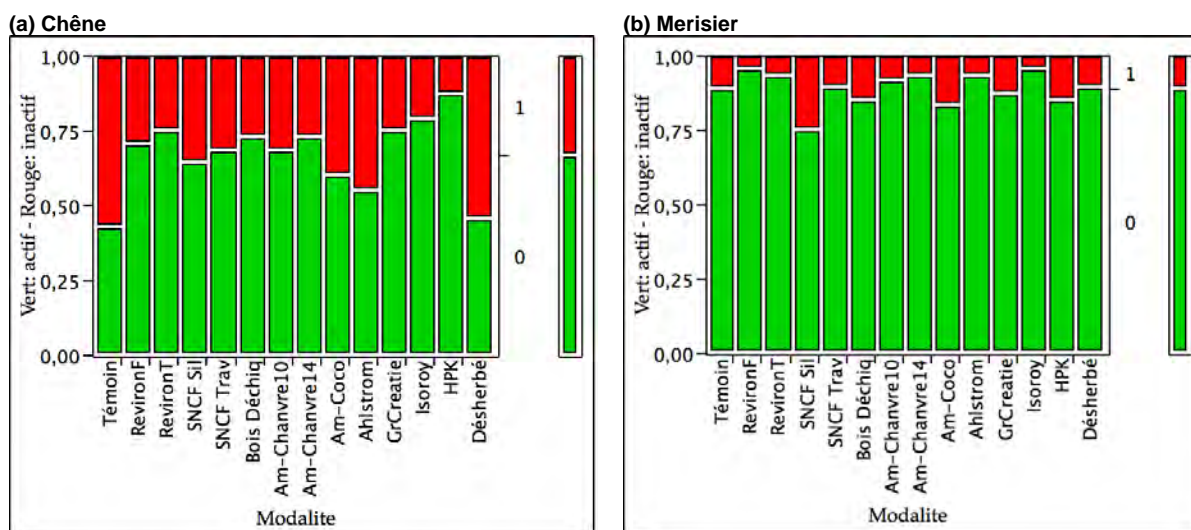


Figure 7.5 : Proportion d'arbres actifs en octobre 2006, par modalité de paillage, pour le Chêne (a) et pour le Merisier (b). La colonne de droite représente la proportion moyenne d'arbres actifs

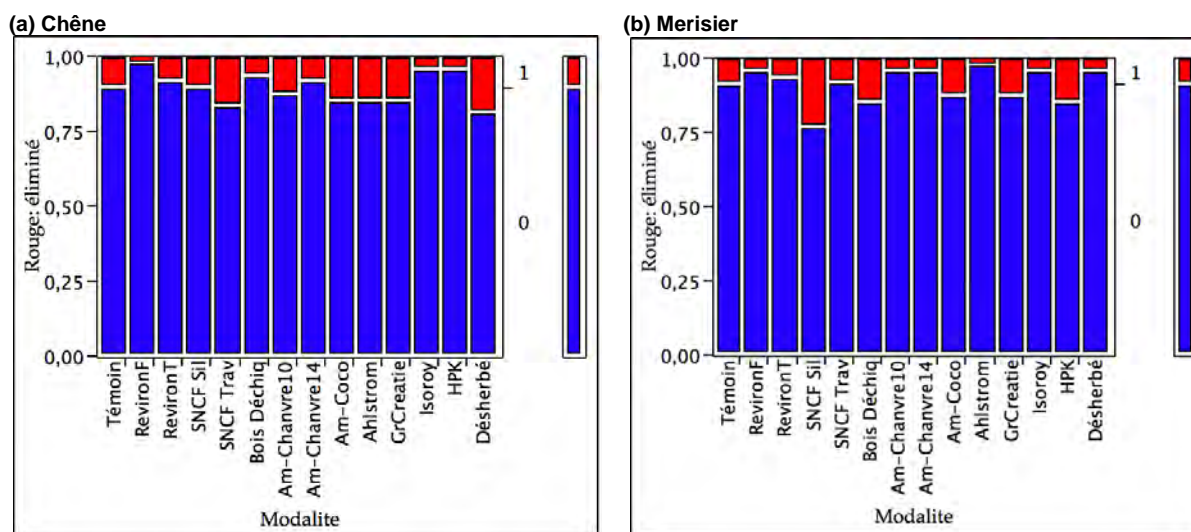


Figure 7.5.1 : Proportion d'arbres éliminés (en rouge) ou non éliminés (en bleu) en octobre 2006, par modalité de paillage, pour le Chêne (a) et pour le Merisier (b). La colonne de droite représente la proportion moyenne d'arbres non éliminés (en bleu)

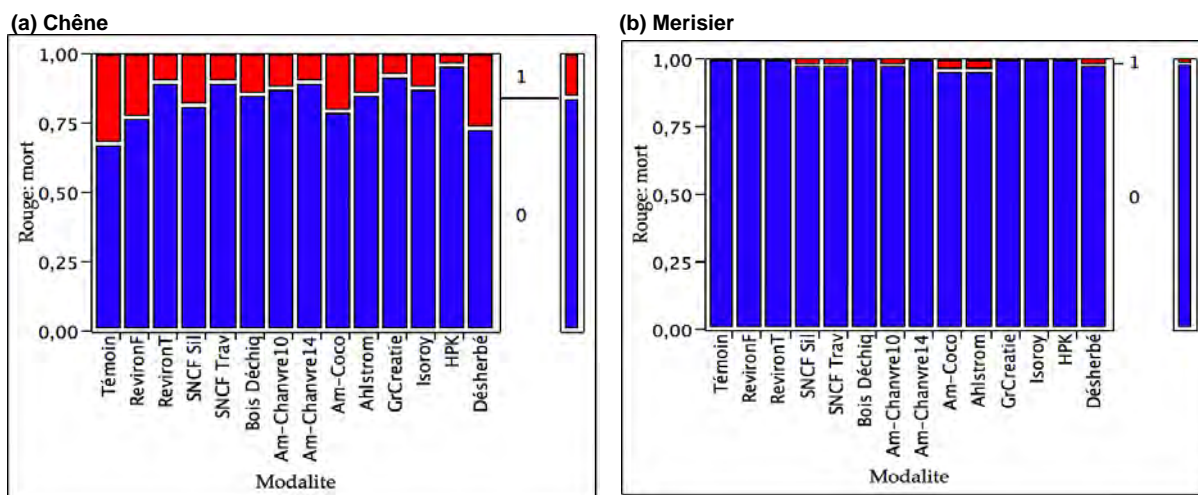


Figure 7.5.2 : Proportions, parmi l'ensemble des arbres plantés, de vivants (en bleu) et de morts (en rouge) en octobre 2006, par modalité de paillage, pour le Chêne (a) et pour le Merisier (b). La colonne de droite représente la proportion moyenne d'arbres vivants (en bleu)

La proportion d'arbres éliminés ne varie pas entre modalités de paillage chez le chêne (Figure 7.5.1 (a), $\chi^2 = 17,5$, $p = 0,1761$). Le test statistique n'est pas possible dans le cas du merisier, les nombres d'éliminés étant très faibles (Figure 7.5.1 (b)). Les proportions d'arbres morts diffèrent significativement entre modalités de paillage chez le chêne (Figure 7.5.2 (a) ; $\chi^2 = 29,05$, $p = 0,0064$). De nouveau, le test n'est pas possible pour le merisier (Figure 7.5.2 (b)). On reviendra au § 2.1.6 sur l'étude des taux de mortalité.

2.1.6 Taux de mortalité par essence et selon la modalité de paillage

Dans ce paragraphe, on examine plus en détail les variations du taux de mortalité en fonction des modalités de paillage. Contrairement à l'option choisie au paragraphe précédent (où il s'agissait de répartir les arbres exclus selon la cause de leur exclusion), on estime ici la mortalité comme la proportion des arbres morts parmi ceux qui n'ont pas été éliminés pour une autre cause. Pour ces derniers en effet, on ne peut pas dire si, à défaut d'être éliminés, ils auraient survécu ou non.

Modalité	Chêne					Merisier				
	Éliminés	Morts	OK	M+OK	% Morts	Éliminés	Morts	OK	M+OK	% Morts
Témoin	5	16	28	44	36,4%	4	0	43	43	0,0%
RevironF	1	11	36	47	23,4%	2	0	46	46	0,0%
RevironT	4	5	39	44	11,4%	3	0	45	45	0,0%
SNCF Sil	5	9	34	43	20,9%	11	1	36	37	2,7%
SNCF Trav	8	5	35	40	12,5%	4	1	43	44	2,3%
Bois Déchiq	3	7	38	45	15,6%	7	0	41	41	0,0%
Am-Chvre10	6	6	36	42	14,3%	2	1	45	46	2,2%
Am-Chvre14	4	5	39	44	11,4%	2	0	46	46	0,0%
Am-Coco	7	10	31	41	24,4%	6	2	40	42	4,8%
Ahlstrom	7	7	33	40	17,5%	1	2	46	48	4,2%
GrCreatie	7	4	37	41	9,8%	6	0	42	42	0,0%
Isoroy	2	6	40	46	13,0%	2	0	46	46	0,0%
HPK	2	2	44	46	4,3%	7	0	41	41	0,0%
Désherbés	9	13	26	39	33,3%	2	1	45	46	2,2%
Totaux	70	106	496	602	17,6%	59	8	605	613	1,3%

Tableau 8 : Nombres d'arbres éliminés, morts ou présents (« OK ») fin 2006 et taux de mortalité, par essence et par modalité de paillage

Les données utiles sont rassemblées ci-dessus (Tableau 8). On constate d'emblée que le taux de mortalité est négligeable chez le merisier. La comparaison statistique des mortalités selon la modalité de paillage ne sera donc réalisée que chez le chêne : les variations de mortalité entre modalités de paillage sont significatives ($\chi^2 = 31,0$, $p = 0,0034$).

Cinq des modalités de paillage se distinguent par une mortalité élevée du chêne : supérieure à 30% pour le Témoin et le Désherbé, supérieure à 20% pour Am-Coco, RevironF et SNCF-Sil (Figure 7.6 ; comparaisons des moyennes deux à deux au Tableau 8.1). À l'autre extrémité, la modalité HPK se distingue par une mortalité très faible (4%). Notons que chez le merisier, les quelques arbres morts se répartissent parmi les modalités de paillage suivantes : SNCF-Sil, SNCF-Trav, Am-Chvre10, Am-Coco, Ahlstrom, Désherbé ; quatre des cinq modalités associées aux plus fortes mortalités chez le chêne se retrouvent dans cette liste.

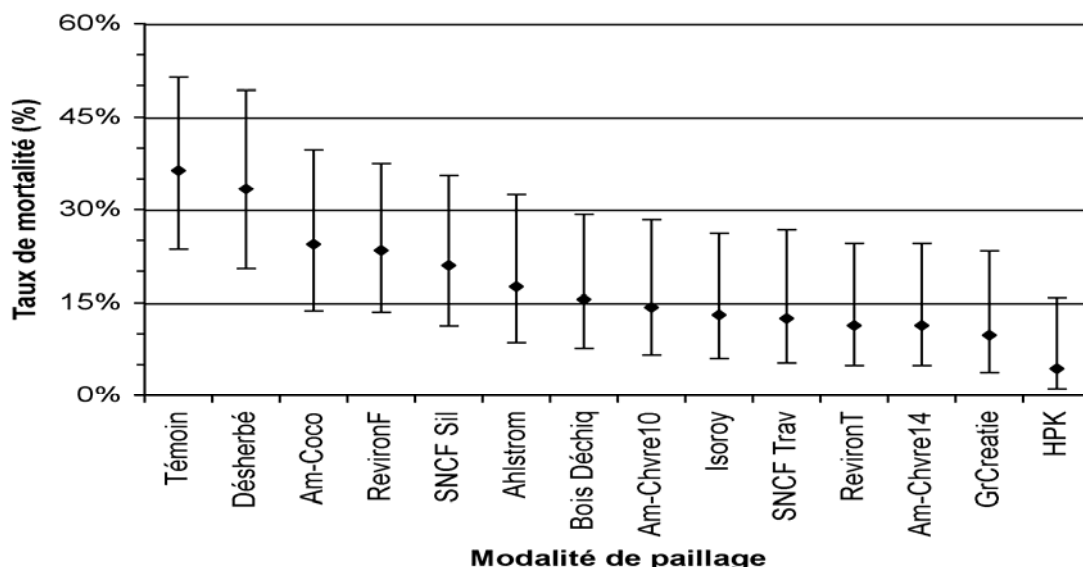


Figure 7.6 : Taux de mortalité estimés pour le chêne de 2003 à 2006, par modalité de paillage et intervalles de confiance (P=0,95) estimés. Les modalités sont ordonnées par mortalité décroissante

(Note : cette figure est numérotée « 7.6 » pour garder une numérotation cohérente entre rapports successifs)

Témoin	Désherbé	Am-Coco	RevironF	SNCF Sil	Ahlstrom	Bois Dch	Am-Ch10	Isoroy	SNCF Tr	RevironT	Am-Ch14	GrCreatie	HPK
36%	33%	24%	23%	21%	17%	16%	14%	13%	13%	11%	11%	10%	4%
Témoin	0,773	0,234	0,179	0,115	0,057	0,029	0,023	0,013	0,015	0,009	0,009	0,007	0,001
	Désherbé	0,379	0,309	0,209	0,110	0,061	0,048	0,030	0,033	0,020	0,020	0,015	0,002
		Am-Coco	0,914	0,705	0,448	0,308	0,248	0,179	0,175	0,123	0,123	0,088	0,016
			RevironF	0,778	0,499	0,346	0,279	0,202	0,197	0,139	0,139	0,099	0,017
				SNCF Sil	0,693	0,515	0,424	0,324	0,310	0,231	0,231	0,166	0,031
					Ahlstrom	0,810	0,691	0,566	0,533	0,425	0,425	0,315	0,065
						Bois Dch	0,868	0,732	0,687	0,564	0,564	0,425	0,093
							Am-Ch10	0,865	0,813	0,686	0,686	0,528	0,125
								Isoroy	0,940	0,808	0,808	0,632	0,158
									SNCF Tr	0,872	0,872	0,695	0,187
										RevironT	1,000	0,810	0,231
											Am-Ch14	0,810	0,231
												GrCreat	0,333
													HPK

Tableau 8.1 : Comparaison des taux de mortalités entre paires de modalités de paillage. La valeur trouvée à l'intersection de la ligne i et de la colonne j de ce tableau donne la P-valeur de la comparaison des mortalités sous la modalité de paillage nⁱ et celle n^j (les modalités étant rangées par ordre décroissant de mortalité estimée – 2^{ème} ligne du tableau). Une P-valeur inférieure à 0,05, (en vert dans le tableau), signifie que les mortalités sous les deux modalités de paillage comparées peuvent être considérées comme différentes

2.1.7 Patrons de variation spatiale

Les échantillons montrent-ils de claires variations spatiales ?

Les Figures 8 à 10 résument les échantillons (parcelles et essences) par leur moyenne, son intervalle de confiance à $P = 0,95$ (calculé à partir des seules données de l'échantillon, de manière à illustrer les différences de variabilité) et les minima et maxima.

Les parcelles sont groupées par colonne, celles d'une même bande sont reliées. Ces graphiques complètent les Figures 4 à 6, où les parcelles sont groupées par bande ; ici l'attention est plus portée sur les variations entre colonnes.

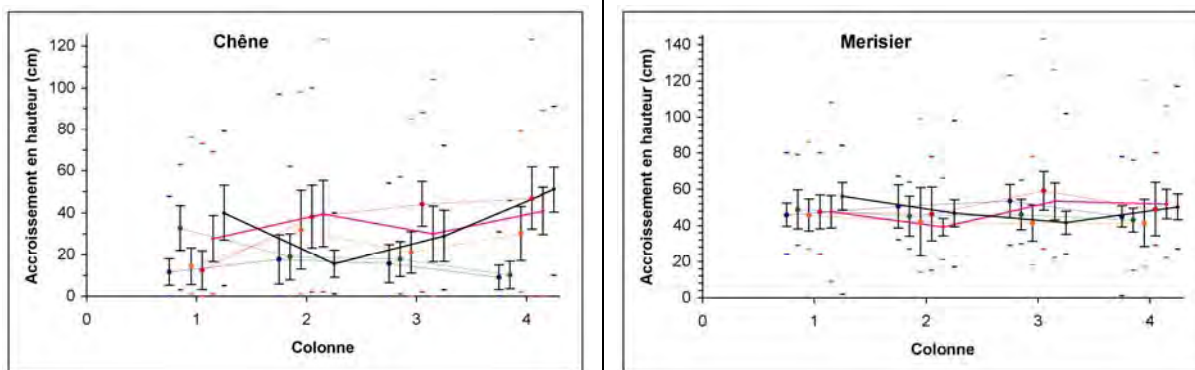


Figure 8 : Croissance en hauteur moyenne, minimale et maximale et I.C. à la moyenne observée par bande (n°1 à gauche, n°6 à droite) et colonne, pour le Chêne (a) et pour le Merisier (b) en 2006

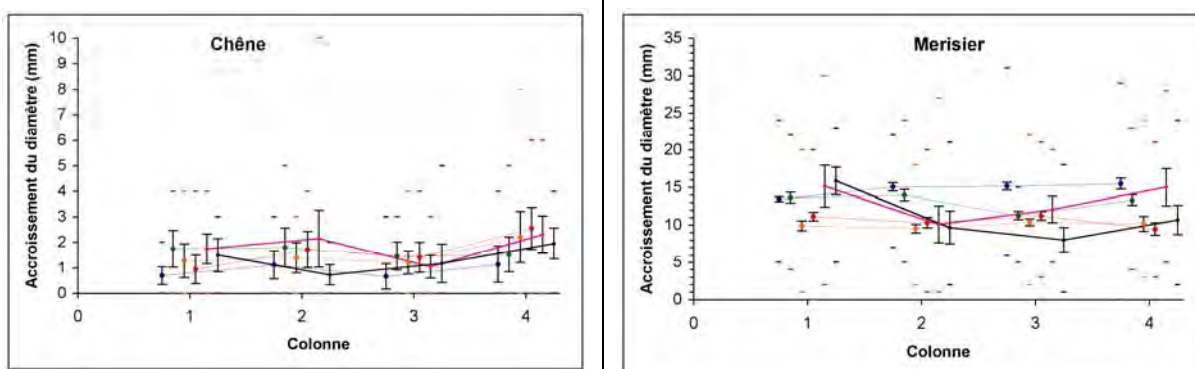


Figure 9 : Croissance en diamètre (mm) moyenne, minimale et maximale et I.C. à la moyenne observée par bande (n°1 à gauche, n°6 à droite) et colonne, pour le Chêne (a) et pour le Merisier (b) en 2006

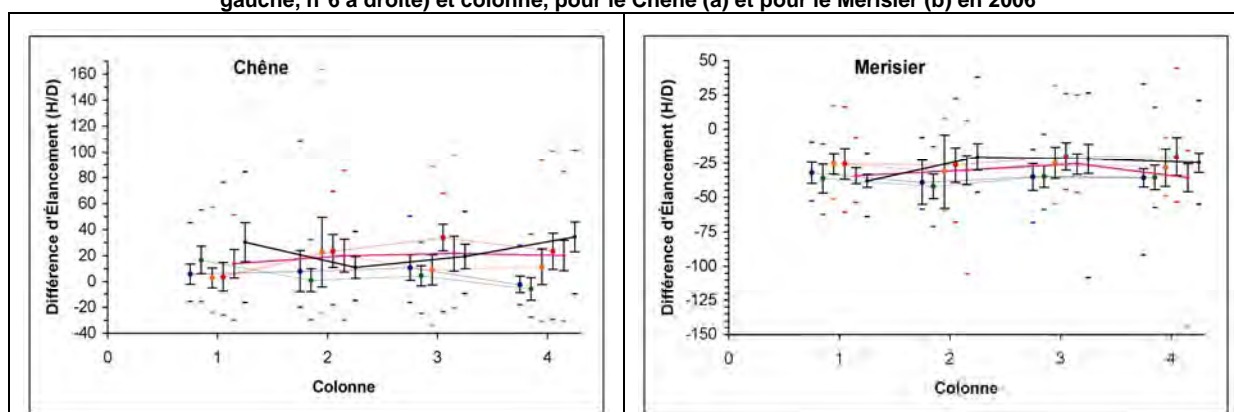


Figure 10 : Croissance en élancement moyenne, minimale et maximale et I.C. à la moyenne observée par bande (n°1 à gauche, n°6 à droite) et colonne, pour le Chêne (a) et pour le Merisier (b) en 2006

On constate de fortes variations des amplitudes (différences entre minima et maxima) pour les trois variables, mais qui ne semblent pas liées à la position spatiale – en particulier, pas à la colonne. La discussion des variations spatiales du rapport de décembre 2004 reste d'application ici, comme en 2005. En particulier, les variations spatiales ne devraient pas biaiser les comparaisons entre modalités de paillage.

2.2 EFFETS DES MODALITES DE PAILLAGE SUR LA CROISSANCE EN 2006

Ce paragraphe est au centre de la question à laquelle cet essai tente de répondre : les traitements de paillage influencent-ils la croissance des arbres et si oui, comment ?

Les résultats obtenus quant aux effets des modalités de paillage sont les suivants :

- ~ les trois variables d'accroissement en 2006 varient significativement selon la modalité de paillage chez les deux essences :
 - pour le chêne : accroissements en hauteur, $F = 3,40$, $p < 0,0001$; en diamètre, $F = 2,80$, $p = 0,0007$; en élancement, $F = 1,92$, $p = 0,0263$;
 - pour le merisier : accroissements en hauteur, $F = 8,91$, $p < 0,0001$; en diamètre, $F = 18,10$, $p < 0,0001$; en élancement, $F = 2,70$, $p = 0,0014$;
- ~ les valeurs atteintes en octobre 2006 varient aussi significativement selon la modalité de paillage chez les deux essences, à une exception près (élancement chez le chêne) :
 - pour le chêne : hauteur atteinte, $F = 2,99$, $p = 0,0004$; diamètre atteint, $F = 2,38$, $p = 0,0044$; élancement atteint, $F = 1,71$, $p = 0,0572$;
 - pour le merisier : hauteur atteinte, $F = 17,72$, $p < 0,0001$; diamètre atteint, $F = 19,02$; $p < 0,0001$; élancement atteint, $F = 13,80$, $p < 0,0001$.

Les paragraphes suivants reprennent et détaillent les comparaisons entre modalités de paillage.

2.2.1 Caractéristiques moyennes par modalité et par essence

Les figures 11 à 13 illustrent les croissances moyennes (et intervalles de confiance au niveau $P = 0,95$ pour ces moyennes) en hauteur, diamètre et élancement par modalité de paillage et par essence.

Les meilleures croissances en hauteur sont obtenues pour le chêne (Figure 11a) avec le RevironF suivi d'une série de quatre produits équivalents : Groen Creatie, HPK, les traverses SNCF et le Chanvre 14.

Pour le merisier, les meilleures croissances en hauteur sont obtenues avec le bois déchiqueté, les traverses SNCF et le Reviron T.

Pour les deux essences, les moins bonnes croissances en hauteur sont obtenues chez les témoins et avec le paillis Ahlstrom. Les positions des produits les plus performants et des produits les moins performants sont à peu près équivalentes à celles de 2005. Les performances relatives en 2004 sont cependant sensiblement différentes.

Pour la croissance en diamètre (Figure 12), les meilleures croissances chez le chêne sont obtenues avec les deux produits Reviron, suivis des traverses SNCF et de Groen Creatie.

Chez le merisier, les traverses SNCF et le bois déchiqueté sortent clairement du lot.

Pour les deux essences, les moins bonnes performances sont observées chez les Témoins, suivis du paillis AmCoco chez le chêne et du paillis Ahlstrom chez le merisier. Les produits les moins performants en 2006 sont déjà parmi les moins performants en 2004 et 2005. Chez le chêne, la supériorité des produits Reviron (F en particulier) apparaît en 2005, chez le merisier la très nette supériorité des traverses SNCF se marque surtout en 2006, dans une moindre mesure en 2004 mais pas en 2005.

Pour la croissance en élancement enfin (Figure 13), les élancements les plus élevés chez le chêne sont obtenus avec les deux produits SNCF et le Reviron F.

Chez le merisier, ce sont le Témoin et le produit Ahlstrom. Dans le cas du merisier, les croissances en élancement plus élevées (moins négatives, en fait) associées aux Témoins et au paillis Ahlstrom, sont dues aux plus fortes croissances en diamètre obtenues sous toutes les autres modalités de paillage, en particulier les traverses SNCF et le bois déchiqueté (qui sont associés aux croissances en élancement les moins élevées).

Ces résultats sont détaillés ci-dessous au moyen de contrastes.

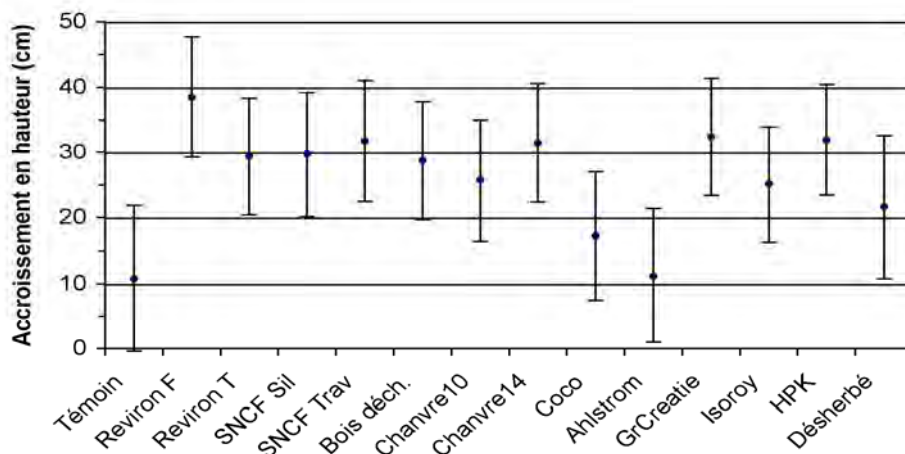


Figure 11(a) : Croissance moyenne en hauteur (cm) selon les 14 modalités de paillage pour le chêne et intervalles de confiance aux moyennes (niveau P = 0,95)

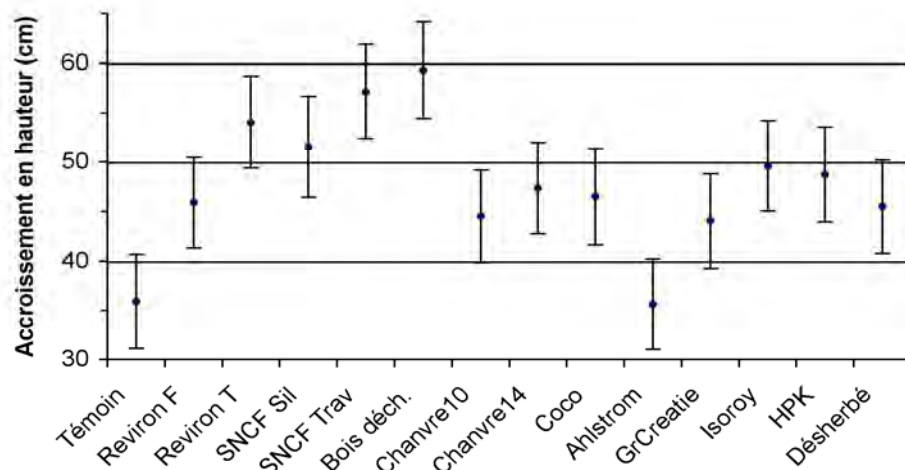


Figure 11 (b) : Croissance moyenne en hauteur (cm) selon les 14 modalités de paillage pour le merisier et intervalles de confiance aux moyennes (niveau P = 0,95). Remarquer la différence d'échelle avec la Figure 11 (a)

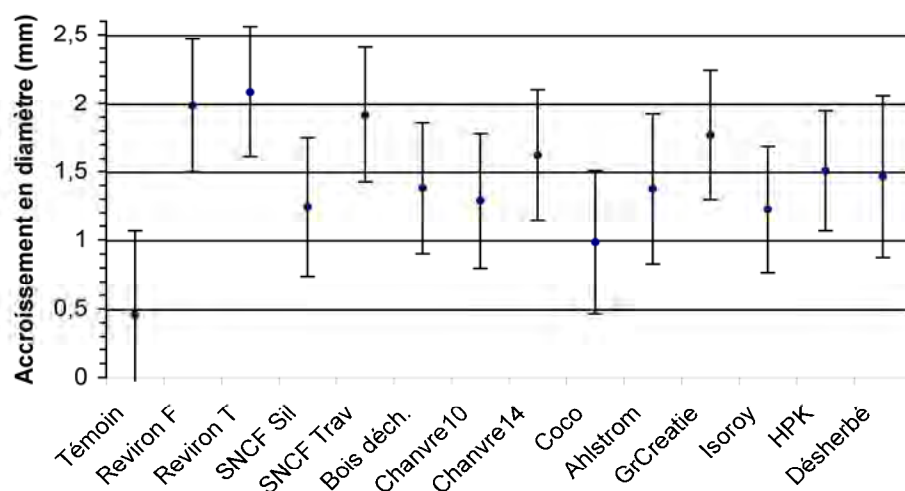


Figure 12(a) : Croissance moyenne en diamètre (mm) selon les 14 modalités de paillage pour le chêne et intervalles de confiance aux moyennes (niveau P = 0,95)

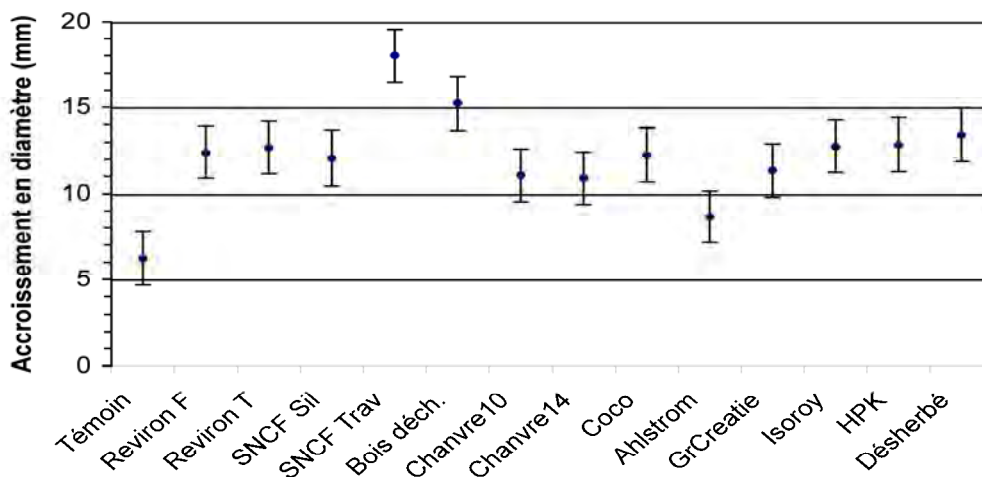


Figure 12 (b) : Croissance moyenne en diamètre (mm) selon les 14 modalités de paillage pour le merisier et intervalles de confiance aux moyennes (niveau P = 0,95). Remarquer la différence d'échelle avec la figure 12 (a) et avec la figure 12 (b) du rapport 2005

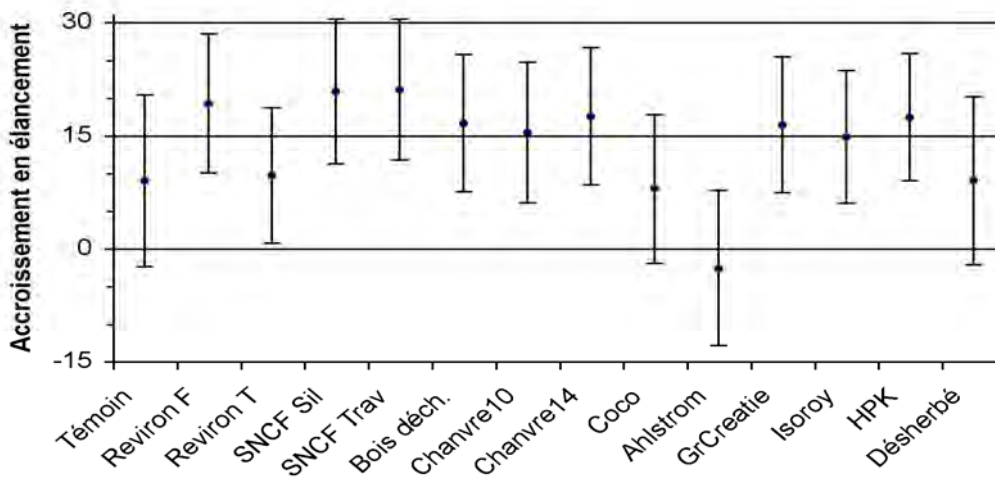


Figure 13(a) : Croissance moyenne en élanement (cm/cm) selon les 14 modalités de paillage pour le chêne et intervalles de confiance aux moyennes (niveau P = 0,95)

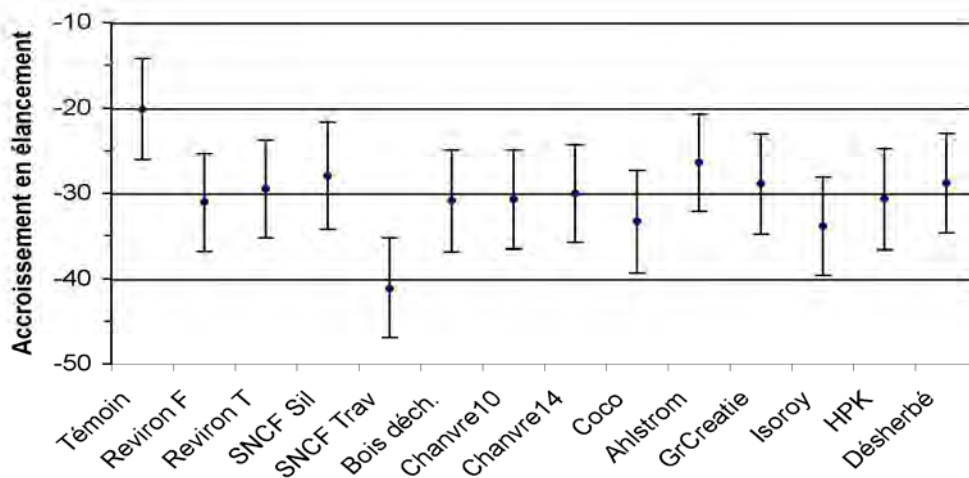


Figure 13 (b) : Croissance moyenne en élanement (cm/cm) selon les 14 modalités de paillage pour le merisier et intervalles de confiance aux moyennes (niveau P = 0,95)

2.2.2 Comparaisons entre modalités de paillage

Pour préciser les effets des modalités de paillage sur les caractéristiques des arbres, on les a traduits en une série de comparaisons d'une part pertinentes, d'autre part indépendantes. Quatorze modalités autorisent au maximum treize telles comparaisons, appelées contrastes orthogonaux (correspondant aux 13 degrés de liberté pour le test d'égalité des 14 moyennes). Avec treize contrastes orthogonaux, il faut savoir qu'on extrait **toute** l'information relative à la comparaison de ces 14 moyennes.

Chaque contraste pose la question de l'égalité des réponses moyennes sous deux groupes de traitements. Les contrastes choisis sont énoncés ci-dessous. Il faut comprendre « A = B » comme : « la réponse sous le groupe de traitements A est égale à celle sous le groupe de traitements B ». Cette égalité est l'hypothèse nulle relative à ce contraste, qui pose l'absence de différence.

1. Témoin (1) = Traités (modalités 2 à 14).
2. Désherbés (14) = Paillés (2 à 13)
3. Plastique (2, 3) = Autre (organique ou inorganique : 4 à 13)
4. Plastique non tressé (2) = Plastique tressé (3)
5. Épais (roc, bois : 4 à 6) = Mince (7 à 13)
6. Roche (4) = Bois (5, 6)
7. Traverse (5) = Bois déchiqueté (6)
8. Feutres (7, 8, 9) = Feuilles et plaques (10 à 13)
9. Feutres Chanvre et jute (7, 8) = Feutre Coco (9)
10. Feutre Chanvre1000 (7) = Chanvre 1400 (8)
11. Feuilles (10, 11) = Plaques (12, 13)
12. Feuilles Ahlstrom (10) = Groen Creatie (11)
13. Plaques Isoroy (12) = HPK (13)

Les résultats des comparaisons de moyennes des modalités de paillage sont illustrés pour chaque caractéristique en donnant pour chaque question (contraste) la différence de moyennes qui y répond ainsi que son intervalle de confiance au niveau $P = 0,95$ (Figures 14 à 16). **Tout intervalle de confiance (barres verticales dans les Figures 14 - 16) qui n'intercepte pas la valeur 0 indique une différence significative pour la comparaison concernée, à condition cependant que l'effet global des modalités de paillage ait été jugé crédible (significatif), ce qui en l'occurrence est le cas pour les trois indicateurs de croissance annuelle étudiés (hauteur, diamètre, élancement) et pour les deux essences.**

2.2.2.1 Croissance en hauteur

Pour le **chêne**, l'effet des modalités est significatif :

	Effet Modalité	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
		13	405	3.40	<.0001
Label		Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
Témoin contre Traités		1	413	9.90	0.0018
Désherbés contre Paillés		1	412	1.40	0.2376
Plastiques contre Autres paillis		1	405	5.78	0.0166
Plastique Non Tressé contre Tressé		1	403	2.65	0.1045
Épais contre Mince organiques		1	400	3.26	0.0719
Épais Roche contre Bois		1	407	0.01	0.9095
Traverse contre Bois déchiqueté		1	405	0.28	0.5945
Feutres contre Feuilles et Plaques		1	408	0.01	0.9095
Feutres Chanvre contre Coco		1	407	4.80	0.0291
Chanvre10 contre Chanvre14		1	405	1.04	0.3088
Feuilles contre Plaques		1	404	2.89	0.0899
Feuilles Ahlstrom contre GrCreatie		1	407	12.42	0.0005
Plaques Isoroy contre HPK		1	401	1.72	0.1905

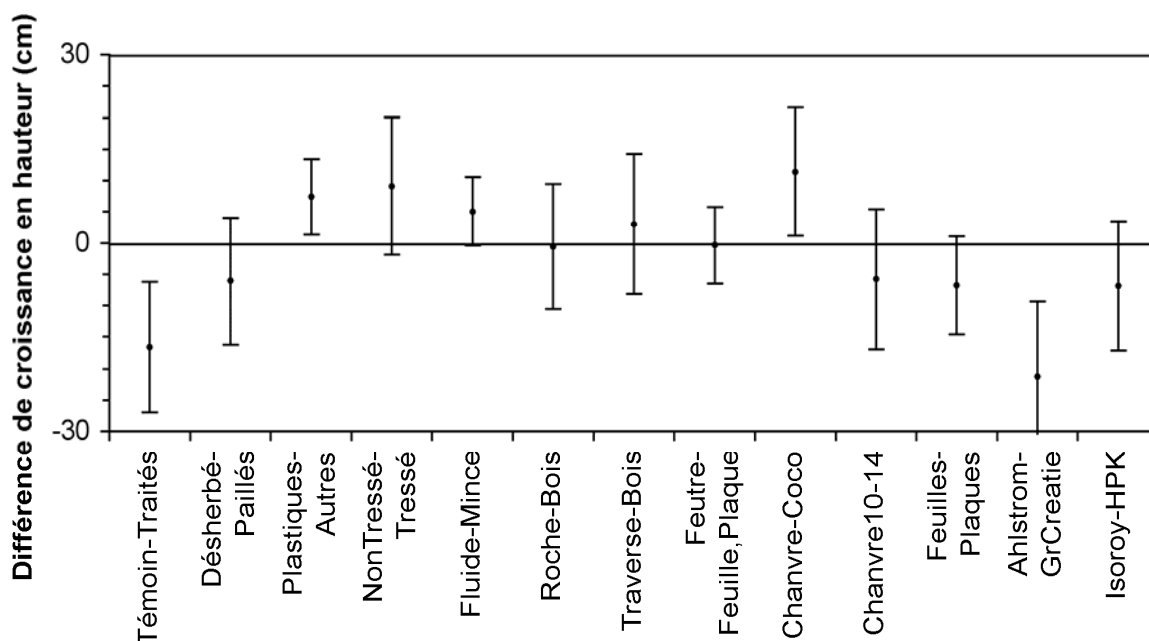


Figure 14a : Différences de croissance en hauteur (cm) chez le Chêne et intervalle de confiance (P=0,95) pour 13 comparaisons des modalités de paillage (contrastes)

Interprétation :

L'infériorité de croissance (de 16,6 cm en moyenne) des témoins par rapport aux autres, déjà très significative en 2005, s'est encore accentuée en 2006. De même la croissance en hauteur reste supérieure (de 7,4 cm) avec les paillis en plastique (Reviron) par rapport aux autres types de paillis. La croissance est supérieure avec les paillis de chanvre par rapport aux paillis de coco (de 11,4 cm), enfin la croissance en hauteur est de 21,2 cm inférieure avec le paillis Ahlstrom par comparaison avec le paillis Groen Creatie.

Pour le **merisier**, l'effet des modalités est significatif :

Effet	Num	Den	F Value	Pr > F
Modalité	DF	DF		
	13	288	8.91	<.0001
Label	Num	Den	F Value	Pr > F
Témoin contre Traités	1	287	27.46	<.0001
Désherbés contre Paillés	1	293	1.83	0.1769
Plastiques contre Autres paillis	1	277	0.79	0.3738
Plastique Non Tressé contre Tressé	1	274	6.78	0.0097
Epais contre Mince organiques	1	296	44.62	<.0001
Epais Roche contre Bois	1	304	5.05	0.0253
Traverse contre Bois déchiqueté	1	292	0.44	0.5093
Feutres contre Feuilles et Plaques	1	290	0.88	0.3482
Feutres Chanvre contre Coco	1	308	0.04	0.8376
Chanvre10 contre Chanvre14	1	280	0.81	0.3703
Feuilles contre Plaques	1	284	17.14	<.0001
Feuilles Ahlstrom contre GrCreatie	1	281	7.00	0.0086
Plaques Isoroy contre HPK	1	291	0.07	0.7861

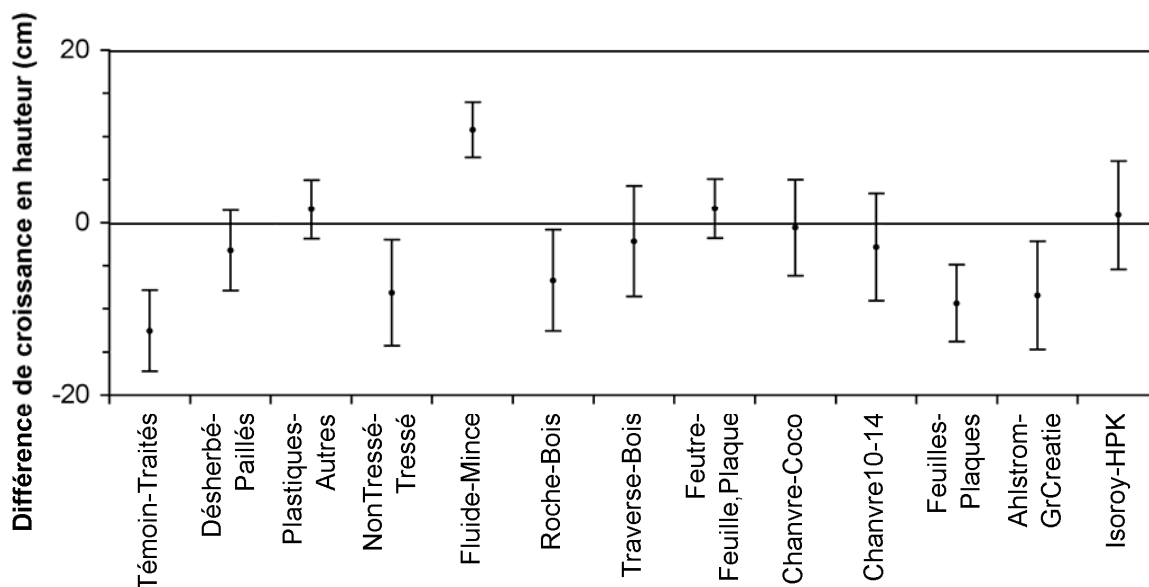


Figure 14 b : Différences de croissance en hauteur (cm) chez le merisier et intervalle de confiance (P = 0,95) pour 13 comparaisons des modalités de paillage (contrastes)

Interprétation :

Comme chez le chêne et comme en 2005, les témoins ont une croissance en hauteur très inférieure aux autres (de 12,5 cm). Comme chez le chêne, la supériorité de croissance en hauteur avec le désherbage a disparu (et la comparaison avec les paillis tend même à s'inverser). Les paillis tressés sont associés à une croissance supérieure de 8,2 cm à celle obtenue sous paillis non tressé. Les fluides (paillis épais, SNCF et bois déchiqueté) sont associés à une croissance plus forte (de 10,8 cm) qu'avec les paillis minces (feutres, chanvre, feuilles, plaques). Les paillis de type Roche induisent une croissance en hauteur plus faible que les paillis Bois (de 6,7 cm). Enfin, comme en 2005, les feuilles sont associées à une croissance plus faible (de 9,4 cm) que les plaques et le paillis Ahlstrom, à une croissance de 8,4 cm plus faible que Groen Creatie.

2.2.2.2 Croissance en diamètre

Pour le **chêne**, l'effet des modalités est significatif :

Effet Modalité	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
	13	406	2.80	0.0007
Label	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
Témoin contre Traités	1	414	12.32	0.0005
Désherbés contre Paillés	1	412	0.05	0.8260
Plastiques contre Autres paillis	1	406	11.53	0.0008
Plastique Non Tressé contre Tressé	1	405	0.10	0.7488
Epais contre Mincres organiques	1	401	0.52	0.4695
Epais Roche contre Bois	1	408	1.89	0.1698
Traverse contre Bois déchiqueté	1	406	2.66	0.1036
Feutres contre Feuilles et Plaques	1	409	0.89	0.3451
Feutres Chanvre contre Coco	1	408	2.46	0.1175
Chanvre10 contre Chanvre14	1	406	1.05	0.3070
Feuilles contre Plaques	1	404	0.81	0.3695
Feuilles Ahlstrom contre GrCreatie	1	407	1.28	0.2587
Plaques Isoroy contre HPK	1	401	0.85	0.3562

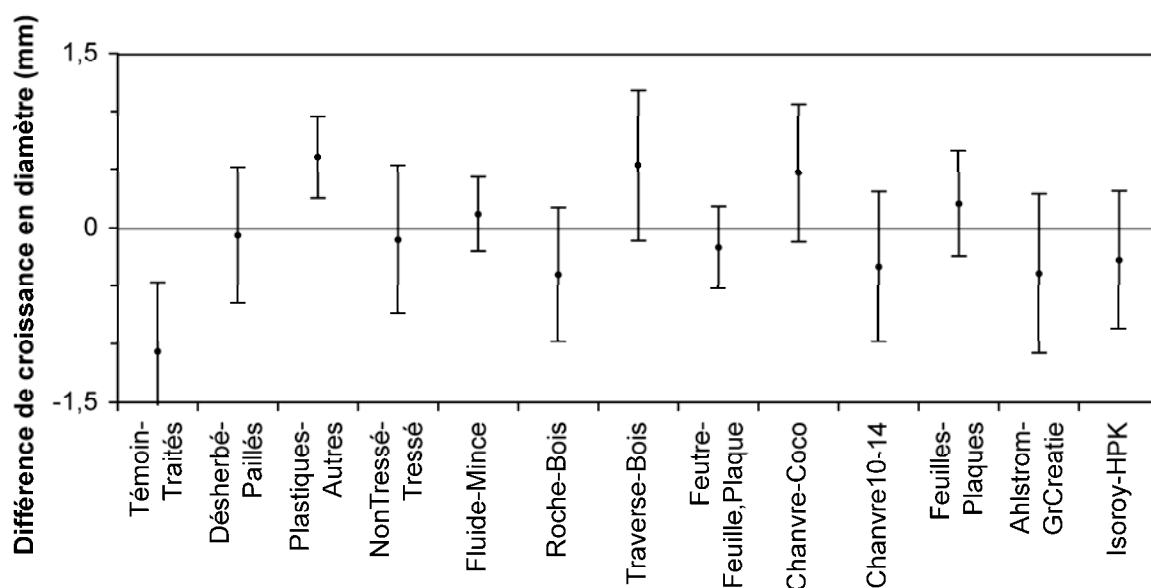


Figure 15a : Différences de croissance en diamètre (mm) chez le Chêne et intervalle de confiance (P = 0,95) pour 13 comparaisons des modalités de paillage (contrastes)

Interprétation :

Contrairement à l'an dernier, des différences significatives de croissance en diamètre apparaissent chez le chêne en 2006. La croissance des Témoins est plus faible de 1,1 mm que celle des traités, celle observée sous paillis en plastique est de 0,6 mm plus forte qu'avec les autres paillis. Cette dernière différence reflète celle observée quant aux hauteurs en 2006 (voir plus haut)

Pour le **merisier**, l'effet des modalités est significatif :

Effet Modalité	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
	13	277	18.10	<.0001

Label	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
Témoin contre Traités	1	275	88.99	<.0001
Désherbés contre Paillés	1	281	1.83	0.1772
Plastiques contre Autres paillis	1	266	0.00	0.9583
Plastique Non Tressé contre Tressé	1	262	0.10	0.7505
Epais contre Mince organiques	1	284	66.18	<.0001
Epais Roche contre Bois	1	291	29.53	<.0001
Traverse contre Bois déchiqueté	1	280	9.18	0.0027
Feutres contre Feuilles et Plaques	1	279	0.00	0.9892
Feutres Chanvre contre Coco	1	295	2.49	0.1155
Chanvre10 contre Chanvre14	1	269	0.03	0.8562
Feuilles contre Plaques	1	274	19.14	<.0001
Feuilles Ahlstrom contre GrCreatie	1	272	8.99	0.0030
Plaques Isoroy contre HPK	1	279	0.01	0.9198

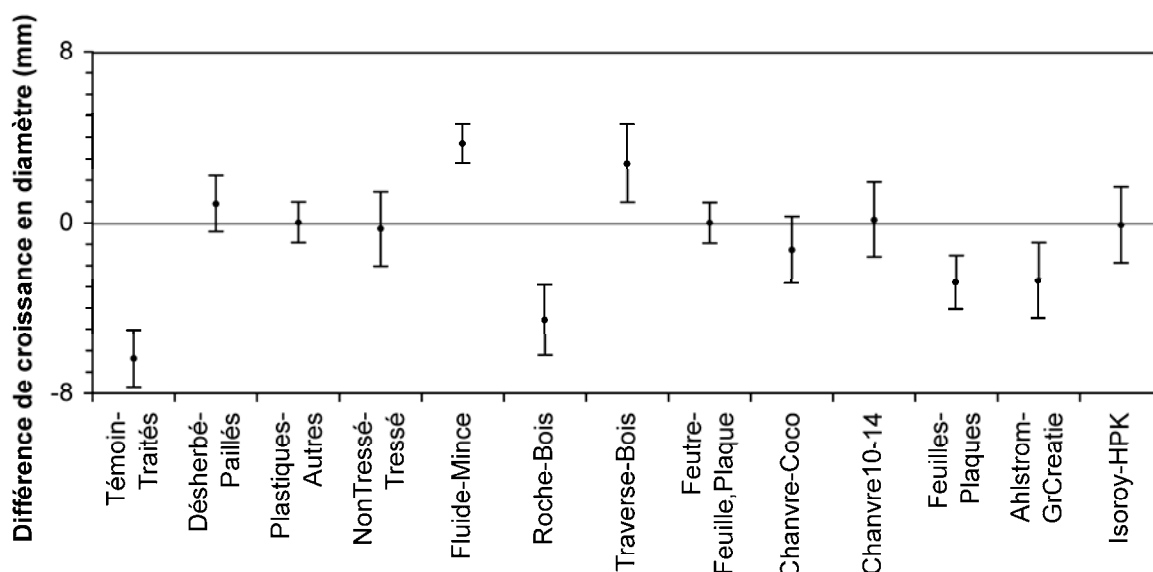


Figure 15 b : Différences de croissance en diamètre (mm) chez le Merisier et intervalle de confiance (P = 0,95) pour 13 comparaisons des modalités de paillage (contrastes)

Interprétation :

La croissance en diamètre, comme celle en hauteur, est inférieure chez les témoins par rapport aux autres (de 6,4 mm) ; la supériorité de croissance des désherbés n'est plus apparente. La croissance en diamètre est, comme en 2005 et comme pour celle en hauteur, supérieure (de 3,7 mm) avec des paillis fluides par rapport à ce qu'elle est avec les paillis minces et inférieure de 4,6 mm avec les paillis de type roche par rapport aux paillis bois. Enfin, la croissance est inférieure avec les paillis de type feuilles par rapport aux plaques (de 2,8 mm) et inférieure avec les feuilles Ahlstrom par rapport aux feuilles Groen Creatie (de 2,7 mm).

2.2.2.3 Croissance en élancement

Pour le **chêne**, l'effet des modalités est significatif :

Effet Modalité	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
	13	405	1.92	0.0263

Label	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
Témoin contre Traités	1	414	0.84	0.3603
Désherbés contre Paillés	1	413	1.03	0.3105
Plastiques contre Autres paillis	1	404	0.00	0.9865
Plastique Non Tressé contre Tressé	1	403	2.59	0.1080
Epais contre Mince organiques	1	399	5.71	0.0173
Epais Roche contre Bois	1	408	0.13	0.7149
Traverse contre Bois déchiqueté	1	405	0.55	0.4592
Feutres contre Feuilles et Plaques	1	408	0.41	0.5215
Feutres Chanvre contre Coco	1	407	2.40	0.1220
Chanvre10 contre Chanvre14	1	405	0.12	0.7252
Feuilles contre Plaques	1	403	4.77	0.0295
Feuilles Ahlstrom contre GrCreatie	1	407	8.90	0.0030
Plaques Isoroy contre HPK	1	400	0.22	0.6380

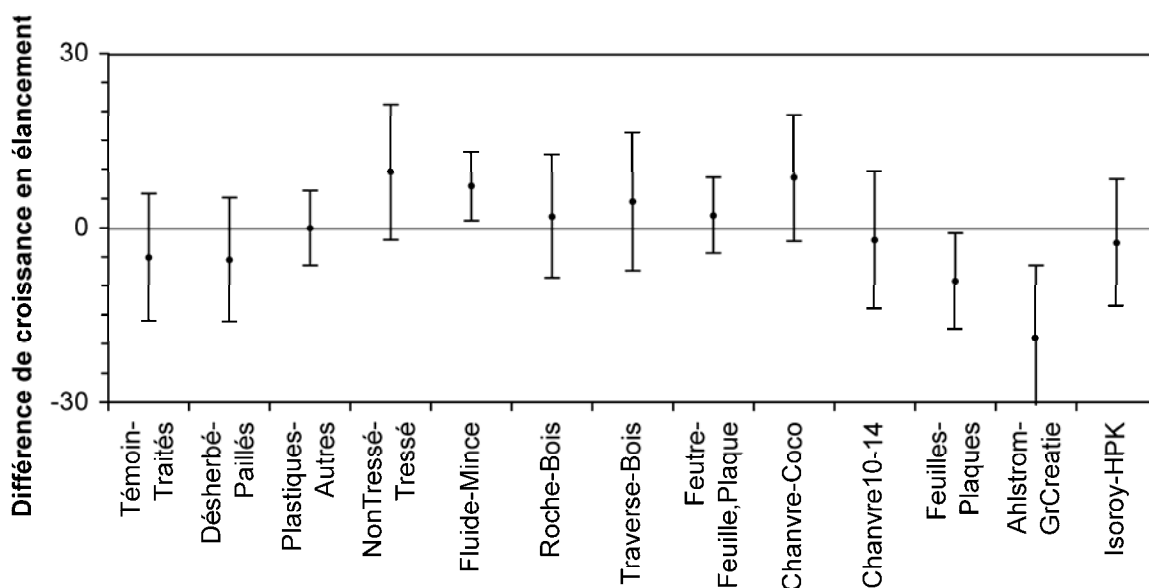


Figure 16a : Différences de croissance en élancement (cm/cm) chez le Chêne et intervalle de confiance (P = 0,95) pour 13 comparaisons des modalités de paillage (contrastes)

Interprétation :

En 2005, la croissance en élancement du chêne ne variait pas entre modalités de paillage. En 2006, des différences se font jour. La croissance en élancement avec les paillis fluides est supérieure à celle avec les paillis minces (différence moyenne de 7,1 cm/cm), celle avec les paillis de type feuilles est inférieure à celle avec les plaques (de 9,2 cm/cm), enfin celle avec le paillis Ahlstrom est inférieure de 19 cm/cm à celle avec le paillis Groen Creatie. Ces deux dernières différences proviennent des différences correspondantes de croissance en hauteur (voir plus haut).

Pour le **merisier**, l'effet des modalités est significatif :

	Effet	Num	Den	F Value	Pr > F
	Modalité	DF	DF		
		13	265	2.70	0.0014
Label		Num	Den	F Value	Pr > F
		DF	DF		
Témoin contre Traités		1	263	14.08	0.0002
Désherbés contre Paillés		1	269	0.70	0.4048
Plastiques contre Autres paillis		1	254	0.28	0.5973
Plastique Non Tressé contre Tressé		1	251	0.17	0.6836
Epais contre Mince organiques		1	272	1.99	0.1591
Epais Roche contre Bois		1	279	5.01	0.0260
Traverse contre Bois déchiqueté		1	269	6.71	0.0101
Feutres contre Feuilles et Plaques		1	267	0.44	0.5089
Feutres Chanvre contre Coco		1	282	0.74	0.3915
Chanvre10 contre Chanvre14		1	257	0.03	0.8640
Feuilles contre Plaques		1	263	2.83	0.0939
Feuilles Ahlstrom contre GrCreatie		1	261	0.42	0.5172
Plaques Isoroy contre HPK		1	267	0.68	0.4116

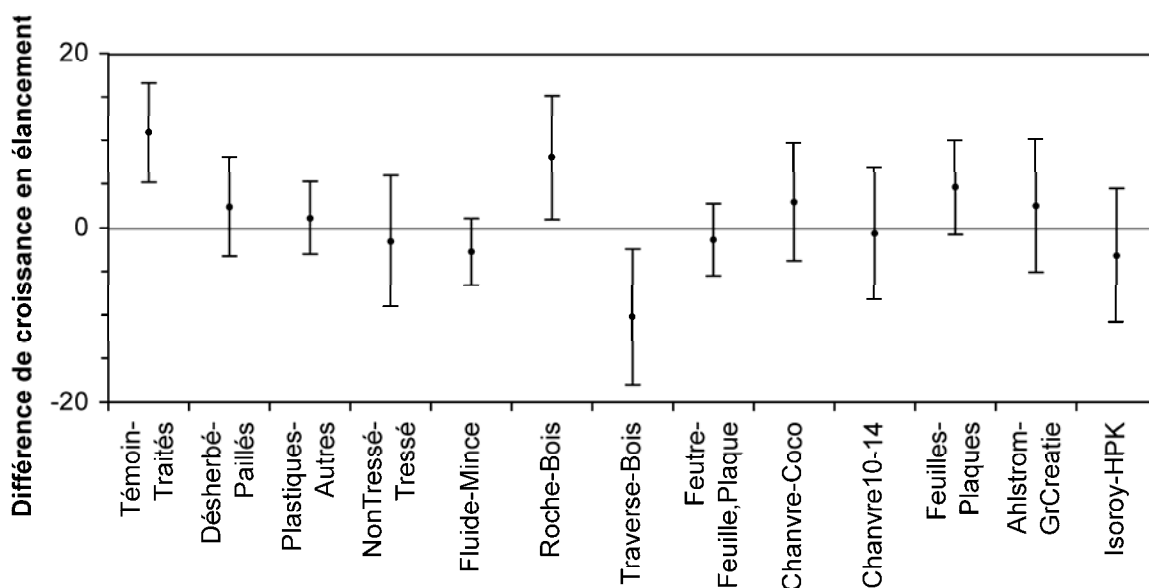


Figure 16b : Différences de croissance en élancement (cm/cm) chez le Merisier et intervalle de confiance (P = 0,95) pour 13 comparaisons des modalités de paillage (contrastes)

Interprétation :

La croissance en élancement chez le merisier est supérieure (de 10,9 cm/cm) parmi les témoins par rapport aux autres. Elle est supérieure de 8 cm/cm avec les paillis de roche par rapport aux paillis en bois et parmi ces derniers, elle est supérieure de 10,2 cm/cm avec le bois déchiqueté par rapport aux traverses SNCF.

2.3 EFFETS DES MODALITES DE PAILLAGE SUR LES VALEURS ATTEINTES FIN 2006 POUR LES TROIS CARACTERISTIQUES

Avant de conclure ce rapport, il a paru utile d'examiner brièvement le résultat global de cette troisième année d'essai, à savoir les hauteurs, diamètres et élancements atteints en novembre 2006.

2.3.1 Caractéristiques moyennes par modalité et par essence

Les hauteurs (Figure 17), diamètres (Figure 18) et élancements (Figure 19) atteints en octobre 2006 sont illustrés ci-dessous sans interprétation. Les faits saillants ressortent en effet suffisamment clairement d'eux-mêmes. Ces résultats seront interprétés dans la section suivante.

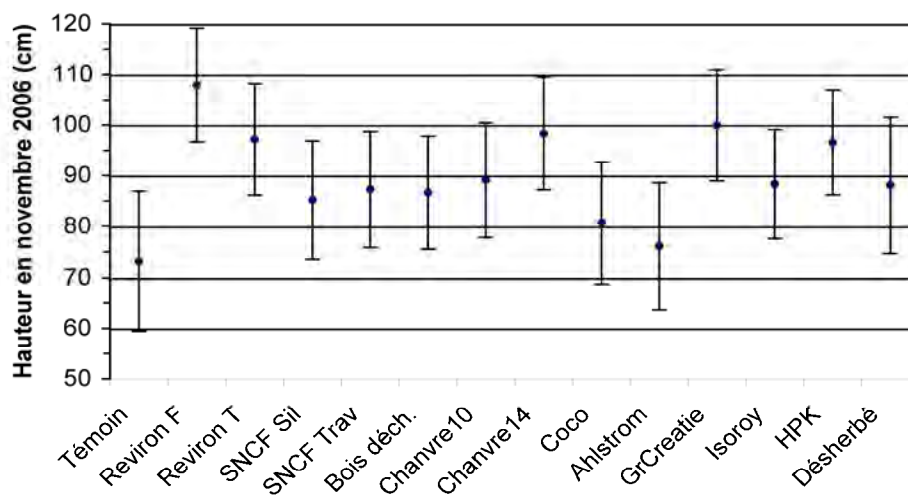


Figure 17a : Hauteur moyenne (cm) atteinte en octobre 2006 selon les 14 modalités de paillage pour le chêne et intervalles de confiance aux moyennes (niveau P = 0,95)

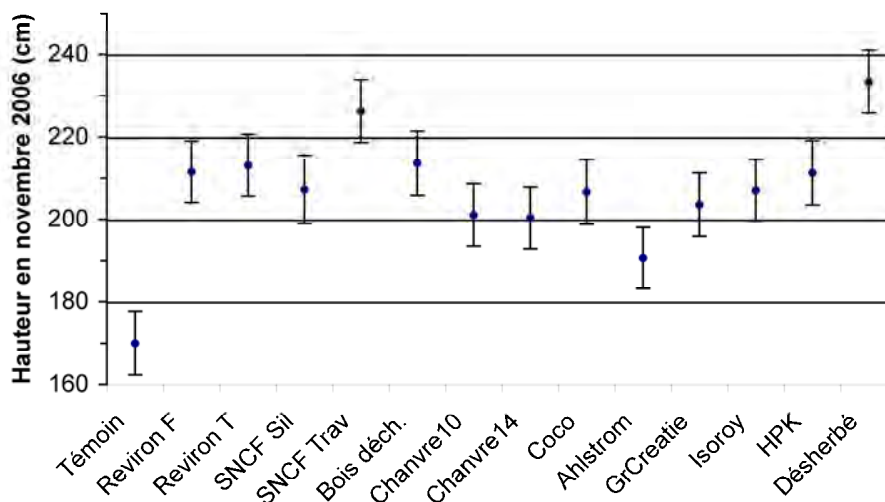


Figure 17b : Hauteur moyenne (cm) atteinte en octobre 2006 selon les 14 modalités de paillage pour le merisier et intervalles de confiance aux moyennes (niveau P = 0,95)

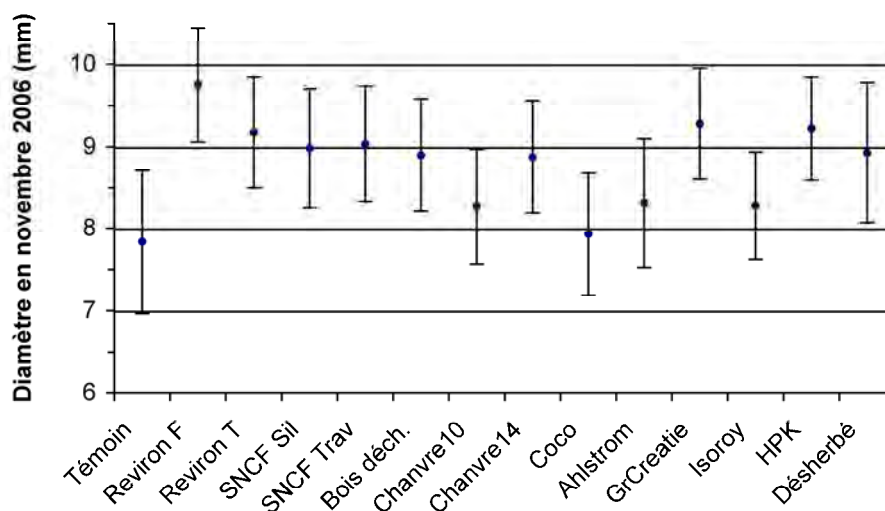


Figure 18a : Diamètre moyen (mm) atteint en octobre 2006 selon les 14 modalités de paillage pour le chêne et intervalles de confiance aux moyennes (niveau P = 0,95)

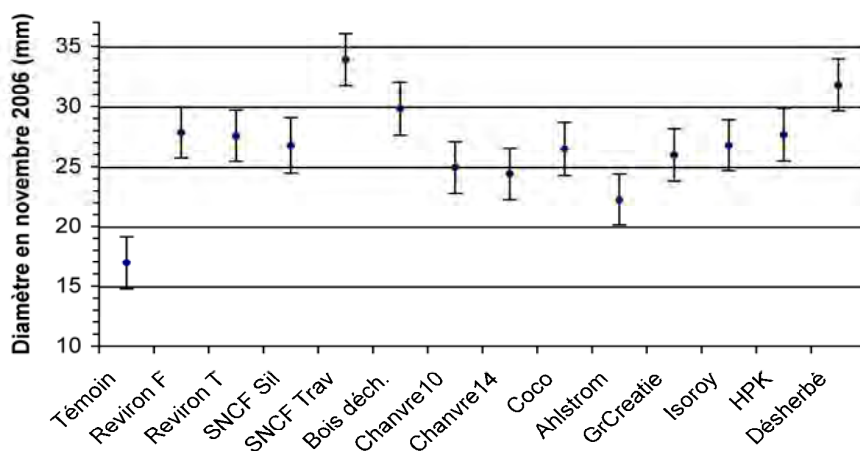


Figure 18b : Diamètre moyen (mm) atteint en octobre 2006 selon les 14 modalités de paillage pour le merisier et intervalles de confiance aux moyennes (niveau P = 0,95)

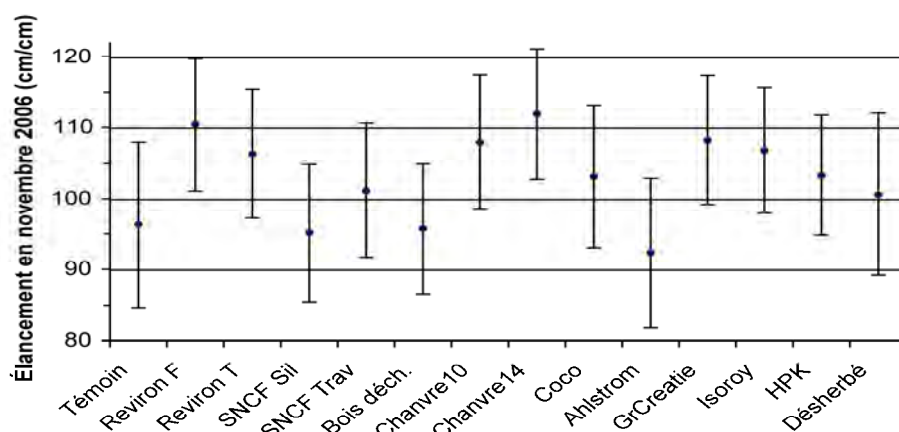


Figure 19a : Élanement moyen (cm/cm) atteint en octobre 2006 selon les 14 modalités de paillage pour le chêne et intervalles de confiance aux moyennes (niveau P = 0,95)

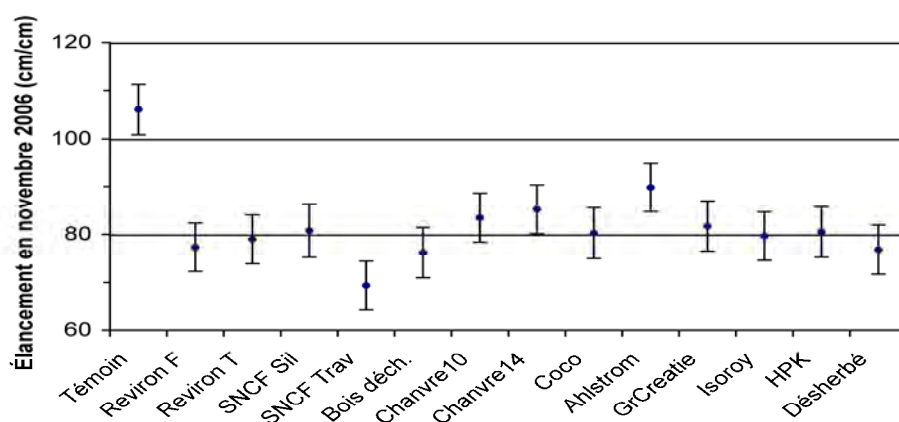


Figure 19b : Élanement moyen (cm/cm) atteint en octobre 2006 selon les 14 modalités de paillage pour le merisier et intervalles de confiance aux moyennes (niveau P = 0,95)

2.3.2 Comparaisons entre modalités de paillage

2.3.2.1 Hauteur atteinte fin 2006

Pour le **chêne**, l'effet des modalités est significatif :

Effet Modalité	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
	13	243	2.99	0.0004
Label	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
Témoin contre Traités	1	304	6.90	0.0091
Dés herbés contre Paillés	1	306	0.21	0.6466
Plastiques contre Autres paillis	1	227	11.85	0.0007
Plastique Non Tressé contre Tressé	1	225	2.20	0.1392
Epais contre Mince organiques	1	237	0.92	0.3380
Epais Roche contre Bois	1	248	0.07	0.7865
Traverse contre Bois déchiqueté	1	226	0.01	0.9311
Feutres contre Feuilles et Plaques	1	246	0.04	0.8330
Feutres Chanvre contre Coco	1	259	3.78	0.0530
Chanvre10 contre Chanvre14	1	241	1.60	0.2075
Feuilles contre Plaques	1	238	0.74	0.3896
Feuilles Ahlstrom contre GrCreatie	1	269	9.47	0.0023
Plaques Isoroy contre HPK	1	205	1.47	0.2262

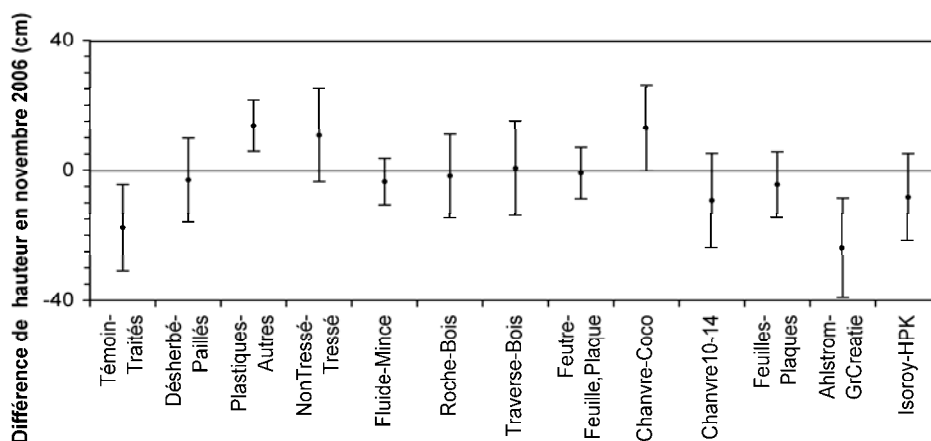


Figure 20a : Différences de hauteur (cm) en octobre 2006 chez le Chêne et intervalle de confiance (P = 0,95) pour 13 comparaisons des modalités de paillage (contrastes)

Interprétation :

Trois comparaisons ressortent comme très significatives. D'une part, la hauteur atteinte par les Témoins est inférieure de 17,7 cm à celle des traités. D'autre part, la hauteur atteinte par les chênes sous paillis plastique est supérieure de 13,7 cm à celle atteinte avec les autres paillis. Enfin, celle atteinte sous paillis Ahlstrom est inférieure de 23,8 cm à celle atteinte sous le paillis Groen Creatie

Pour le **merisier**, l'effet des modalités est significatif :

	Effet Modalité	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
		13	287	17.72	<.0001
Label		Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
Témoin contre Traités		1	285	113.24	<.0001
Dés herbés contre Paillés		1	291	48.32	<.0001
Plastiques contre Autres paillis		1	276	4.25	0.0403
Plastique Non Tressé contre Tressé		1	272	0.11	0.7450
Epais contre Mince organiques		1	295	25.57	<.0001
Epais Roche contre Bois		1	302	7.50	0.0065
Traverse contre Bois décheté		1	291	6.21	0.0132
Feutres contre Feuilles et Plaques		1	289	0.03	0.8689
Feutres Chanvre contre Coco		1	306	1.81	0.1794
Chanvre10 contre Chanvre14		1	279	0.02	0.8804
Feuilles contre Plaques		1	284	11.75	0.0007
Feuilles Ahlstrom contre GrCreatie		1	281	6.77	0.0098
Plaques Isoroy contre HPK		1	289	0.71	0.4004

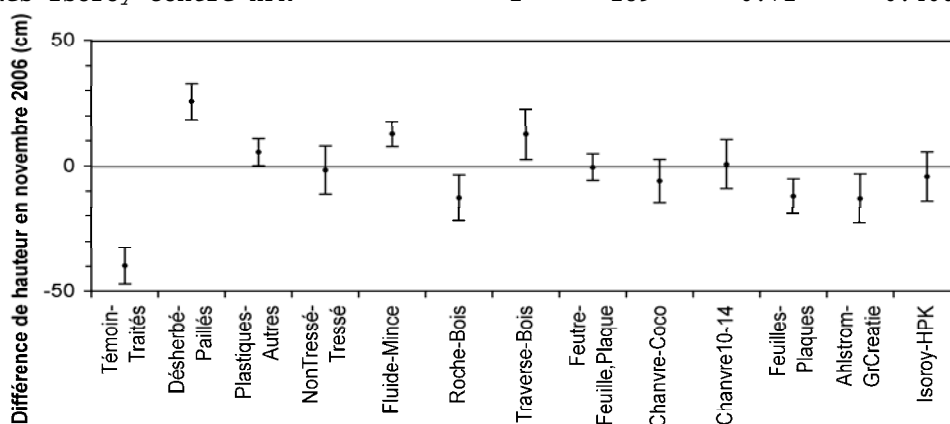


Figure 20b : Différences de hauteur (cm) en octobre 2006 chez le Merisier et intervalle de confiance (P = 0,95) pour 13 comparaisons des modalités de paillage (contrastes)

Interprétation :

La hauteur des merisiers témoins est inférieure à la moyenne des autres de 39,7 cm tandis que celle des désherbés est la plus élevée, avec 25,7 cm de plus que la moyenne des paillés. La hauteur sous paillis plastique est plus élevée qu'avec les autres paillis (5,5 cm) ; celle sous paillis fluides est plus élevée de 12,7 cm que celle sous paillis minces ; celle sous paillis de roche est inférieure de 12,7 cm à celle sous paillis de bois, celle sous paillis de traverses est supérieure de 12,7 cm à celle avec le bois déchiqueté.

Enfin, la hauteur atteinte par les merisiers en octobre 2006 sous paillis de feuilles est inférieure de 12,1 cm à celle atteinte sous paillis de plaques et celle sous paillis Ahlstrom est inférieure de 12,9 cm à celle sous paillis Groen Creatie.

2.3.2.2 Diamètre atteint en octobre 2006

Pour le **chêne**, l'effet des modalités est significatif :

	Effet	Num	Den	F Value	Pr > F
	Modalité	13	423	2.38	0.0044

Label	Num	Den	F Value	Pr > F
Témoin contre Traités	1	427	5.06	0.0250
Désherbés contre Paillés	1	425	0.05	0.8319
Plastiques contre Autres paillis	1	422	8.34	0.0041
Plastique Non Tressé contre Tressé	1	422	1.49	0.2236
Epais contre Minces organiques	1	421	2.48	0.1164
Epais Roche contre Bois	1	424	0.00	0.9716
Traverse contre Bois déchiqueté	1	424	0.08	0.7788
Feutres contre Feuilles et Plaques	1	423	2.45	0.1179
Feutres Chanvre contre Coco	1	424	2.10	0.1480
Chanvre10 contre Chanvre14	1	421	1.60	0.2064
Feuilles contre Plaques	1	420	0.02	0.8933
Feuilles Ahlstrom contre GrCreatie	1	423	3.57	0.0595
Plaques Isoroy contre HPK	1	420	4.47	0.0350

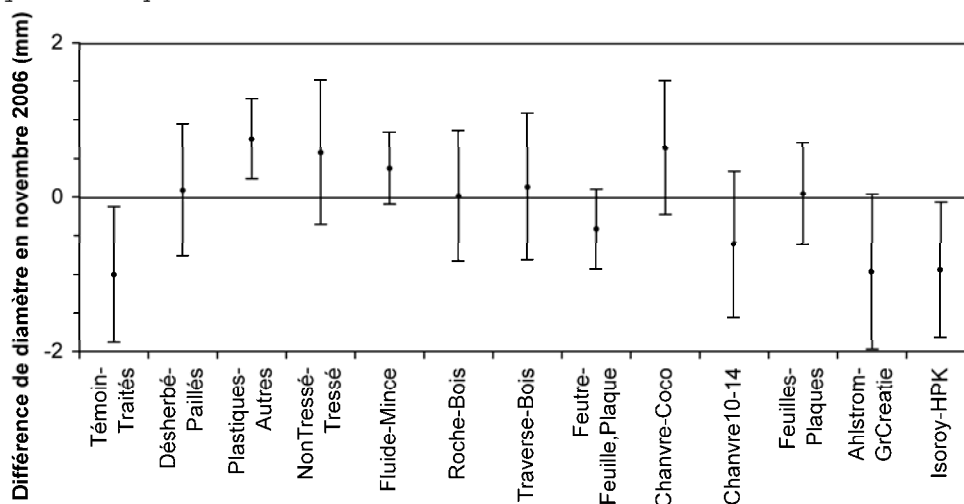


Figure 21a : Différences de diamètre (mm) en octobre 2006 chez le Chêne et intervalle de confiance (P = 0,95) pour 13 comparaisons des modalités de paillage (contrastes)

Interprétation :

Le diamètre atteint par les chênes témoins est inférieur de 1,0 mm à celui des autres, le diamètre sous paillis plastique est supérieur de 0,8 mm à celui sous les autres paillis, le diamètre sous paillis Isoroy est inférieur de 0,9 mm à celui sous paillis HPK et enfin, la différence de diamètre sous paillis Ahlstrom et sous paillis Groen Creatie (1,0 mm en faveur de ce dernier) est presque significative.

Pour le **merisier**, l'effet des modalités est significatif :

	Effet	Num	Den	F Value	Pr > F
	Modalité	DF	DF		
		13	285	19.02	<.0001
Label		Num	Den	F Value	Pr > F
		DF	DF		
Témoin contre Traités		1	284	114.62	<.0001
Dés herbés contre Paillés		1	290	24.41	<.0001
Plastiques contre Autres paillis		1	275	1.30	0.2552
Plastique Non Tressé contre Tressé		1	271	0.04	0.8393
Epais contre Minces organiques		1	293	50.32	<.0001
Epais Roche contre Bois		1	300	17.71	<.0001
Traverse contre Bois déchiqueté		1	289	9.46	0.0023
Feutres contre Feuilles et Plaques		1	287	0.31	0.5790
Feutres Chanvre contre Coco		1	303	2.45	0.1188
Chanvre10 contre Chanvre14		1	278	0.17	0.6765
Feuilles contre Plaques		1	283	11.33	0.0009
Feuilles Ahlstrom contre GrCreatie		1	282	8.16	0.0046
Plaques Isoroy contre HPK		1	287	0.44	0.5086

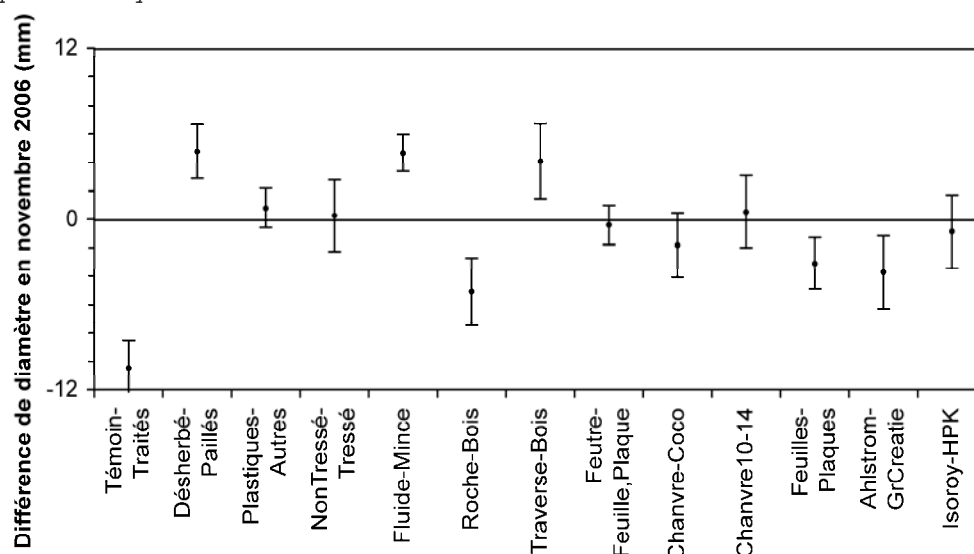


Figure 21 b : Différences de diamètre (mm) en octobre 2006 chez le Merisier et intervalle de confiance (P = 0,95) pour 13 comparaisons des modalités de paillage (contrastes)

Interprétation :

Le diamètre atteint par les merisiers témoins est de 10,4 mm inférieur à celui atteint par les autres. Le dés herbés atteignent un diamètre supérieur de 4,8 mm à celui des paillés. Le diamètre sous paillis fluide est supérieur de 4,7 mm à celui sous paillis mince ; sous paillis roche, il est inférieur de 5,1 mm à celui sous paillis de bois ; il est supérieur de 4,1 mm avec les traverses SNCF par comparaison au bois déchiqueté.

Enfin, le diamètre atteint en octobre 2006 est inférieur de 3,1 mm sous paillis de feuilles par rapport aux paillis de plaques et est inférieur de 3,7 mm sous paillis Ahlstrom par rapport au Groen Creatie.

2.3.2.3 Élanement atteint fin 2006

Pour le **chêne**, l'effet des modalités n'est pas significatif :

	Effet	Num	Den	F Value	Pr > F
	Modalité	DF	DF		
		13	408	1.71	0.0572

Label	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
Témoin contre Traités	1	419	1.40	0.2380
Désherbés contre Paillés	1	416	0.26	0.6087
Plastiques contre Autres paillis	1	407	2.84	0.0925
Plastique Non Tressé contre Tressé	1	406	0.42	0.5169
Epais contre Mince organiques	1	402	5.60	0.0185
Epais Roche contre Bois	1	411	0.33	0.5656
Traverse contre Bois déchiqueté	1	408	0.71	0.3984
Feutres contre Feuilles et Plaques	1	411	2.05	0.1532
Feutres Chanvre contre Coco	1	410	1.39	0.2396
Chanvre10 contre Chanvre14	1	408	0.38	0.5373
Feuilles contre Plaques	1	405	1.13	0.2876
Feuilles Ahlstrom contre GrCreatie	1	410	5.55	0.0190
Plaques Isoroy contre HPK	1	401	0.37	0.5434

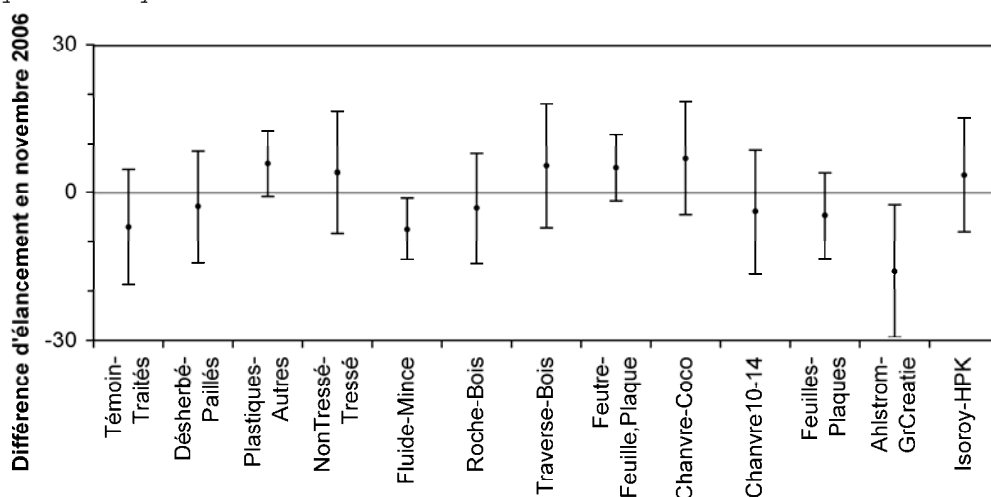


Figure 22a : Différences d'élancement (cm/cm) en octobre 2006 chez le Chêne et intervalle de confiance (P = 0,95) pour 13 comparaisons des modalités de paillage (contrastes)

Interprétation :

L'effet global des modalités sur les élancements atteints par le chêne en octobre 2006 n'étant pas significatif, on ne peut interpréter les contrastes.

Pour le **merisier**, l'effet des modalités est significatif :

Label	Effet MODALITÉ	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
		13	286	13.80	<.0001
Label		Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
Témoin contre Traités		1	284	121.68	<.0001
Désherbés contre Paillés		1	290	2.16	0.1428
Plastiques contre Autres paillis		1	275	2.18	0.1408
Plastique Non Tressé contre Tressé		1	272	0.29	0.5931
Epais contre Mince organiques		1	293	22.26	<.0001
Epais Roche contre Bois		1	300	7.54	0.0064
Traverse contre Bois déchiqueté		1	290	4.59	0.0329
Feutres contre Feuilles et Plaques		1	288	0.00	0.9638
Feutres Chanvre contre Coco		1	304	2.11	0.1475
Chanvre10 contre Chanvre14		1	279	0.31	0.5789
Feuilles contre Plaques		1	284	6.50	0.0113
Feuilles Ahlstrom contre GrCreatie		1	283	6.58	0.0108
Plaques Isoroy contre HPK		1	288	0.07	0.7879

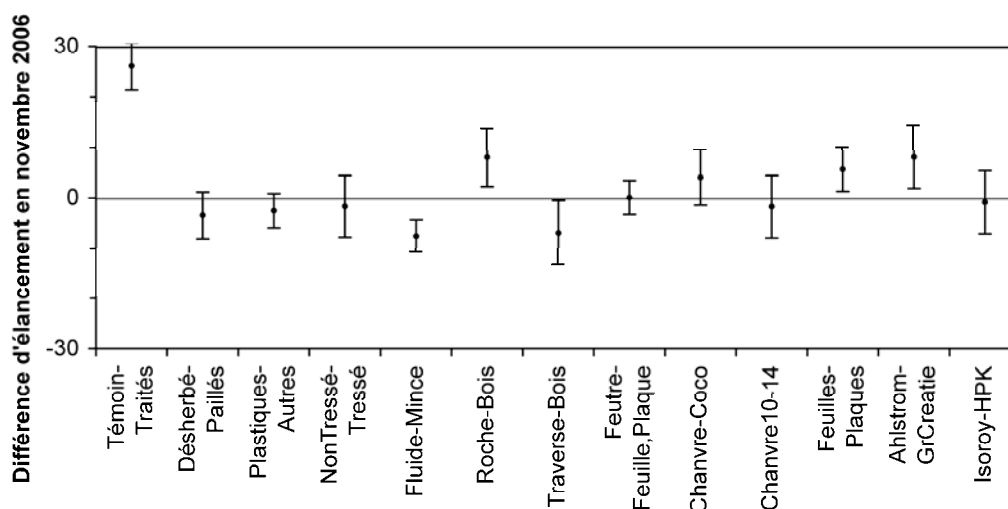


Figure 22b : Différences d'élanement (cm/cm) en novembre 2005 chez le Merisier et intervalle de confiance (P = 0,95) pour 13 comparaisons des modalités de paillage (contrastes)

Interprétation :

L'élanement en octobre 2006 est supérieur de 26,0 cm/cm chez les merisiers témoins par rapport aux autres. Il est inférieur de 7,5 cm/cm sous paillis fluide par rapport aux paillis minces, supérieur de 8,0 cm/cm sous paillis de roche par rapport aux paillis de bois, supérieur de 5,7 cm/cm sous paillis de feuilles par rapport aux plaques et enfin, supérieur de 8,1 cm/cm sous paillis Ahlstrom par rapport au Groen Creatie.

3 CONCLUSION

Parmi les 1344 arbres (672 chênes, 672 merisiers) plantés en décembre 2003 pour cet essai visant à comparer 14 modalités de paillage, 1101 (496 chênes, 605 merisiers) sont encore présents en fin d'expérience, octobre 2006 (§ 2.1.1). Les 243 arbres manquants (26% des chênes, 10% des merisiers) ont été éliminés (cassés...: 70 chênes, 59 merisiers) ou sont morts (106 chênes, 8 merisiers) en cours d'expérience.

La principale cause de disparition est la mort chez le chêne (60% des disparitions), l'élimination chez le merisier (88% des disparitions). Le suivi temporel de ces disparitions montre une forte augmentation en 2006 par rapport aux années précédentes. Cinq chênes et quatre merisiers ont disparu entre la plantation et avril 2004, 48 chênes et 2 merisiers ont disparu au cours de la saison de croissance 2004, 35 chênes et 5 merisiers en 2005, 88 chênes et 56 merisiers en 2006.

Le taux de mortalité des chênes n'est pas indépendant des modalités de paillage (§ 2.1.6) : il dépasse 30% chez les témoins et les désherbés, se situe entre 20% et 25% sous les paillis Am-Coco, Reviron F et SNCF Sil et varie entre 10% et 15% pour les autres produits, sauf pour HPK où il n'est que de 4,3%. Quand on compare les croissances – de leur vivant – des chênes morts et des chênes survivants en 2006, on observe en 2004 une différence de croissance en hauteur de 1,1 cm en faveur des survivants et en 2005 une différence de croissance en diamètre de 0,5 mm en faveur des survivants (§ 2.1.7). Ces différences sont les seules significatives. On notera que ces différences sont négligeables par rapport aux différences de croissance entre les modalités de paillage les plus performantes et les moins performantes et ne peuvent donc affecter l'ordre de ces performances. On notera aussi que les modalités les plus performantes ne sont pas toutes associées aux mortalités les plus faibles. La seule exception est le Témoin, associé aux mortalités les plus fortes et aux croissances les plus faibles.

Parmi les 1101 arbres encore présents en octobre 2006, 46 ne croissent pas en 2006 (44 chênes, 2 merisiers). Ces arbres sont exclus de l'analyse des croissances et des valeurs atteintes en fin 2006 (§ 2.1.2). Enfin, quatre arbres (1 chêne, 3 merisiers) sont exclus parce qu'ils présentent des valeurs aberrantes en 2006 (§ 2.1.3)

Les analyses porteront donc sur 1051 arbres « actifs » fin 2006, 451 chênes et 600 merisiers. Il y a entre 21 et 42 chênes et de 36 à 46 merisiers par modalité de paillage (§ 2.1.5).

Les chênes ont grandi en moyenne de 28,0 cm en hauteur, de 1,5 mm en diamètre et ont gagné 14,9 unités (cm/cm) d'élançement. Les performances moyennes correspondantes pour les merisiers sont un gain de 47,5 cm en hauteur, de 12,1 mm en diamètre et une perte de 15,9 unités en élançement (Tableau 9 et § 2.1.4).

Période	Chêne				Merisier			
	Effectif	Hauteur	Diamètre	Élançement	Effectif	Hauteur	Diamètre	Élançement
2004	499	3,7 cm	0,7 mm	-5,8 cm/cm	664	46,3 cm	3,0 mm	19,2 cm/cm
2005	508	7,1 cm	1,1 mm	-4,8 cm/cm	654	58,1 cm	5,8 mm	-4,4 cm/cm
2006	451	28,0 cm	1,5 mm	14,9 cm/cm	600	47,5 cm	12,1 mm	-30,3 cm/cm
2003-06	451	38,5 cm	3,2 mm	6,6 cm/cm	600	152,3 cm	20,9 mm	-15,9 cm/cm

Tableau 9 : Effectifs et croissances moyennes en hauteur, diamètre et élançement en 2004, 2005, 2006 et sur la durée de l'expérience (2003-2006) pour le chêne et pour le merisier

Trois phénomènes valent d'être soulignés.

D'une part la croissance en hauteur du chêne a quadruplé en 2006 par rapport à 2005, tandis que sa croissance en diamètre a peu progressé. D'autre part, la croissance en hauteur du merisier n'a pas progressé en 2006 par rapport aux années précédentes, tandis que sa croissance en diamètre a pratiquement doublé chaque année. Enfin, vu la forte progression de sa croissance en hauteur, le chêne a gagné de l'élançement en 2006, contrairement aux années précédentes. Sur l'ensemble de l'expérience, le chêne a donc gagné de l'élançement tandis que le merisier en a perdu. On notera au passage que les croissances moyennes en hauteur et en diamètre sur l'ensemble de l'expérience ne sont pas strictement égales aux sommes des croissances moyennes annuelles. Ces moyennes ne sont en effet pas calculées sur les mêmes ensembles d'arbres, puisque l'Effectif disponible varie d'un an à l'autre (Tableau 9).

Les croissances diffèrent significativement entre modalités de paillage pour chacune des trois caractéristiques (hauteur, diamètre, élançement) chez le chêne comme chez le merisier (§ 2.2).

Les meilleures croissances en hauteur sont obtenues pour le chêne avec le paillis Reviron F suivi d'une série de quatre produits équivalents : Groen Creatie, HPK, les traverses SNCF et le Chanvre 14. Pour le merisier, les meilleures croissances en hauteur sont obtenues avec le bois déchiqueté, les traverses SNCF et le Reviron T. Pour les deux essences, les moins bonnes croissances en hauteur sont obtenues chez les témoins et avec le paillage Ahlstrom. Les modalités les plus performantes en 2006 sont aussi parmi les plus performantes en 2005. Il en va de même pour les modalités les moins performantes. On observe par contre de nombreuses inversions d'ordre entre 2004 et les années suivantes.

Les meilleures croissances en diamètre sont obtenues chez le chêne avec les deux produits Reviron, suivis des traverses SNCF et de Groen Creatie. Chez le merisier, les traverses SNCF et le bois déchiqueté sortent clairement du lot. Les moins bonnes performances sont observées chez les Témoins, suivis du paillis AmCoco chez le chêne et du paillis Ahlstrom chez le merisier. Les modalités les moins performantes en 2006 sont déjà parmi les moins performantes en 2004 et 2005. Chez le chêne, la supériorité des produits Reviron (F en particulier) apparaît en 2005, chez le merisier la très nette supériorité des traverses SNCF se marque surtout en 2006, dans une moindre mesure en 2004 mais pas en 2005.

Pour la croissance en élançement enfin, chez le chêne, les élançements les plus élevés sont obtenus avec les deux produits SNCF et le Reviron F ; chez le merisier, ce sont le Témoin et le produit Ahlstrom. Il ne faut pas oublier que l'élançement est mesuré pour chaque arbre comme le rapport entre sa hauteur et son diamètre. Dans le cas du merisier, les croissances en élançement plus élevées (moins négatives, en fait) associées aux Témoins et au paillis Ahlstrom, sont dues aux plus fortes croissances en diamètre obtenues sous toutes les autres modalités de paillage, en particulier les traverses SNCF et le bois déchiqueté (qui sont associés aux croissances en élançement les moins élevées).

On peut conclure de cette expérience que le paillis Reviron F donne globalement les meilleures croissances chez le chêne. Chez le merisier, les meilleures croissances en hauteur et en diamètre sont obtenues avec les traverses SNCF et le bois déchiqueté.

4 ANNEXES

4.1 STATISTIQUES DE CROISSANCE D'AVRIL A NOVEMBRE 2004 PAR ESSENCE ET PAR MODALITE

Pour chaque variable, les tableaux ci-dessous donnent le nombre d'observations, la moyenne, l'écart – type, le coefficient de variation (%), le minimum et le maximum observés ainsi que les quantiles 0,05 et 0,95 observés. Rappelons que 5% des valeurs de l'échantillon sont inférieures ou égales au quantile 0,05 et que 5% sont supérieures au quantile 0,95. Il est à noter que pour ces variables d'accroissement, le coefficient de variation (C.V.) perd de sa signification : un accroissement moyen nul engendrerait un C.V. infini. Les hauteurs et les diamètres ne pouvant décroître, ceci ne peut cependant se produire que pour les élancements.

4.1.1 Croissance en hauteur (en cm)

Essence	Modalité	N.Obs	Moyenne	St.-Dev.	C.V. (%)	Min	Max	Q(5%)	Q(95%)
Chêne	Témoin	21	10,43	21,259	203,86	0	97	0,0	89,8
Chêne	Reviron F	34	39,41	30,249	76,75	1	104	1,8	101,0
Chêne	Reviron T	36	29,25	23,888	81,67	0	81	0,0	79,3
Chêne	SNCF Sil	31	29,97	25,017	83,48	0	81	0,6	79,8
Chêne	SNCF Trav	33	31,48	28,726	91,24	0	98	1,4	92,4
Chêne	Bois déch.	35	29,80	33,092	111,05	0	123	0,8	123,0
Chêne	Chanvre10	33	26,88	24,041	89,44	2	85	2,0	79,4
Chêne	Chanvre14	35	32,83	23,606	71,91	0	76	0,0	68,8
Chêne	Coco	29	17,76	21,720	122,31	0	76	0,0	72,0
Chêne	Ahlstrom	26	12,81	13,506	105,45	0	47	0,0	45,3
Chêne	GrCreatie	36	34,11	27,627	80,99	0	88	0,9	77,0
Chêne	Isoroy	38	25,42	26,472	104,14	1	90	1,0	87,2
Chêne	HPK	42	33,12	29,763	89,87	0	91	1,0	88,4
Chêne	Dés herbé	22	24,55	23,593	96,12	1	81	1,0	79,2
Merisier	Témoin	42	35,74	14,607	40,87	2	72	10,2	69,4
Merisier	Reviron F	46	45,78	12,631	27,59	17	93	21,9	73,0
Merisier	Reviron T	45	54,09	21,816	40,33	27	143	31,2	113,0
Merisier	SNCF Sil	36	51,42	17,359	33,76	22	117	28,8	93,2
Merisier	SNCF Trav	43	57,23	10,984	19,19	35	86	39,4	82,8
Merisier	Bois déch.	41	59,54	17,329	29,11	38	102	39,0	98,9
Merisier	Chanvre10	44	44,61	12,295	27,56	18	80	26,5	74,0
Merisier	Chanvre14	45	47,56	16,219	34,11	1	108	19,5	75,4
Merisier	Coco	40	46,48	17,763	38,22	14	120	32,0	101,8
Merisier	Ahlstrom	46	35,70	9,809	27,48	22	63	24,0	60,9
Merisier	GrCreatie	42	44,05	11,275	25,60	18	71	27,6	67,9
Merisier	Isoroy	46	49,67	18,811	37,87	15	126	24,8	103,8
Merisier	HPK	41	48,80	17,486	35,83	25	123	29,1	94,9
Merisier	Dés herbé	43	45,30	11,728	25,89	14	78	29,2	73,2

4.1.2 Croissance en diamètre (en mm)

Essence	Modalité	N.Obs	Moyenne	St.-Dev.	C.V. (%)	Min	Max	Q(5%)	Q(95%)
Chêne	Témoïn	21	0,48	0,814	170,85	0	3	0,0	2,9
Chêne	Reviron F	34	2,03	1,381	68,07	0	5	0,0	4,3
Chêne	Reviron T	36	2,08	1,574	75,57	0	6	0,0	6,0
Chêne	SNCF Sil	31	1,23	1,087	88,64	0	4	0,0	4,0
Chêne	SNCF Trav	33	1,91	2,156	112,93	0	10	0,0	7,2
Chêne	Bois déch.	35	1,43	1,481	103,67	0	5	0,0	5,0
Chêne	Chanvre10	33	1,30	1,185	90,98	0	4	0,0	4,0
Chêne	Chanvre14	35	1,66	1,589	95,91	0	8	0,0	4,8
Chêne	Coco	29	0,97	0,981	101,64	0	3	0,0	3,0
Chêne	Ahlstrom	26	1,42	1,238	87,03	0	4	0,0	4,0
Chêne	GrCreatie	36	1,81	1,411	78,12	0	4	0,0	4,0
Chêne	Isoroy	38	1,24	1,324	107,05	0	4	0,0	4,0
Chêne	HPK	42	1,55	1,273	82,23	0	4	0,0	4,0
Chêne	Dés herbé	22	1,50	1,793	119,52	0	5	0,0	5,0
Merisier	Témoïn	42	6,24	4,154	66,60	1	19	1,0	13,9
Merisier	Reviron F	46	12,50	3,589	28,71	7	22	7,0	20,0
Merisier	Reviron T	45	12,78	3,747	29,32	6	23	7,3	20,7
Merisier	SNCF Sil	36	11,94	5,472	45,81	0	24	1,7	24,0
Merisier	SNCF Trav	43	18,09	4,638	25,64	6	30	10,4	26,4
Merisier	Bois déch.	41	15,41	6,103	39,59	1	31	6,1	24,0
Merisier	Chanvre10	44	11,14	4,343	39,00	0	21	3,3	19,5
Merisier	Chanvre14	45	10,93	4,053	37,07	0	20	5,0	18,7
Merisier	Coco	40	12,15	4,161	34,24	5	23	7,0	21,9
Merisier	Ahlstrom	46	8,59	4,172	48,58	1	19	3,0	17,7
Merisier	GrCreatie	42	11,33	4,599	40,58	2	24	3,5	21,7
Merisier	Isoroy	46	12,72	3,810	29,96	4	23	6,4	20,3
Merisier	HPK	41	12,71	5,636	44,35	2	28	2,3	23,8
Merisier	Dés herbé	43	13,44	5,395	40,14	1	29	4,0	23,6

4.1.3 Croissance en élancement (en cm/cm)

Essence	Modalité	N.Obs	Moyenne	St.-Dev.	C.V. (%)	Min	Max	Q(5%)	Q(95%)
Chêne	Témoïn	21	8,33	26,643	320,04	-27,0	108,3	-26,4	100,6
Chêne	Reviron F	34	19,65	23,335	118,77	-27,3	71,4	-18,0	68,8
Chêne	Reviron T	36	9,64	22,193	230,16	-25,0	48,0	-24,1	46,9
Chêne	SNCF Sil	31	21,29	21,712	101,99	-9,3	84,5	-8,2	67,3
Chêne	SNCF Trav	33	20,57	38,376	186,59	-24,3	163,3	-18,9	114,6
Chêne	Bois déch.	35	16,97	27,124	159,88	-29,7	100,7	-26,9	77,9
Chêne	Chanvre10	33	16,26	22,209	136,58	-24,9	71,4	-17,7	56,6
Chêne	Chanvre14	35	18,48	29,948	162,02	-31,1	85,4	-30,0	78,1
Chêne	Coco	29	8,68	28,813	331,88	-33,9	84,7	-28,1	73,8
Chêne	Ahlstrom	26	-1,57	18,519	-1176,15	-30,8	47,1	-30,6	42,1
Chêne	GrCreatie	36	17,51	26,939	153,82	-26,3	97,8	-22,8	86,9
Chêne	Isoroy	38	14,81	26,714	180,39	-27,7	101,3	-21,7	65,4
Chêne	HPK	42	17,99	26,730	148,59	-30,0	78,9	-24,6	71,4
Chêne	Dés herbé	22	11,27	23,369	207,39	-30,0	55,3	-29,1	55,2
Merisier	Témoïn	42	-20,56	20,677	-100,59	-55,3	30,5	-54,6	17,0
Merisier	Reviron F	46	-31,33	10,933	-34,90	-53,5	-9,8	-49,3	-12,6
Merisier	Reviron T	45	-29,73	15,460	-52,01	-64,0	19,9	-60,1	9,1
Merisier	SNCF Sil	36	-27,65	27,678	-100,09	-144,1	32,8	-68,5	22,7
Merisier	SNCF Trav	43	-40,78	19,336	-47,41	-108,1	13,3	-97,8	-19,8
Merisier	Bois déch.	41	-31,21	21,395	-68,55	-71,0	37,9	-66,7	26,0
Merisier	Chanvre10	44	-30,97	17,232	-55,65	-55,4	44,5	-46,8	10,9
Merisier	Chanvre14	45	-29,96	18,261	-60,95	-71,2	25,0	-63,1	11,4
Merisier	Coco	40	-33,15	13,471	-40,64	-59,5	12,0	-58,9	-14,0
Merisier	Ahlstrom	46	-26,22	15,841	-60,42	-73,6	15,7	-47,4	9,9
Merisier	GrCreatie	42	-28,91	12,890	-44,59	-58,8	10,8	-51,9	0,2
Merisier	Isoroy	46	-33,74	16,354	-48,46	-68,0	25,8	-54,8	4,4
Merisier	HPK	41	-30,30	16,208	-53,50	-52,5	31,6	-51,2	6,5
Merisier	Dés herbé	43	-29,16	17,219	-59,05	-91,7	16,9	-60,3	-3,2

4.2 STATISTIQUES SUR VALEURS ATTEINTES EN NOVEMBRE 2004 PAR ESSENCE ET PAR MODALITE

Pour chaque variable, les tableaux ci-dessous donnent le nombre d'observations, la moyenne, l'écart – type, le coefficient de variation (%), le minimum et le maximum observés ainsi que les quantiles 0,05 et 0,95 observés. Rappelons que 5% des valeurs de l'échantillon sont inférieures ou égales au quantile 0,05 et que 5% sont supérieures au quantile 0,95.

4.2.1 Hauteurs (en cm)

Essence	Modalité	N.Obs	Moyenne	St.-Dev.	C.V. (%)	Min	Max	Q(5%)	Q(95%)
Chêne	Témoïn	21	73,14	22,091	30,20	51	150	51,6	144,8
Chêne	Reviron F	34	109,32	36,119	33,04	60	172	60,8	170,5
Chêne	Reviron T	36	96,94	30,502	31,46	59	176	63,3	161,6
Chêne	SNCF Sil	31	85,74	29,422	34,31	40	151	45,4	150,4
Chêne	SNCF Trav	33	87,52	32,173	36,76	49	187	50,4	161,1
Chêne	Bois déch.	35	87,83	39,112	44,53	40	189	48,0	177,8
Chêne	Chanvre10	33	89,76	27,859	31,04	56	148	56,7	145,9
Chêne	Chanvre14	35	99,23	32,632	32,89	57	177	58,6	175,4
Chêne	Coco	29	81,38	25,302	31,09	53	152	53,0	139,5
Chêne	Ahstrom	26	77,77	20,996	27,00	48	140	49,8	127,8
Chêne	GrCreatie	36	102,00	34,184	33,51	55	174	57,6	165,5
Chêne	Isoroy	38	89,11	28,824	32,35	50	162	53,8	148,7
Chêne	HPK	42	97,67	38,909	39,84	52	185	53,6	180,3
Chêne	Dés herbé	22	90,77	25,103	27,66	56	149	57,5	147,8
Merisier	Témoïn	42	170,38	22,460	13,18	136	266	143,6	209,5
Merisier	Reviron F	46	211,72	17,156	8,10	177	255	180,0	242,3
Merisier	Reviron T	45	213,31	20,528	9,62	180	290	181,8	250,6
Merisier	SNCF Sil	36	207,22	16,900	8,16	181	260	181,9	240,5
Merisier	SNCF Trav	43	226,53	23,120	10,21	156	280	177,2	269,4
Merisier	Bois déch.	41	214,05	26,205	12,24	158	262	161,6	259,7
Merisier	Chanvre10	44	201,48	19,539	9,70	145	241	164,0	235,5
Merisier	Chanvre14	45	200,44	24,360	12,15	130	283	152,0	235,9
Merisier	Coco	40	206,35	23,925	11,59	147	304	178,2	236,8
Merisier	Ahlstrom	46	190,33	19,806	10,41	130	222	145,5	220,7
Merisier	GrCreatie	42	203,45	17,745	8,72	170	251	171,3	232,7
Merisier	Isoroy	46	206,78	20,944	10,13	135	245	176,4	239,7
Merisier	HPK	41	210,83	32,607	15,47	103	290	143,4	274,0
Merisier	Dés herbé	43	233,12	38,563	16,54	126	310	133,2	286,6

4.2.2 Diamètres (en mm)

Essence	Modalité	N.Obs	Moyenne	St.-Dev.	C.V. (%)	Min	Max	Q(5%)	Q(95%)
Chêne	Témoïn	21	7,86	1,558	19,83	5	11	5,1	10,9
Chêne	Reviron F	34	9,79	1,935	19,76	7	15	7,0	12,8
Chêne	Reviron T	36	9,14	2,344	25,65	6	16	6,0	16,0
Chêne	SNCF Sil	31	9,00	1,693	18,81	6	13	6,6	12,4
Chêne	SNCF Trav	33	9,03	2,481	27,47	6	17	6,0	14,9
Chêne	Bois déch.	35	8,91	2,077	23,31	6	14	6,0	13,2
Chêne	Chanvre10	33	8,30	1,879	22,63	5	12	5,7	12,0
Chêne	Chanvre14	35	8,91	2,318	26,01	5	15	5,8	14,2
Chêne	Coco	29	7,93	1,944	24,52	5	12	5,0	11,5
Chêne	Ahlstrom	26	8,35	1,623	19,45	6	12	6,0	11,7
Chêne	GrCreatie	36	9,33	1,957	20,96	7	14	7,0	12,3
Chêne	Isoroy	38	8,29	1,626	19,61	6	12	6,0	12,0
Chêne	HPK	42	9,24	2,283	24,71	6	16	6,2	14,7
Chêne	Dés herbé	22	9,00	2,070	23,00	6	13	6,0	12,9
Merisier	Témoïn	42	17,02	5,353	31,45	10	37	11,0	25,9
Merisier	Reviron F	46	27,98	4,519	16,15	19	39	20,7	36,3
Merisier	Reviron T	45	27,69	5,022	18,14	19	40	20,0	35,7
Merisier	SNCF Sil	36	26,67	6,038	22,64	16	41	16,9	38,5
Merisier	SNCF Trav	43	34,02	7,126	20,95	12	47	20,2	45,8
Merisier	Bois déch.	41	30,05	8,411	27,99	14	45	14,1	44,7
Merisier	Chanvre10	44	25,05	5,926	23,66	14	40	14,5	35,8
Merisier	Chanvre14	45	24,44	5,774	23,62	11	37	13,6	35,1
Merisier	Coco	40	26,33	5,802	22,04	14	39	17,1	39,0
Merisier	Ahlstrom	46	22,11	5,736	25,94	10	34	14,0	33,7
Merisier	GrCreatie	42	25,93	6,090	23,49	11	41	15,3	40,4
Merisier	Isoroy	46	26,70	5,533	20,73	12	41	18,0	35,7
Merisier	HPK	41	27,41	7,852	28,64	9	45	14,1	42,0
Merisier	Dés herbé	43	31,72	8,702	27,43	10	47	13,6	45,0

4.2.3 Élancements (en cm/cm)

Essence	Modalité	N.Obs	Moyenne	St.-Dev.	C.V. (%)	Min	Max	Q(5%)	Q(95%)
Chêne	Témoïn	21	96,01	33,715	35,12	63,0	214,3	63,0	206,9
Chêne	Reviron F	34	110,93	26,825	24,18	56,4	167,8	69,7	159,7
Chêne	Reviron T	36	106,54	22,103	20,75	76,7	164,4	78,7	155,4
Chêne	SNCF Sil	31	95,04	25,429	26,76	40,0	151,0	52,8	149,7
Chêne	SNCF Trav	33	101,12	42,196	41,73	60,0	250,0	60,9	209,2
Chêne	Bois déch.	35	96,34	27,483	28,53	60,0	175,0	64,0	167,0
Chêne	Chanvre10	33	108,21	21,599	19,96	68,9	158,6	69,7	151,6
Chêne	Chanvre14	35	112,27	26,634	23,72	46,0	164,3	71,2	162,9
Chêne	Coco	29	103,81	25,834	24,89	71,3	196,7	71,7	174,3
Chêne	Ahlstrom	26	93,36	17,486	18,73	65,0	142,9	66,3	137,0
Chêne	GrCreatie	36	109,14	28,973	26,55	63,0	200,0	68,1	174,5
Chêne	Isoroy	38	107,32	26,025	24,25	71,4	176,3	72,4	166,8
Chêne	HPK	42	103,89	25,332	24,38	69,1	178,9	71,7	156,9
Chêne	Dés herbé	22	102,06	21,175	20,75	63,8	141,0	66,1	140,5
Merisier	Témoïn	42	105,74	21,728	20,55	69,2	160,0	72,4	148,3
Merisier	Reviron F	46	76,99	9,677	12,57	54,9	102,1	61,4	93,0
Merisier	Reviron T	45	78,77	11,487	14,58	56,9	110,5	59,0	103,0
Merisier	SNCF Sil	36	81,10	16,864	20,79	56,1	121,7	56,5	116,8
Merisier	SNCF Trav	43	69,11	13,755	19,90	47,3	130,0	56,1	91,3
Merisier	Bois déch.	41	75,63	18,141	23,99	43,8	137,3	54,6	118,6
Merisier	Chanvre10	44	83,41	13,618	16,33	56,3	115,7	60,9	111,6
Merisier	Chanvre14	45	85,09	14,798	17,39	58,9	132,7	61,8	109,9
Merisier	Coco	40	80,73	12,219	15,14	53,8	106,5	56,6	104,6
Merisier	Ahlstrom	46	90,04	16,358	18,17	59,1	130,0	63,8	119,1
Merisier	GrCreatie	42	81,84	17,389	21,25	56,3	166,4	60,4	111,6
Merisier	Isoroy	46	79,75	12,363	15,50	50,0	112,5	59,4	104,8
Merisier	HPK	41	81,00	17,251	21,30	55,5	138,6	61,0	120,3
Merisier	Dés herbé	43	77,00	15,044	19,54	52,9	138,0	58,8	102,2