



**Recherche d'alternatives au porte-greffe MM106
Essai sur Kermerrien avec MM106, M116 et AR-10-25**

Années 2009 à 2019

Avec le concours financier de :



MINISTÈRE
DE L'AGRICULTURE
ET DE
L'ALIMENTATION

Avec la contribution financière
du compte d'affectation spéciale
«développement agricole et rural»

1 Table des matières

1. Contexte et objectifs	3
2. Dispositif.....	3
3. Observations et variables suivies.....	3
4. Résultats	4
4.1. Circonférence du tronc (cumul de grossissement) et grossissement annuel.....	4
4.1.1 Evolution des circonférences de tronc en mm :.....	4
4.1.2. Grossissement annuel	5
4.2. Production et mortalité des arbres.....	6
4.2.1. Mortalité des arbres	6
4.2.1 Production des arbres	7
4.3. Indice de productivité (IP)	9
5. Conclusion	11
ANNEXES.....	12
Annexe 1 : situation et plan d'essai	12
Annexe 2 : données brutes de comptage	13
Annexe 3 : données calculées par répétition et modalité	15

1. Contexte et objectifs

Le choix du porte-greffe d'un verger conditionne la vigueur, la productivité et la conduite de celui-ci. Le porte-greffe MM106, sélectionné en Angleterre et édité dans les années 50, a été choisi pour le verger basse tige en pommes à cidre. Parmi les porte-greffes semi vigoureux testés par la profession cidricole, le MM106 s'est en effet révélé le plus intéressant pour sa productivité et son aptitude au secouage. Il avait également l'avantage de ne nécessiter ni palissage haut (contrairement à la référence M9 en pomme à couteaux), ni irrigation. Toutefois, il est sensible à une maladie due à *Phytophthora cactorum*, champignon terricole dit chancre du collet. Il se manifeste surtout lorsque les conditions sont favorables (années pluvieuses, inondations). Les symptômes de phytophthora semblent apparaître également de façon plus fréquente lors des replantations de vergers. De plus, des variétés, de type pomme à couteau ou apparentées à cette génétique, moins vigoureuses que les variétés cidricoles traditionnelles sont en cours d'implantation.

C'est pourquoi les objectifs des essais porte-greffes actuels sont de :

- Identifier un porte-greffe équivalent en vigueur au MM106 plus tolérant au phytophthora (cas de l'essai présenté dans ce rapport).
- Identifier un porte-greffe supérieur en vigueur au MM106 avec également une tolérance accrue au phytophthora (cas d'essais implantés à partir de 2016 à l'IFPC).

2. Dispositif

L'essai a été implanté à la station cidricole de l'IFPC à Sées en 2009 sur la variété Kermerrien, variété « classique » très présente dans les vergers français, avec les 3 porte-greffes suivants :

-MM106, référence de l'essai.

-M116, porte-greffe édité en 2001 par la station d'East Malling.

-AR-10-25 (AR10 dans le reste du rapport), porte-greffe non édité, également en provenance d'East Malling.

L'essai est en bloc à 3 répétitions, à raison de 10 arbres par répétition ; soient 30 arbres par modalité. Les distances de plantation sont de 2.25 x 5.4 m, soit 823 arbres/ha.

Le rang du verger a été désherbé chimiquement tous les hivers sur 80% de la surface du rang (environ 50cm de chaque côté du rang).

L'implantation et le plan de l'essai se trouvent en annexe 1.

3. Observations et variables suivies

Tous les hivers, les **circonférences des troncs** sont mesurées, il en résulte le calcul du grossissement annuel du tronc qui est la différence entre deux mesures hivernales. Ce suivi permet également de noter les arbres morts (quelle que soit la cause de la mortalité) et d'en déduire le nombre d'arbres vivants par modalité.

A chaque récolte, la production des 10 arbres par répétition est notée, ce qui permet de calculer la **production moyenne** en kg/arbre par porte-greffe.

Enfin, l'**indice de productivité** (IP) est calculé en kg de fruits produits par cm de tronc. Cet indice peut être annuel ou cumulé pour la durée de l'essai.

Les données sont traitées avec le logiciel de statistique Expé-R développé par Arvalis. Une première analyse de variance est effectuée afin d'identifier des différences significatives (p -value ≤ 0.05) entre les données. Si les données étudiées sont significativement différentes les unes des autres, le test de comparaison multiple de Tukey est alors utilisé. Le test de Tukey est un test paramétrique qui compare toutes les combinaisons de moyennes de groupes possibles deux à deux et permet ainsi de les discriminer ou non.

4. Résultats

Les résultats sont présentés en annexe 2 (données brutes) et en annexe 3 (calculs).

4.1. Circonférence du tronc (cumul de grossissement) et grossissement annuel

4.1.1 Evolution des circonférences de tronc en mm :

Les circonférences de tronc sont mesurées en hiver en mm, à 30 cm au-dessus du point de greffe. La circonférence de l'année N correspond ainsi à l'hiver de l'année N à N+1.

Evolution de la circonférence du tronc

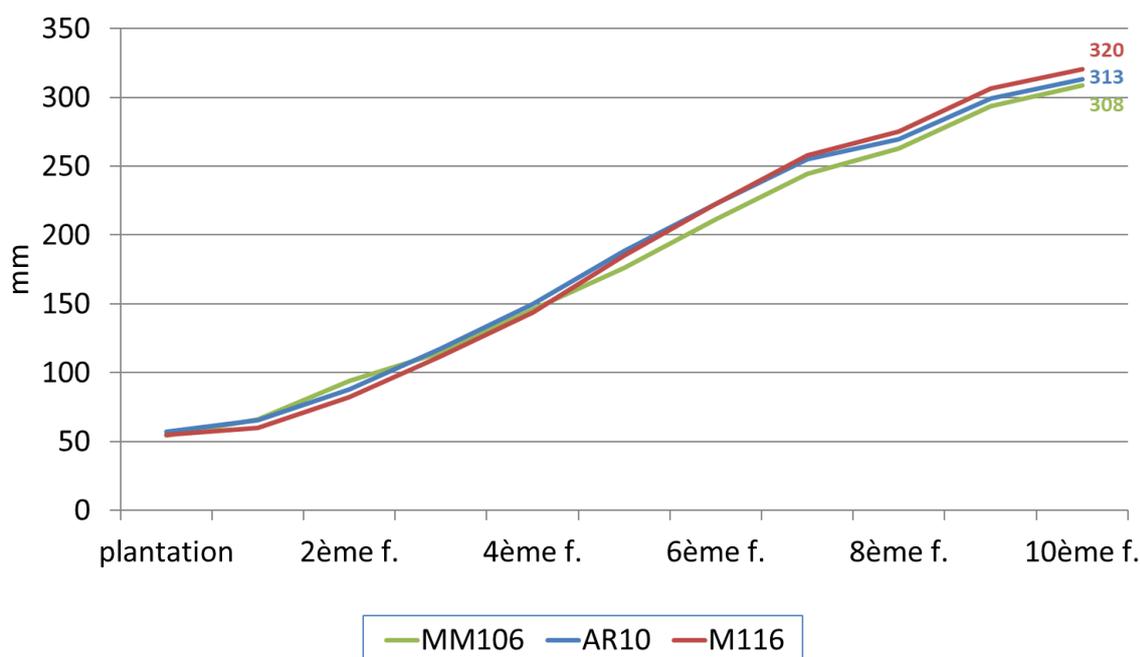


Figure 1: circonférence de tronc cumulée par porte-greffe de la plantation à l'hiver 2018-2019 (moyenne par PG)

Sur la durée de l'expérimentation, les circonférences sont restées proches entre les différents porte-greffes. Au niveau statistique, les circonférences se différencient à la plantation et durant les 2 premiers hivers suivant la plantation : jusqu'en 1^{ère} feuille (2009), le diamètre de l'AR10 est significativement plus élevé que les deux autres tandis qu'en 2^{ème} feuille (2010), le diamètre du MM106 est supérieur à celui du M116.

Les années suivantes jusqu'à la 10^{ème} feuille, les diamètres des porte-greffes testés ne distinguent pas statistiquement (Tableau 1).

Tableau 1 : résultats statistiques des comparaisons de circonférences de troncs

	circ plant°	circ2009	circ2010	circ2011	circ 2012	circ 2013	circ 2014	circ 2015	circ2016	circ2017	circ2018
AR10	a.	a.	ab	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
M116	.b	.b	.b								
MM106	.b	.b	a.								
p-value	0,00	0,00	0,03	0,50	0,45	0,66	0,16	0,34	0,42	0,47	0,48
Test utilisé	Tukey	Tukey	Tukey								

Les lettres différentes expriment une différence statistique au seuil de 5% (test de Tukey). NS = non significatif, pas de différence statistique.

Comme on constate une différence significative de circonférence entre les 3 porte-greffes les premières années, **les données de production présentées dans le paragraphe suivant seront à interpréter avec les données d'indice de productivité (paragraphe 4.3).**

4.1.2. Grossissement annuel

Pour rappel, le grossissement annuel, exprimé en mm, est calculé en faisant la différence entre deux mesures hivernales de circonférence de tronc. Ainsi, sur la Figure 2, « gr 2009-2010 » est le grossissement entre l'hiver 2010-2011 et celui de 2009-2010. **Une exception : la première mesure en 2009 correspond à la différence entre circonférence de l'hiver 2009-2010 et celle mesurée lors de la plantation.**

Evolution du grossissement du tronc

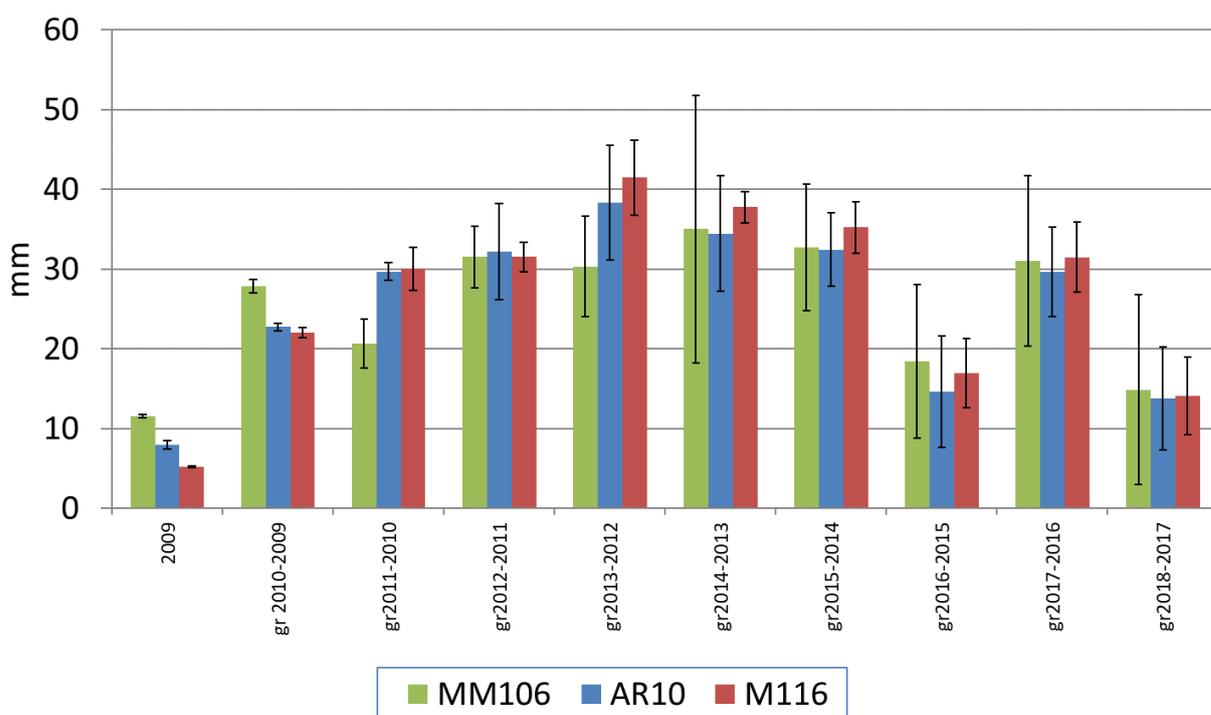


Figure 2: grossissement annuel par porte-greffe de 2009 à 2018.

Les écart-types de Pearson sont représentés.

Le MM106 semble ne pas suivre la même dynamique d'accroissement, de la plantation jusqu'en 2014, que l'AR10 et le MM116 (Figure 2). Les tests statistiques ne permettent cependant pas de distinguer une différence significative de grossissement du tronc après la première année de plantation. Pour la mesure 2009, le MM106 grossit significativement plus que l'AR10, lui-même ayant significativement plus grossi que le M116 (Tableau 2).

A partir de 2015, les 3 porte-greffes évoluent de façon concomitante avec des variations inter annuelles très marquées. Ces évolutions sont à relier avec l'alternance importante de la variété à partir de 2016, année de forte charge.

Tableau 2: résultats statistiques des comparaisons de grossissements annuels.

	2009	gr2010-2009	gr2011-2010	gr2012-2011	gr2013-2012	gr2014-2013	gr2015-2014	gr2016-2015	gr2017-2016	gr2018-2017
AR10	.b.	NS								
M116	..c									
MM106	a..									
p-value	0,00	0,17	0,13	0,93	0,35	0,06	0,74	0,26	0,71	0,50
Test utilisé	Tukey									

Les lettres différentes expriment une différence statistique au seuil de 5% (test de Tukey). NS = non significatif, pas de différence statistique.

4.2. Production et mortalité des arbres

4.2.1. Mortalité des arbres

Des arbres ont dépéri tout au long de l'essai. Cette mortalité est due, à dire d'experts, en majorité au phytophthora, sans pouvoir écarter d'autres causes. La Figure 3 ne fait pas mention de la cause de la mortalité des arbres.

3

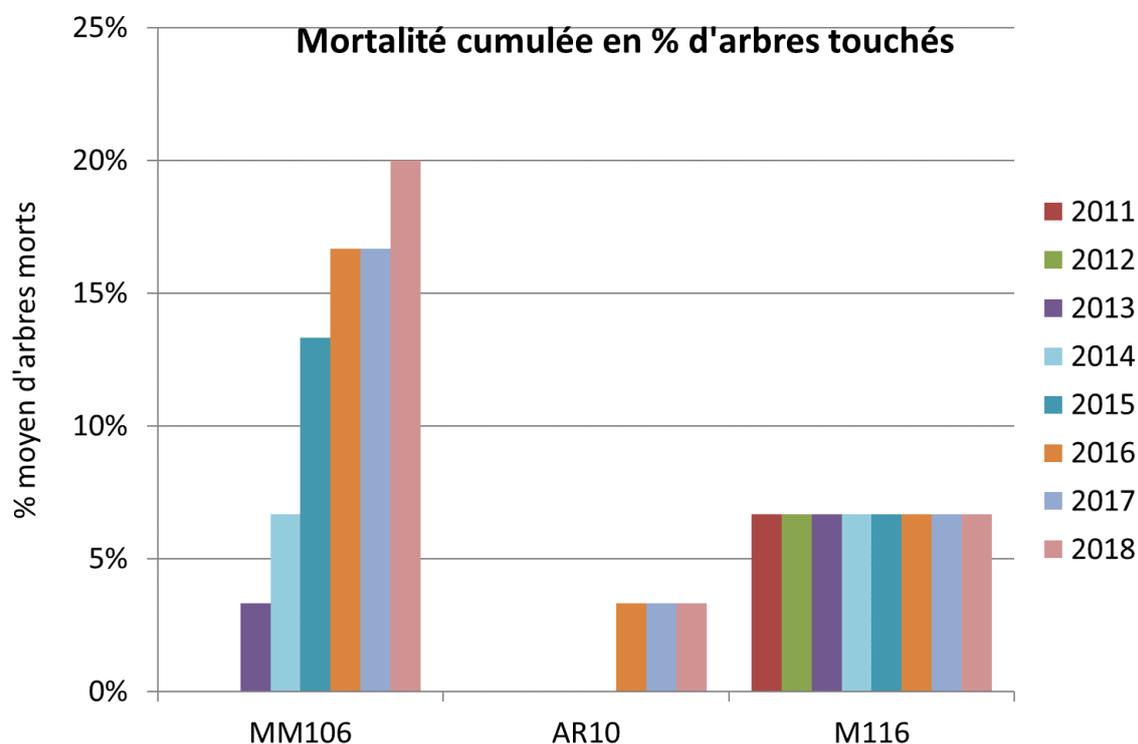


Figure 3: évolution du nombre d'arbres morts par porte-greffes.

Un pourcentage de 3.3 % correspond à 1 arbre mort sur l'ensemble des 30 arbres de la modalité

Pour les porte-greffes AR10 et M116, peu d'arbres sont concernés (respectivement 1 et 2 arbres), et le taux de mortalité cumulé reste faible. Ce n'est pas le cas pour le MM106 qui voit son taux augmenter régulièrement.

4.2.1 Production des arbres

Pour rappel la production est pesée par répétition de 10 arbres en kg/arbre puis ramenée au nombre d'arbres vivants. La mesure se fait grâce à la machine de récolte de l'IFPC de marque Bauerle dotée d'une précision de 1 kg.

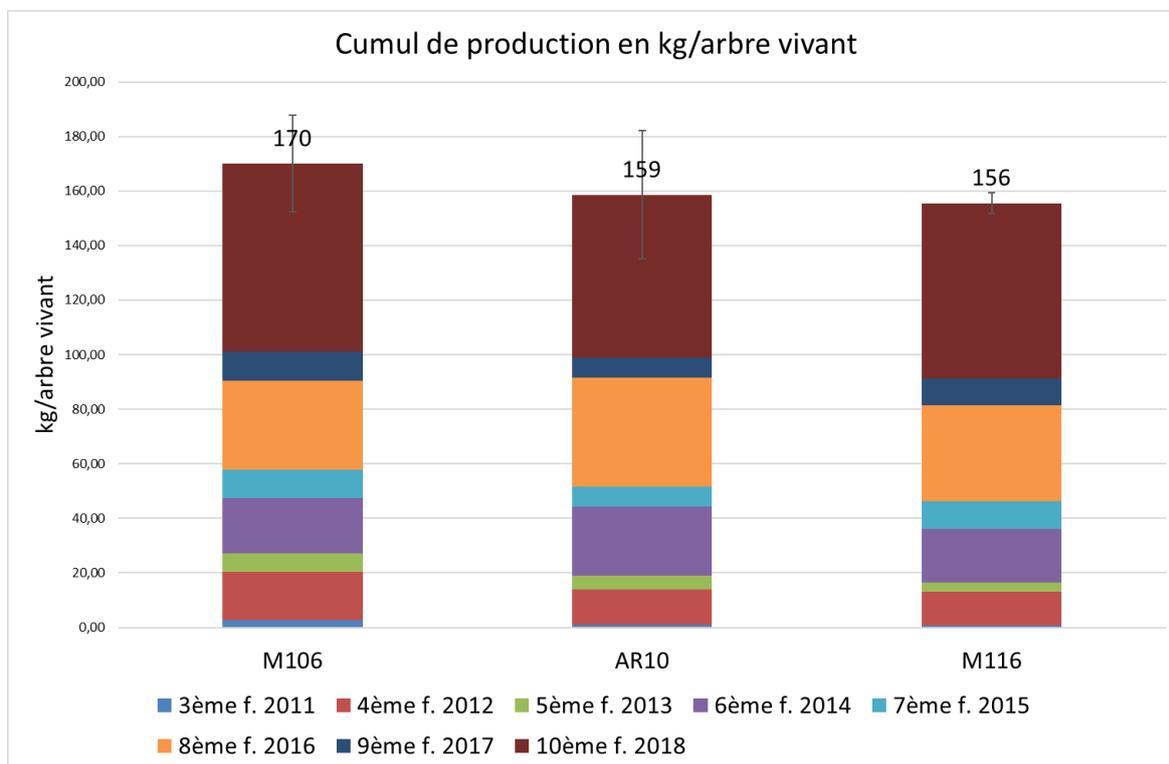


Figure 4: production moyenne annuelle et cumulée par arbre vivant et par porte-greffe.

Tableau 3: résultats statistiques des comparaisons de productions par arbre vivant par année et en cumul en 2018.

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	cumul 18
AR10	ab	NS	ab	NS	NS	NS	NS	NS	NS
M116	.b		.b						
MM106	a.		a.						
p-value	0,03	0,15	0,03	0,49	0,27	0,58	0,23	0,64	0,67
Test utilisé	Tukey		Tukey						

Les lettres différentes expriment une différence statistique au seuil de 5% (test de Tukey). NS = non significatif, pas de différence statistique.

La variété Kermerrien est rapidement entrée en alternance. Celle-ci est très marquée à partir de 2016.

Ces données de production par arbre vivant sont à interpréter avec précaution, surtout si les données sont converties en t/ha. En effet, elles ne prennent pas en compte véritablement la production par unité de surface puisque des arbres sont morts dans des proportions assez importantes (cas du MM106). Ainsi, les données de production ramenées au nombre d'arbres plantés (et non vivants au moment de la mesure) sont plus représentatives de la production à surface équivalente.

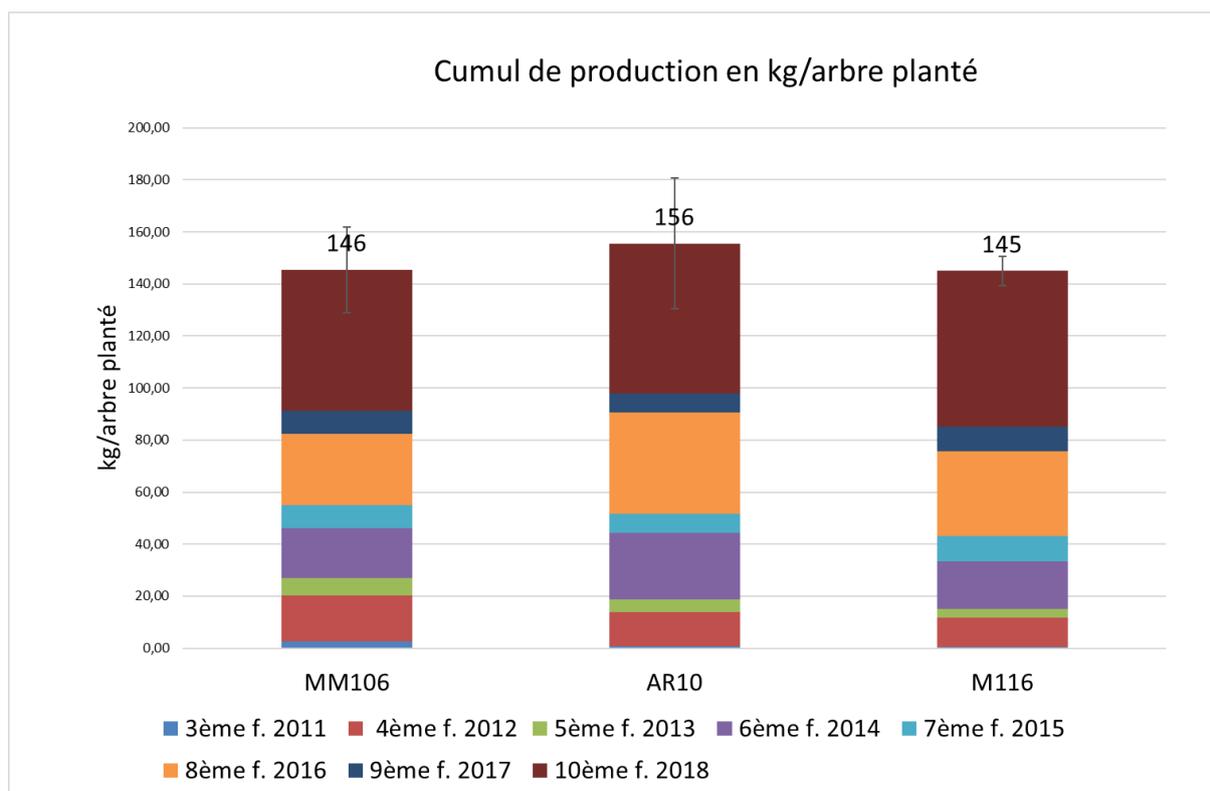


Figure 5: production moyenne annuelle et cumulée par arbre planté (vivants et morts) et par porte-greffe.

100 kg/arbre équivalent véritablement à 82 t/ha sur la base d'une densité de 823 arbres/ha

Au niveau statistique, si le MM106 produit un peu plus que les 2 autres porte-greffes la première année de production (2011) et plus que le MM116 en 2013. Les porte-greffes présentent ensuite des productions équivalentes (Tableau 4).

Tableau 4: résultats statistiques des comparaisons de productions par arbre planté par année et en cumul en 2018.

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	cumul 18
AR10	.b	NS	ab	NS	NS	NS	NS	NS	NS
M116	.b		.b						
MM106	a.		a.						
p-value	0,03	0,07	0,04	0,32	0,48	0,21	0,45	0,65	0,60
Test utilisé	Tukey		Tukey						

Les lettres différentes expriment une différence statistique au seuil de 5% (test de Tukey). NS = non significatif, pas de différence statistique.

Au final, en intégrant l'ensemble des arbres, qu'ils soient restés vivants ou morts, le cumul de production en 10^{ème} feuille (2018) n'est pas significativement différent entre les 3 porte-greffes.

4.3. Indice de productivité (IP)

Comme précisé dans le paragraphe concernant les circonférences, l'hétérogénéité des diamètres des troncs des porte-greffes à la plantation rend délicate l'interprétation des données de production, même si celles-ci sont ramenées au nombre d'arbres plantés.

L'indice de productivité permet de pallier à ce biais. Il s'agit du calcul du kg de fruit produit par arbre ramené au cm de tronc mesuré en hiver.

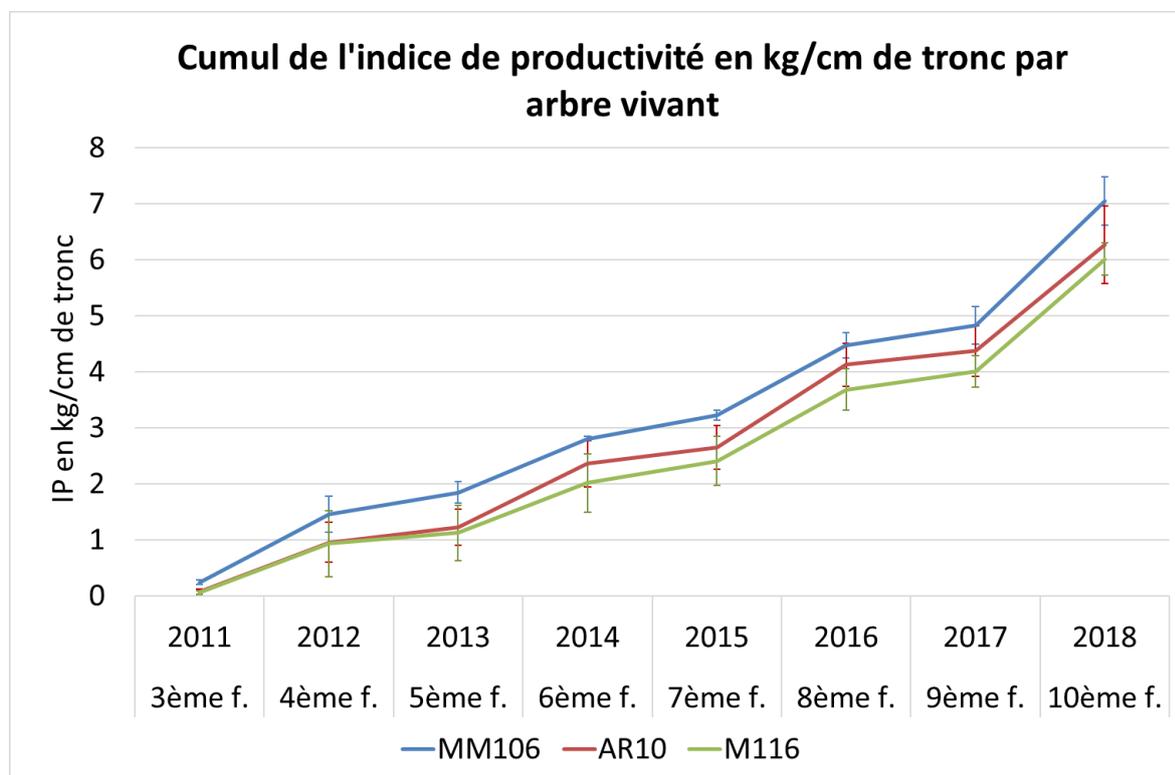


Figure 6: évolution de l'indice de productivité cumulé par arbre vivant.

Tableau 5: résultats statistiques des comparaisons de l'IP cumulé par porte-greffe (par arbre vivant).

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
AR10	ab	NS	.b	NS	NS	NS	NS	NS
M116	.b		.b					
MM106	a.		a.					
p-value	0,03	0,07	0,03	0,17	0,11	0,24	0,20	0,22
Test utilisé	Tukey		Tukey					

Les lettres différentes expriment une différence statistique au seuil de 5% (test de Tukey). NS = non significatif, pas de différence statistique.

Durant les 3 premières années de production, le MM106 présente un IP cumulé statistiquement supérieur aux 2 autres porte-greffes testés, soit statistiquement supérieur au M116 et à l'AR10.

Les IP cumulés entre 2014 et 2018 sont par la suite homogènes (Tableau 5).

Cumul de l'indice de productivité en kg/cm de tronc par arbre planté

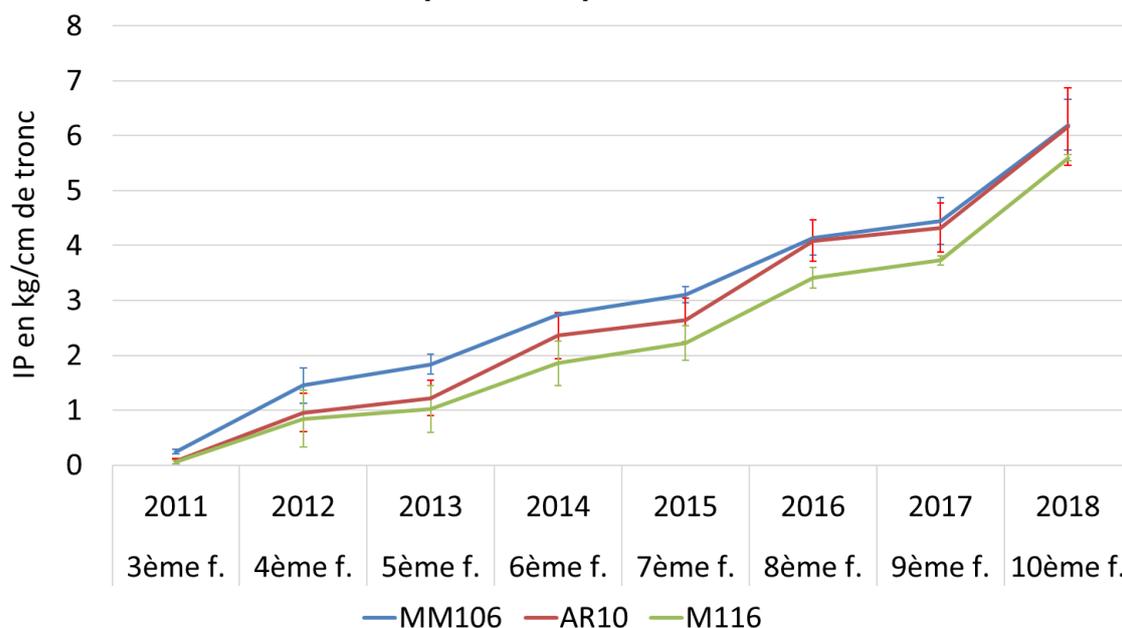


Figure 7: évolution de l'indice de productivité cumulé par arbre planté.

Tableau 6: résultats statistiques des comparaisons de l'IP cumulé par porte-greffe (par arbre planté).

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
AR10	.b	ab	.b	NS	NS	NS	NS	NS
M116	.b	.b	.b					
MM106	a.	a.	a.					
p-value	0,03	0,02	0,01	0,1	0,09	0,15	0,15	0,29
Test utilisé	Tukey	Tukey	Tukey					

Les lettres différentes expriment une différence statistique au seuil de 5% (test de Tukey). NS = non significatif, pas de différence statistique.

Malgré l'évolution du taux de mortalité du MM106, les IP cumulées des trois porte-greffes ramenés au nombre d'arbres plantés ne sont pas significativement différents de 2014 à 2018 (Tableau 6).

Les écarts d'indices de productivité ont tendance à être plus petit lorsqu'on considère la production ramenée aux arbres plantés plutôt que les arbres vivants uniquement.

En conclusion, le MM106 permet une entrée en production plus rapide que les deux autres porte-greffes, mais il ne produit pas davantage par la suite (à partir de 2014).

5. Conclusion

Au moment de la plantation, le porte-greffe AR10 est significativement plus gros que les 2 autres porte-greffes testés : cela implique, d'un point de vue méthodologique, d'interpréter les résultats de l'essai grâce aux indices de productivité.

Dans les conditions de l'essai implanté à la station cidricole de l'IFPC à Sées, le suivi de 2009 à 2018 des 3 porte-greffes MM106, M116 et AR10 montre que :

- Le diamètre de tronc du porte-greffe MM106 grossit significativement plus que les 2 autres porte-greffes les 2 premières années qui suivent la plantation ; les années suivantes, les accroissements ne sont pas significativement différents.
- Le porte-greffe MM106 présente le plus de mortalité en fin d'essai, cette mortalité est significativement supérieure aux autres porte-greffes : en 10^{ème} feuille, elle est en effet de 20% pour le MM106 contre respectivement 6.7% et 3.3% pour le M116 et l'AR10. Elle est en grande partie imputable au phytophthora à dire d'expert.

Cette observation entraîne :

- la confirmation de la sensibilité du MM106 au phytophthora
- et que l'interprétation des données de production doit intégrer la mortalité des arbres : la production est à ramener non au nombre d'arbres vivants au moment de la mesure mais au nombre d'arbres plantés pour refléter une production qui correspond à une surface donnée, à densité de plantation égale.
- L'indice de productivité cumulé d'année en année, par arbres vivants ou plantés, du MM106 est significativement supérieur aux deux autres porte-greffes lors des premières années de production (à relier à son grossissement supérieur au niveau du tronc en première feuille). Cette différence entre porte-greffes disparaît à partir de la 6^{ème} feuille (2014).
- Dans cet essai, en 10^{ème} feuille, il n'apparaît pas de différence entre les 3 porte-greffes testés sur la variété Kermerrien en termes de cumul de récolte, d'indice de productivité cumulé, par arbre vivant ou planté.

Les trois porte-greffes étudiés dans cet essai produisent en quantité équivalente, hors période juvénile, jusqu'en 10^{ème} feuille. Nous pouvons toutefois supposer que si la mortalité du MM106 continue de s'accroître, sa production pourrait devenir inférieure à celle de l'AR10 voir du MM116, en considérant la production par arbre planté et ainsi par surface équivalente.

Pour conclure, l'AR10-25 et le M116 peuvent ainsi constituer des alternatives au MM106, en particulier dans les parcelles sensibles au phytophthora.

1.2 Annexe 2 : données brutes de comptage

Répétition 1, rang 13

Les circonférences (circ) sont notées en mm, les données de récolte (rec) en kg par répétition (pour 10 arbres s'ils sont tous vivants).

Un trou dans les données traduit la mort de l'arbre.

rang	var	tr	rép	arbre n°	circpl	circ2009	circ2010	rec2011	circ2011	récolte 2012	circ 2012	récolte 2013	circ 2013	récolte 2014	circ 2014	récolte 2015	circ 2015	récolte 2016	circ16	récolte 2017	circ17	récolte 2018	circ18
13	KER	AR10	1	2	63	68	84	1,2	121	7	156	0	205	0	240	0	269	0	279	0	320	0	332
13	KER	AR10	1	3	60	62	80	1,2	114	7	141	0	184	0	220	0	266	0	266	0	304	0	309
13	KER	AR10	1	4	59	67	92	1,2	127	7	163	0	203	0	239	0	271	0	290	0	319	0	332
13	KER	AR10	1	5	56	71	102	1,2	142	7	184	0	210	0	237	0	267	0	272	0	292	0	303
13	KER	AR10	1	6	erreur variétéale																		
13	KER	AR10	1	7	64	71	102	1,2	146	7	176	0	217	0	243	0	273	0	283	0	311	0	327
13	KER	AR10	1	8	61	67	91	1,2	123	7	156	0	197	0	220	0	260	0	270	0	300	0	315
13	KER	AR10	1	9	58	67	95	1,2	134	7	172	0	205	0	232	0	265	0	273	0	310	0	317
13	KER	AR10	1	10	50	58	88	1,2	121	7	154	0	186	0	219	0	249	0	278	0	291	0	327
13	KER	AR10	1	11	49	54	71	1,2	108	7	138	61	179	242	211	94	245	510	262	94	282	643,8	302
13	KER	M116	1	12	65	70	85	0,2	117	2	148	0	185	0	214	0	250	0	255	0	289	0	298
13	KER	M116	1	13	57	62	84	0,2	115	2	150	0	190	0	231	0	265	0	282	0	314	0	330
13	KER	M116	1	14	55	58	70	0,2	100	2	128	0	158	0	198	0	223	0	244	0	266	0	278
13	KER	M116	1	15	52	59	80	0,2	107	2	150	0	190	0	234	0	265	0	289	0	327	0	342
13	KER	M116	1	16	47	56	79	0,2	111	2	150	0	181	0	230	0	248	0	281	0	301	0	337
13	KER	M116	1	17	63	68	89	0,2	115	2	152	0	178	0	205	0	241	0	259	0	295	0	308
13	KER	M116	1	18	57	62	76	0,2	112	2	149	0	185	0	229	0	259	0	276	0	310	0	324
13	KER	M116	1	19	55	57	77	0,2	108	2	140	0	180	0	218	0	251	0	266	0	295	0	306
13	KER	M116	1	20	50	54	81	0,2	116	2	152	0	188	0	222	0	260	0	265	0	296	0	312
13	KER	M116	1	21	46	50	76	0,2	116	2	151	59	189	176	223	132	261	369	273	132	307	631	323
13	KER	M106	1	22	61	72	103	3,4	117	13	143	0	162	0	188	0	221	0	234	0	272	0	292
13	KER	M106	1	23	58	69	97	3,4	114	13	148	0	178	0	192	0	200	0					
13	KER	M106	1	24	55	65	95	3,4	119	13	156	0	196	0	238	0	277	0	302	0	328	0	343
13	KER	M106	1	25	54	63	89	3,4	93	13	132	0	165	0	192	0	231	0	241	0	268	0	279
13	KER	M106	1	26	48	62	94	3,4	130	13	172	0	210	0	244	0	286	0	302	0	350	0	371
13	KER	M106	1	27	58	68	102	3,4	128	13	166	0	200	0	236	0	274	0	284	0	315	0	330
13	KER	M106	1	28	56	67	96	3,4	109	13	146	0	171	0	203	0	222	0	234	0	256	0	272
13	KER	M106	1	29	55	63	97	3,4	113	13	152	0	186	0	217	0	249	0	259	0	292	0	307
13	KER	M106	1	30	51	68	106	3,4	118	13	153	0	182	0	214	0	241	0	249	0	272	0	286
13	KER	M106	1	31	51	67	102	3,4	117	13	165	99	199	233	234	134	272	382	287	134	318	562,7	332

Répétition 2 et 3, rangs 14 et 15, la ligne en jaune correspond à un arbre qui a cessé de grossir à partir de 2013, il n'a pas été pris en compte dans les calculs.

rang	var	tr	rép	arbre n°	circpl	circ2009	circ2010	rec2011	circ2011	récolte 2012	circ 2012	récolte 2013	circ 2013	récolte 2014	circ 2014	récolte 2015	circ 2015	récolte 2016	circ16	récolte 2017	circ17	récolte 2018	circ18
14	KER	M116	2	2	60	64	83	1,2	124	20	158	0	193	0	233	0	271	0	281	0	312	0	328
14	KER	M116	2	3	57	60	72	1,2	103	20	131	0	172	0	204	0	240	0	254	0	286	0	298
14	KER	M116	2	4	55	59	80	1,2	113	20	133	0	182	0	219	0	243	0	270	0	300	0	314
14	KER	M116	2	5	52																		
14	KER	M116	2	6	48	57	85	1,2	109	20	128	0	194	0	223	0	267	0	281	0	324	0	340
14	KER	M116	2	7	60	65	97	1,2	114	20	139	0	195	0	214	0	255	0	273	0	310	0	324
14	KER	M116	2	8	57	65	91	1,2	119	20	154	0	198	0	266	0	272	0	292	0	328	0	339
14	KER	M116	2	9	56	58	73	1,2	100	20	131	0	188	0	234	0	262	0	299	0	321	0	340
14	KER	M116	2	10	53	54	64	1,2	94	20	119	0	171	0	218	0	251	0	274	0	301	0	315
14	KER	M116	2	11	49	53	80	1,2	114	20	140	18	189	130	235	116	270	257	289	116	324	554,4	339
14	KER	M106	2	12	61	77	109	2,3	146	25	172	0	213	0	253	0	283	0	298	0	340	0	357
14	KER	M106	2	13	58	75	103	2,3	137	25	165	0	212	0	247	0	290	0	302	0	338	0	356
14	KER	M106	2	14	55	63	90	2,3	132	25	155	0	200	0	211								
14	KER	M106	2	15	52	57	99	2,3	137	25	176	0	224	0	269	0	315	0	331	0	378	0	397
14	KER	M106	2	16	50	60	87	2,3	107	25	142	0	157	0	166	0	166	0	179	0	184	0	188
14	KER	M106	2	17	61	67	85	2,3	107	25	135	0	184	0	213	0	220	0	259	0	277	0	294
14	KER	M106	2	18	57	68	97	2,3	117	25	120												
14	KER	M106	2	19	54	64	92	2,3	107	25	148	0	189	0	222	0	255	0	274	0	307	0	319
14	KER	M106	2	20	53	65	85	2,3	100	25	132	0	176	0	217	0	250	0	274	0	321	0	331
14	KER	M106	2	21	45	53	80	2,3	95	25	126	38	168	144	166	76		231		76		586	
14	KER	AR10	2	22	67	72	87	0,1	122	20	156	0	194	0	230	0	263	0	285	0	322	0	340
14	KER	AR10	2	23	62	65	86	0,1	112	20	141	0	172	0	208	0	236	0		0			
14	KER	AR10	2	24	58	67	93	0,1	116	20	143	0	180	0	209	0	238	0	253	0	284	0	293
14	KER	AR10	2	25	55	67	96	0,1	121	20	158	0	191	0	227	0	250	0	265	0	293	0	303
14	KER	AR10	2	26	45	55	86	0,1	113	20	153	0	186	0	223	0	248	0	262	0	285	0	296
14	KER	AR10	2	27	70	78	100	0,1	146	20	168	0	221	0	269	0	291	0	312	0	339	0	350
14	KER	AR10	2	28	62	67	87	0,1	102	20	134	0	178	0	204	0	234	0	251	0	276	0	294
14	KER	AR10	2	29	60	64	84	0,1	113	20	140	0	181	0	220	0	244	0	254	0	278	0	294
14	KER	AR10	2	30	55	63	84	0,1	96	20	121	0	162	0	205	0	238	0	247	0	280	0	297
14	KER	AR10	2	31	41	51	75	0,1	88	20	127	45	160	285	188	62	217	280	229	62	257	495,4	272
15	KER	M106	3	2	62	84	103	2,6	111	15	133	0	0	0	**	0	**	0	**	0	**	0	
15	KER	M106	3	3	58	72	94	2,6	116	15	143	0	180	0	211	0	258	0	271	0	314	0	330
15	KER	M106	3	4	55	68	90	2,6	103	15	140	0	169	0	196	0	234	0	246	0	273	0	292
15	KER	M106	3	5	53	58	80	2,6	111	15	132	0	158	0	188	0	221	0	234	0	271	0	286
15	KER	M106	3	6	47	57	83	2,6	104	15	142	0	181	0	220	0	260	0	284	0	322	0	344
15	KER	M106	3	7	61	73	102	2,6	118	15	148	0	177										
15	KER	M106	3	8	58	68	93	2,6	102	15	137	0	162	0	219	0	230	0	258	0	270	0	284
15	KER	M106	3	9	54	66	87	2,6	104	15	132	0	168	0	202	0	236	0	252	0	288	0	304
15	KER	M106	3	10	52	66	92	2,6	118	15	128	0	162	0	180	0	207	0	231	0	266	0	276
15	KER	M106	3	11	42	57	85	2,6	106	15	144	63	173	194	187	58	203	244	210	58	218	538,5	227
15	KER	AR10	3	12	65	74	93	1,3	118	12	148	0	186	0	235	0	255	0	275	0	315	0	325
15	KER	AR10	3	13	62	69	92	1,3	116	12	142	0	176	0	210	0	246	0	255	0	288	0	301
15	KER	AR10	3	14	59	67	72	1,3	82	12	113	0	150	0	189	0	222	0	248	0	275	0	284
15	KER	AR10	3	15	57	74	96	1,3	137	12	166	0	200	0	221	0	259	0	276	0	305	0	322
15	KER	AR10	3	16	48	58	86	1,3	112	12	133	0	171	0	205	0	245	0	254	0	287	0	297
15	KER	AR10	3	17	65	70	86	1,3	108	12	143	0	174	0	207	0	242	0	255	0	283	0	297
15	KER	AR10	3	18	63	72	98	1,3	132	12	173	0	211	0	245	0	289	0	308	0	342	0	357
15	KER	AR10	3	19	60	64	87	1,3	117	12	152	0	198	0	233	0	268	0	282	0	308	0	324
15	KER	AR10	3	20	51	60	82	1,3	111	12	140	0	180	0	229	0	267	0	282	0	320	0	327
15	KER	AR10	3	21	36	51	76	1,3	107	12	146	38	192	207	234	55	275	353	292	55	326	520	340
15	KER	M116	3	22	64																		
15	KER	M116	3	23	59	65	86	0,6	118	15	142	0	186	0	223	0	263	0	279	0	312	0	328
15	KER	M116	3	24	55	63	86	0,6	116	15	142	0	180	0	221	0	257	0	274	0	307	0	318
15	KER	M116	3	25	52	59	83	0,6	112	15	148	0	183	0	220	0	255	0	279	0	324	0	337
15	KER	M116	3	26	50	51	62	0,6	90	15	125	0	163	0	199	0	247	0	262	0	281	0	297
15	KER	M116	3	27	62	71	98	0,6	124	15	158	0	193	0	229	0	270	0	285	0	318	0	332
15	KER	M116	3	28	58	65	100	0,6	127	15	163	0	199	0	232	0	275	0	281	0	308	0	315
15	KER	M116	3	29	55	63	88	0,6	118	15	150	0	192	0	220	0	261	0	279	0	313	0	321
15	KER	M116	3	30	50	58	85	0,6	117	15	152	0	193	0	228	0	278	0	283	0	311	0	322
15	KER	M116	3	31	44	53	84	0,6	108	15	141	23	184	246	215	37	260	356	270	37	296	609	308

1.2.1 Annexe 3 : données calculées par répétition et modalité

Circonférences et grossissement

Données brutes circonférences (mm)												
tr	rép	circ pl	circ 2009	circ 2010	circ 2011	circ 2012	circ 2013	circ 2014	circ 2015	circ 2016	circ 2017	circ 2018
M106	1	54,70	66,40	98,10	115,80	153,30	184,90	215,80	247,30	265,78	296,78	312,44
	2	54,60	64,90	92,70	118,50	147,10	191,44	218,22	254,14	273,86	306,43	320,29
	3	54,20	66,90	90,90	109,30	137,90	153,00	200,38	231,13	248,25	277,75	292,88
AR10	1	57,78	65,00	89,44	126,22	160,00	198,44	229,00	262,78	274,78	303,22	318,22
	2	57,50	64,90	87,80	112,90	144,10	182,50	218,30	245,90	262,00	290,44	304,33
	3	56,60	65,90	86,80	114,00	145,60	183,80	220,80	256,80	272,70	304,90	317,40
M116	1	54,70	59,60	79,70	111,70	147,00	182,40	220,40	252,30	269,00	300,00	315,80
	2	54,70	59,44	80,56	110,00	137,00	186,89	227,33	259,00	279,22	311,78	326,33
	3	54,90	60,89	85,78	114,44	146,78	185,89	220,78	262,89	276,89	307,78	319,78
Moyennes circonférences												
		circ pl	circ 2009	circ 2010	circ 2011	circ 2012	circ 2013	circ 2014	circ 2015	circ 2016	circ 2017	circ 2018
		plantation	1ère f.	2ème f.	3ème f.	4ème f.	5ème f.	6ème f.	7ème f.	8ème f.	9ème f.	10ème f.
MM106		54,50	66,07	93,90	114,53	146,10	176,45	211,47	244,19	262,63	293,65	308,54
AR10		57,29	65,27	88,01	117,71	149,90	188,25	222,70	255,16	269,83	299,52	313,32
M116		54,77	59,98	82,01	112,05	143,59	185,06	222,84	258,06	275,04	306,52	320,64
Ecart-types circonférences												
		circ pl	circ 2009	circ 2010	circ 2011	circ 2012	circ 2013	circ 2014	circ 2015	circ 2016	circ 2017	circ 2018
MM106		0,22	0,85	3,06	3,86	6,33	16,79	7,90	9,65	10,69	11,91	11,53
AR10		0,50	0,45	1,09	6,04	7,17	7,23	4,57	6,99	5,60	6,46	6,36
M116		0,09	0,65	2,69	1,83	4,66	1,92	3,18	4,37	4,37	4,89	4,34
Calcul grossissement (mm)												
tr	rép	gr2009-pl	gr 2010-200	gr2011-2011	gr2012-201	gr2013-201	gr2014-201	gr2015-201	gr2016-201	gr2017-201	gr2018-2017	
M106	1	11,70	31,70	17,70	37,50	31,60	30,90	31,50	18,48	31,00	15,67	
	2	10,30	27,80	25,80	28,60	44,34	26,78	35,92	19,71	32,57	13,86	
	3	12,70	24,00	18,40	28,60	15,10	47,38	30,75	17,13	29,50	15,13	
AR10	1	7,22	24,44	36,78	33,78	38,44	30,56	33,78	12,00	28,44	15,00	
	2	7,40	22,90	25,10	31,20	38,40	35,80	27,60	16,10	28,44	13,89	
	3	9,30	20,90	27,20	31,60	38,20	37,00	36,00	15,90	32,20	12,50	
M116	1	4,90	20,10	32,00	35,30	35,40	38,00	31,90	16,70	31,00	15,80	
	2	4,74	21,11	29,44	27,00	49,89	40,44	31,67	20,22	32,56	14,56	
	3	5,99	24,89	28,67	32,33	39,11	34,89	42,11	14,00	30,89	12,00	
Moyennes grossissements												
		gr2009-pl	gr 2010-200	gr2011-2011	gr2012-201	gr2013-201	gr2014-201	gr2015-201	gr2016-201	gr2017-201	gr2018-2017	
		1ère f.	2ème f.	3ème f.	4ème f.	5ème f.	6ème f.	7ème f.	8ème f.	9ème f.	10ème f.	
MM106		11,57	27,83	20,63	31,57	30,35	35,02	32,72	18,44	31,02	14,88	
AR10		7,97	22,75	29,69	32,19	38,35	34,45	32,46	14,67	29,70	13,80	
M116		5,21	22,03	30,04	31,54	41,47	37,78	35,23	16,97	31,48	14,12	
Ecart-types grossissements												
		gr2009-pl	gr 2010-200	gr2011-2011	gr2012-201	gr2013-201	gr2014-201	gr2015-201	gr2016-201	gr2017-201	gr2018-2017	
MM106		0,98	3,14	3,66	4,20	11,97	8,90	2,28	1,06	1,25	0,76	
AR10		0,94	1,45	5,08	1,13	0,11	2,80	3,55	1,89	1,77	1,02	
M116		0,55	2,06	1,42	3,43	6,15	2,27	4,87	2,55	0,76	1,58	

Production (en kg/arbre) et mortalité

Données brutes production par arbre vivant									
tr	rép	récolte 2011	récolte 2012	récolte 2013	récolte 2014	récolte 2015	récolte 2016	récolte 2017	récolte 2018
M106	1	3,40	13,00	9,90	23,30	13,40	38,20	14,89	62,52
	2	2,30	25,00	4,22	16,00	10,86	33,00	10,86	83,71
	3	2,60	15,00	6,30	21,56	6,44	27,11	6,44	59,83
AR10	1	1,20	7,00	6,78	26,89	10,44	56,67	10,44	71,53
	2	0,10	20,00	4,50	28,50	6,20	28,00	6,20	55,04
	3	1,30	12,00	3,80	20,70	5,50	35,30	5,50	52,00
M116	1	0,20	2,00	5,90	17,60	13,20	36,90	13,20	63,10
	2	1,20	20,00	2,00	14,44	12,89	28,56	12,89	61,60
	3	0,60	15,00	2,56	27,33	4,11	39,56	4,11	67,67
Moyenne et écart-type production par arbre vivant									
kg/arbre		3ème f. 2011	4ème f. 2012	5ème f. 2013	6ème f. 2014	7ème f. 2015	8ème f. 2016	9ème f. 2017	10ème f. 2018
Moyennes	M106	2,77	17,67	6,81	20,29	10,23	32,77	10,73	68,69
	AR10	0,87	13,00	5,03	25,36	7,38	39,99	7,38	59,53
	M116	0,67	12,33	3,49	19,79	10,07	35,00	10,07	64,12
EC	M106	0,46	5,25	2,35	3,11	2,87	4,53	3,45	10,68
	AR10	0,54	5,35	1,27	3,36	2,18	12,16	2,18	8,58
	M116	0,41	7,59	1,72	5,49	4,21	4,69	4,21	2,58
t/ha		3ème f. 2011	4ème f. 2012	5ème f. 2013	6ème f. 2014	7ème f. 2015	8ème f. 2016	9ème f. 2017	10ème f. 2018
Moyennes	M106	2,28	14,54	5,60	16,70	8,42	26,97	8,83	56,53
	AR10	0,71	10,70	4,14	20,87	6,08	32,91	6,08	48,99
	M116	0,55	10,15	2,87	16,29	8,29	28,81	8,29	52,78
Données brutes nb arbres morts									
	rep	mort.2011	mort.2012	mort.2013	mort.2014	mort.2015	mort.2016	mort.2017	mort.2018
M106	1	0	0	0	0	0	1	1	1
	2	0	0	1	1	3	3	3	3
	3	0	0	0	1	1	1	1	2
AR10	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	0	0	0	0	0	1	1	1
	3	0	0	0	0	0	0	0	0
M116	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	1	1	1	1	1	1	1	1
	3	1	1	1	1	1	1	1	1
Moyennes mortalité									
		mort.2011 3ème f.	mort.2012 4ème f.	mort.2013 5ème f.	mort.2014 6ème f.	mort.2015 7ème f.	mort.2016 8ème f.	mort.2017 9ème f.	mort.2018 10ème f.
MM106		0,00	0,00	0,33	0,67	1,33	1,67	1,67	2,00
AR10		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,33	0,33
M116		0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67
Ecart-types mortalité									
		mort.2011	mort.2012	mort.2013	mort.2014	mort.2015	mort.2016	mort.2017	mort.2018
MM106		0,00	0,00	0,47	0,47	1,25	0,94	0,94	0,82
AR10		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,47	0,47	0,47
M116		0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47
Calcul production ramenée au nombre d'arbres plantés									
tr	rép	récolte 2011	récolte 2012	récolte 2013	récolte 2014	récolte 2015	récolte 2016	récolte 2017	récolte 2018
M106	1	3,40	13,00	9,90	23,30	13,40	34,38	13,40	56,27
	2	2,30	25,00	3,80	14,40	7,60	23,10	7,60	58,60
	3	2,60	15,00	6,30	19,40	5,80	24,40	5,80	47,87
AR10	1	1,20	7,00	6,78	26,89	10,44	56,67	10,44	71,53
	2	0,10	20,00	4,50	28,50	6,20	25,20	5,58	49,54
	3	1,30	12,00	3,80	20,70	5,50	35,30	5,50	52,00
M116	1	0,20	2,00	5,90	17,60	13,20	36,90	13,20	63,10
	2	1,08	18,00	1,80	13,00	11,60	25,70	11,60	55,44
	3	0,54	13,50	2,30	24,60	3,70	35,60	3,70	60,90
Moyennes calcul production									
		récolte 2011 3ème f.	récolte 2012 4ème f.	récolte 2013 5ème f.	récolte 2014 6ème f.	récolte 2015 7ème f.	récolte 2016 8ème f.	récolte 2017 9ème f.	récolte 2018 10ème f.
MM106		2,77	17,67	6,67	19,03	8,93	27,29	8,93	54,25
AR10		0,87	13,00	5,03	25,36	7,38	39,06	7,17	57,69
M116		0,61	11,17	3,33	18,40	9,50	32,73	9,50	59,81
Ecart-types calcul production									
		récolte 2011	récolte 2012	récolte 2013	récolte 2014	récolte 2015	récolte 2016	récolte 2017	récolte 2018
MM106		0,46	5,25	2,50	3,64	3,24	5,04	3,24	4,61
AR10		0,54	5,35	1,27	3,36	2,18	13,12	2,31	9,84
M116		0,36	6,74	1,83	4,77	4,15	5,00	4,15	3,22

Indice de productivité par arbre vivant

Calcul de l'indice de productivité en kg/cm de tronc, calculé à partir de la productivité des arbres vivants										
tr	rép	IP11	IP12	IP13	IP14	IP15	IP16	IP17	IP18	
M106	1	0,29	0,85	0,54	1,08	0,54	1,44	0,50	2,00	
	2	0,19	1,70	0,22	0,73	0,43	1,21	0,35	2,61	
	3	0,24	1,09	0,41	1,08	0,28	1,09	0,23	2,04	
AR10	1	0,10	0,44	0,34	1,17	0,40	2,06	0,34	2,25	
	2	0,01	1,39	0,25	1,31	0,25	1,07	0,21	1,81	
	3	0,11	0,82	0,21	0,94	0,21	1,29	0,18	1,64	
M116	1	0,02	0,14	0,32	0,80	0,52	1,37	0,44	2,00	
	2	0,11	1,46	0,11	0,64	0,50	1,02	0,41	1,89	
	3	0,05	1,02	0,14	1,24	0,16	1,43	0,13	2,12	
Moyennes calcul IP										
		IP11	IP12	IP13	IP14	IP15	IP16	IP17	IP18	
		3ème f.	4ème f.	5ème f.	6ème f.	7ème f.	8ème f.	9ème f.	10ème f.	
MM106		0,24	1,21	0,39	0,96	0,42	1,24	0,36	2,22	
AR10		0,07	0,88	0,26	1,14	0,29	1,48	0,25	1,90	
M116		0,06	0,87	0,19	0,89	0,39	1,27	0,33	2,00	
Ecart-types calcul IP										
		IP11	IP12	IP13	IP14	IP15	IP16	IP17	IP18	
MM106		0,04	0,36	0,13	0,16	0,11	0,14	0,11	0,28	
AR10		0,05	0,39	0,06	0,15	0,08	0,43	0,07	0,26	
M116		0,04	0,55	0,10	0,25	0,17	0,18	0,14	0,09	

Cumul IP										
tr	rép	cumulIP11	cumulIP12	cumulIP13	cumulIP14	cumulIP15	cumulIP16	cumulIP17	cumulIP18	
M106	1	0,29	1,14	1,68	2,76	3,30	4,74	5,24	7,24	
	2	0,19	1,89	2,11	2,85	3,27	4,48	4,83	7,45	
	3	0,24	1,33	1,74	2,81	3,09	4,18	4,42	6,46	
AR10	1	0,10	0,53	0,87	2,05	2,45	4,51	4,85	7,10	
	2	0,01	1,40	1,64	2,95	3,20	4,27	4,48	6,29	
	3	0,11	0,94	1,14	2,08	2,30	3,59	3,77	5,41	
M116	1	0,02	0,15	0,48	1,28	1,80	3,17	3,61	5,61	
	2	0,11	1,57	1,68	2,31	2,81	3,83	4,25	6,13	
	3	0,05	1,07	1,21	2,45	2,61	4,03	4,17	6,28	
Moyennes cumul IP										
		cumulIP11	cumulIP12	cumulIP13	cumulIP14	cumulIP15	cumulIP16	cumulIP17	cumulIP18	
		3ème f.	4ème f.	5ème f.	6ème f.	7ème f.	8ème f.	9ème f.	10ème f.	
MM106		0,24	1,45	1,84	2,81	3,22	4,47	4,83	7,05	
AR10		0,07	0,96	1,22	2,36	2,65	4,12	4,37	6,27	
M116		0,06	0,93	1,12	2,01	2,40	3,68	4,01	6,01	
Ecart-types calcul IP										
		cumulIP11	cumulIP12	cumulIP13	cumulIP14	cumulIP15	cumulIP16	cumulIP17	cumulIP18	
MM106		0,04	0,32	0,19	0,04	0,09	0,23	0,34	0,43	
AR10		0,05	0,35	0,32	0,42	0,40	0,39	0,45	0,69	
M116		0,04	0,59	0,49	0,52	0,44	0,37	0,28	0,29	

Indice de productivité par arbre planté

Calcul de l'indice de productivité en kg/cm de tronc, calculé à partir de la productivité des arbres plantés									
tr	rép	IP11calcul	IP12calcul	IP13calcul	IP14calcul	IP15calcul	IP16calcul	IP17calcul	IP18calcul
M106	1	0,29	0,85	0,54	1,08	0,54	1,29	0,45	1,80
	2	0,19	1,70	0,20	0,66	0,30	0,84	0,25	1,83
	3	0,24	1,09	0,41	0,97	0,25	0,98	0,21	1,63
AR10	1	0,10	0,44	0,34	1,17	0,40	2,06	0,34	2,25
	2	0,01	1,39	0,25	1,31	0,25	0,96	0,19	1,63
	3	0,11	0,82	0,21	0,94	0,21	1,29	0,18	1,64
M116	1	0,02	0,14	0,32	0,80	0,52	1,37	0,44	2,00
	2	0,10	1,31	0,10	0,57	0,45	0,92	0,37	1,70
	3	0,05	0,92	0,12	1,11	0,14	1,29	0,12	1,90
Moyennes calcul IP									
		IP11calcul	IP12calcul	IP13calcul	IP14calcul	IP15calcul	IP16calcul	IP17calcul	IP18calcul
		3ème f.	4ème f.	5ème f.	6ème f.	7ème f.	8ème f.	9ème f.	10ème f.
		2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
MM106		0,24	1,21	0,38	0,90	0,36	1,04	0,30	1,75
AR10		0,07	0,88	0,26	1,14	0,29	1,44	0,24	1,84
M116		0,05	0,79	0,18	0,83	0,37	1,19	0,31	1,87
Ecart-types calcul IP									
		IP11calcul	IP12calcul	IP13calcul	IP14calcul	IP15calcul	IP16calcul	IP17calcul	IP18calcul
MM106		0,04	0,36	0,14	0,18	0,13	0,19	0,11	0,09
AR10		0,05	0,39	0,06	0,15	0,08	0,46	0,07	0,29
M116		0,03	0,49	0,10	0,22	0,17	0,20	0,14	0,12
Moyennes cumul IP									
tr	rép	cumulIP11cal	cumulIP12cal	cumulIP13cal	cumulIP14cal	cumulIP15cal	cumulIP16cal	cumulIP17cal	cumulIP18cal
M106	1	0,29	1,14	1,68	2,76	3,30	4,59	5,04	6,84
	2	0,19	1,89	2,09	2,75	3,05	3,89	4,14	5,97
	3	0,24	1,33	1,74	2,71	2,96	3,94	4,15	5,78
AR10	1	0,10	0,53	0,87	2,05	2,45	4,51	4,85	7,10
	2	0,01	1,40	1,64	2,95	3,20	4,16	4,35	5,98
	3	0,11	0,94	1,14	2,08	2,30	3,59	3,77	5,41
M116	1	0,02	0,15	0,48	1,28	1,80	3,17	3,61	5,61
	2	0,10	1,41	1,51	2,08	2,53	3,45	3,82	5,52
	3	0,05	0,97	1,09	2,20	2,35	3,63	3,75	5,66
Moyennes cumul IP									
		cumulIP11cal	cumulIP12cal	cumulIP13cal	cumulIP14cal	cumulIP15cal	cumulIP16cal	cumulIP17cal	cumulIP18cal
		3ème f.	4ème f.	5ème f.	6ème f.	7ème f.	8ème f.	9ème f.	10ème f.
		2011,00	2012,00	2013,00	2014,00	2015,00	2016,00	2017,00	2018,00
MM106		0,24	1,45	1,84	2,74	3,10	4,14	4,44	6,20
AR10		0,07	0,96	1,22	2,36	2,65	4,09	4,33	6,16
M116		0,05	0,84	1,03	1,85	2,22	3,42	3,73	5,59
Ecart-types calcul IP									
		cumulIP11cal	cumulIP12cal	cumulIP13cal	cumulIP14cal	cumulIP15cal	cumulIP16cal	cumulIP17cal	cumulIP18cal
MM106		0,04	0,32	0,18	0,02	0,14	0,32	0,42	0,46
AR10		0,05	0,35	0,32	0,42	0,40	0,38	0,44	0,70
M116		0,03	0,52	0,42	0,41	0,31	0,19	0,09	0,06