

"Palmipèdes et agroforesterie : performances du verger et évolution de la teneur du sol en éléments fertilisants après 4 années de pratique"

Bijja M.¹, Dubois J.P.¹, Lavigne F.¹, Auvergne A.², Arroyo J.¹, Fernandez X.²

¹ASSELDOR, Station d'expérimentation appliquée et de démonstration sur l'oie,
La Tour de Glane 24420 Coulaures

²INRA, Université de Toulouse, UMR 1289, INRA INP-ENSAT ENVT *Tissus Animaux, Nutrition, Digestion, Ecosystème et Métabolisme*, ENSAT, av. Agrobiopole, Auzeville, F-31326 Castanet-Tolosan Cedex, France

Résumé

L'association entre des noyers à fruits et l'élevage des palmipèdes a déjà fait l'objet d'une publication (Dubois *et al*, 2008). Nous avons montré l'intérêt de cette pratique en terme de bien être animal (effet favorable de l'ombre) et la symbiose entre le verger et le troupeau avec notamment l'impact favorable sur les rendements en fruits et la vitesse de croissance des arbres. Dans le cadre de cet essai qui se déroule sur plusieurs années, nous avons aussi suivi l'évolution de la teneur du sol en éléments fertilisants. Les fientes déposées par les animaux dans les zones les plus fréquentées induisent des teneurs en matière organique, en azote et phosphore un peu plus élevées que chez le témoin sans oies, mais ces éléments sont bien utilisés par les arbres pour leur croissance et leur production de fruits. De plus, le bon rapport C/N observé dans les rangs des lots d'essais exprime une bonne biodisponibilité des éléments minéraux présents expliquant ainsi une partie des bonnes performances du verger. L'évolution des teneurs sur 4 ans montre aussi une certaine stabilité des différents éléments fertilisants.

Introduction

Des mesures réalisées sur les deux premières années d'essais (2006/2007) ont déjà fait l'objet d'une publication (Dubois *et al*, 2008). Le fait d'associer des oies et un verger de noyers se traduit par une productivité fruitière accrue et par une augmentation de la taille des arbres. Ceci est en accord avec d'autres observations montrant que l'enracinement des noyers agroforestiers est plus profond (Liagre, 2008). En outre, des mesures comportementales réalisées sur les oies en période estivale ont permis de quantifier l'attrait des animaux pour l'ombrage en période de pleine chaleur : 96% des oies sont à l'ombre des arbres et ne vont pas dans le bâtiment ni dans les zones attenantes ensoleillées ; l'accès au bâtiment étant constamment ouvert et les abreuvoirs et l'alimentation étant à l'intérieur.

L'agroforesterie est maintenant mieux connue comme une pratique durable qui dans notre cas permet d'associer des arbres fruitiers et un élevage. L'élevage permet d'augmenter la fertilité des sols en élevant la quantité de matière organique présente (Belsky *et al*, 1993). En plus d'augmenter la production de fruits l'agroforesterie permet aussi la présence de culture fourragère dans les interlignes des noyers utilisée pour faire pâturer les animaux ainsi que l'utilisation future d'un bois de noyer de qualité.

De plus, les effets potentiellement négatifs du phosphore produit par les fientes de palmipèdes peuvent être contrecarrés par son absorption par les végétaux (arbres et cultures fourragères) par phytoremédiation grâce à la rétention dans le système « sol+végétal ». Les arbres et les cultures en interlignes limitent aussi l'écoulement possible des effluents vers les pentes et le lessivage du sol.

Le boisement du verger contribue à stocker du carbone (on parle de puits de carbone) et à éviter les émissions. On parle du triptyque des « 3S » : séquestration du carbone en forêt (sol, litière, arbre), séquestration du carbone dans le bois (stockage de bois longue durée), substitution d'énergie fossile et de matière.

Si l'utilisation des parcours par les palmipèdes reste raisonnable (densité, durée) l'objectif de conserver un sol "vivant" peut être ainsi atteint.

Aujourd'hui, l'agroforesterie connaît un développement certain et va être maintenant facilitée par des évolutions règlementaires. En effet, la circulaire GGPAAT/SDBE/SDBF/C2010-3035 du 6 avril 2010 du Ministère de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Pêche (MAAP, 2010) définit l'agroforesterie et souligne la volonté des pouvoirs publics de la favoriser en précisant un statut fiscal nouveau pour les parcelles concernées et officialise la mesure 222 du PDRH qui permet d'aider financièrement les plantations.

Nous allons pouvoir donner ci-après les résultats sur 4 années d'essais pour la production de fruits et la croissance des arbres. Ces données seront complétées par une analyse des composantes du sol.

Matériel et méthodes

L'expérimentation se déroule depuis l'année 2005 sur une parcelle d'une surface d'un hectare plantée en 8mx8m de 6 rangs de 75 noyers âgés de 11 ans en 2009 servant de zone fortement ombragée et de 6 rangs de 65 jeunes noyers de 7 ans en 2009 servant de zone peu ombragée. Sur les inter-rangs de noyers, des bandes de graminées sont implantées pour le pâturage. Deux lots de 300 oies reproductrices d'un poids moyen de 6,5 kg ont accès annuellement au parcours sous noyers de juin à septembre. Le verger-parcours de 1 ha est divisé en trois parties :

- . une zone sans oies : témoin de 0,14 ha
- . une zone pour les oies reproductrices du lot 1 (dite « zone 1 ») de 0,4 ha.
- . une zone pour les oies reproductrices du lot 2 (dite « zone 2 ») de 0,4 ha.

Avant l'essai les oies avaient accès à l'ensemble des trois zones non séparées auparavant.

Ces parcelles ne reçoivent aucun apport d'engrais chimique. Les oies sont enfermées la nuit dans le bâtiment.

Performances du verger.

→ Circonférence des noyers.

Ces mesures ont été réalisées sur tous les arbres de 11 ans d'âge de la noyeraie. Le contrôle de la circonférence des noyers a été fait à l'aide d'un mètre ruban, en deux points : à 1 m du sol et à 0,5 m en dessous de la première ramification. On utilisera la moyenne des deux mesures.

→ Rendement fruitier des noyers.

Au moment de la récolte, chaque arbre a été secoué à l'aide d'un vibreur. Les fruits de chaque arbre ont été ramassés manuellement puis pesés.

→ Analyses de sol.

Les analyses portent sur trois zones. Une première zone regroupant les précédentes zones 1 et 2 qui forment la zone parcourus avec oies, une seconde étant la zone témoin et la troisième correspondant au chemin de passage des oies qui jouxte le parcourus et qu'empruntent les oies lorsqu'elles n'ont pas accès au parcourus le reste du temps. Les carottages de terre ont été réalisés entre les arbres d'une même rangée et d'une même zone à égale distance (4 m) et cela pour les deux zones. Les échantillons d'un même rang sont mélangés. Le passage des oies qui jouxte le parcourus fait aussi l'objet de prélèvements. Les échantillons se font aux mêmes endroits et à la même époque chaque année (Novembre).

Analyse statistique.

Les données expérimentales ont été analysées à l'aide du logiciel Minitab®. L'analyse de variance (Procédure GLM) a été complétée par une comparaison multiple des moyennes au moyen du test de Bonferroni (seuil $p = 0,05$). Les résultats sont exprimés en moyenne \pm écart type.

Résultats – discussion

• Diamètre des troncs

Les résultats montrent qu'il y a un effet de la proximité du bâtiment et du passage des oies qui se traduit par des circonférences de noyers plus élevés sur les zones 1 et 2. On constate que sur la campagne de mesures de 2006, les différentes zones ne présentent pas de différences significatives sur la circonférence des noyers. En 2007, 2008 et 2009 on observe un effet positif pour la zone 1 et pour la zone 2.

Tableau 1 : Effet de la zone sur la circonférence des troncs, campagnes 2006 à 2009 (moyenne \pm écart type)

Circonférences (cm)	Zone 2	Zone 1	Témoin	Stat
Novembre 2006	40,96 \pm 4,05a	41,88 \pm 3,29 a	38,3 \pm 4,00 a	NS
Novembre 2007	47,54 \pm 4,56a	48,78 \pm 4,33 a	44 \pm 4,51 b	*
Novembre 2008	52,15 \pm 4,90 ab	53,64 \pm 4,66 a	47,81 \pm 4,84 b	*
Novembre 2009	55,39 \pm 4,56 ab	57,13 \pm 4,60 a	50,83 \pm 4,78 b	*

Niveau de signification : ***, $P < 0,001$; **, $P < 0,01$; *, $P < 0,05$; NS, $p > 0,05$. Sur une même ligne les moyennes affectées du même indice ne diffèrent pas entre elles.

• Production de fruits

Tableau 2 : Analyse des rendements par zone (moyenne \pm écart type)

Rendements moyens (Kg)	Zone 2	Zone 1	Témoin	Stat
Année 2006	7,09 \pm 2,09 a	8,37 \pm 2,09 a	5,89 \pm 2,17 b	**
Année 2007	6,96 \pm 2,68 b	9,63 \pm 2,67 a	6,79 \pm 2,79 b	**
Année 2008	11,12 \pm 3,98 b	16,55 \pm 3,98 a	7,80 \pm 4,14 b	***
Année 2009	26,33 \pm 0,96 a	26,44 \pm 0,97 a	13,32 \pm 1,01 b	***

Niveau de signification : ***, $P < 0,001$; **, $P < 0,01$; *, $P < 0,05$; NS, $p > 0,05$. Sur une même ligne les moyennes affectées du même indice ne diffèrent pas entre elles.

Les récoltes des quatre campagnes montrent que la zone 1 et la zone 2 présentent les meilleurs rendements par rapport au témoin sans oies, phénomène qui s'accroît au fil des années. Cette observation est remarquable dans la mesure où la noyeraie âgée de 11 ans est en phase d'atteinte de la pleine production, période s'échelonnant de la 10^{ème} à la 15^{ème} année. Les noyers de l'essai soumis au contact des oies produisent 2537 kg.ha⁻¹ de noix sèches. Une noyeraie de même configuration et de même âge conduite de manière conventionnelle, génère en moyenne 2200 kg.ha⁻¹ de noix sèche (Laymajoux et al, 2008).

• Analyses de sol.

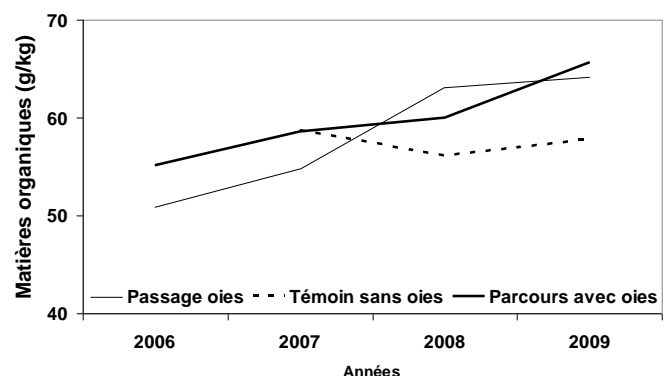
→ Etat humique du sol

– Matières organiques

Tableau 3 : Matières organiques du sol

Compositions moyennes (g.kg ⁻¹ de terre)	2006	2007	2008	2009
Passage oies	50,9	54,8	63,1	64,2
Témoin sans oies	-	58,7	56,1	57,8
Parcours avec oies	55,2	58,6	60,0	65,7

Figure 1 : Evolution des matières organiques



La présence des animaux génère des quantités supplémentaires et croissantes de matières organiques comparativement à la zone témoin qui présente des quantités de matières organiques disponibles constantes sur 4 ans. Les données de 2009 correspondent approximativement à des quantités de matières organiques de l'ordre de 187 t.ha⁻¹ vs 90 t.ha⁻¹ pour un seuil minimal moyen en sol argilo-calcaire. En France, les stocks

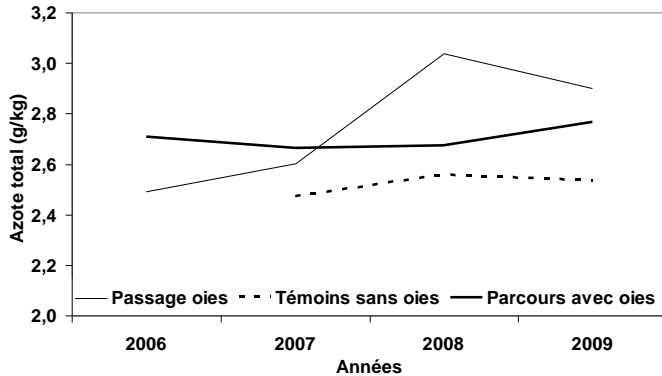
les plus faibles sont inférieurs à 50 t.ha⁻¹, les plus élevés supérieurs à 70 t.ha⁻¹ (Citeau *et al*, 2008). Les données observées sur 4 ans montrent ici une accumulation croissante.

– Azote total

Tableau 4 : Azote total présent dans le sol

Compositions moyennes (g.kg ⁻¹ de terre)	2006	2007	2008	2009
Passage oies	2,5	2,6	3,0	2,9
Témoin sans oies		2,5	2,6	2,5
Parcours avec oies	2,7	2,7	2,7	2,8

Figure 2 : Evolution de l'azote total



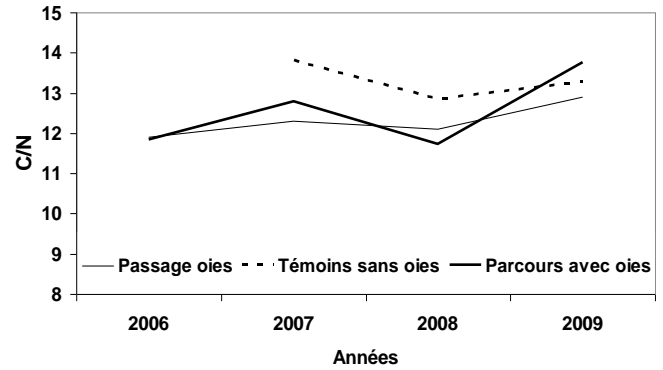
Les zones du parcours présentent des seuils de concentration d'azote différents. La zone de passage des oies soumise perpétuellement au contact des animaux et le parcours avec oies possèdent les concentrations les plus fortes. Les teneurs en azote de la zone de passage des oies sont en constante augmentation et affichent un taux de variation de + 16 % sur la période (2,5 g.kg⁻¹ en 2006 vs 2,9 g.kg⁻¹ en 2009). La composition moyenne du parcours avec oies reste quasi stable sur 4 ans à 2,7 g.kg⁻¹ de terre. Cette stabilité est en partie liée aux exportations. Ces exportations se font d'une part par les noyers (fruits, brous, feuilles, bois) et d'autre part par le couvert végétal associé. La fraction réellement exportée hors du parcours correspond aux fruits (cerneaux et coques), le reste des éléments faisant l'objet d'une restitution au sol. Le témoin sans oies présente des valeurs d'azote total stable et inférieures aux autres zones pour les 4 années. Ce fait s'explique notamment par l'absence d'animaux sur cette zone et que la partie nutritive est essentiellement assurée par le complexe argilo-humique disponible. Globalement tous les organes d'un noyer exportent annuellement 0,55 kg d'azote, dont 0,33 kg par les coques et les cerneaux soit 29,5 % hors de la noyeraie. Ces exportations représentent approximativement 97,5 kg d'azote par hectare pour une noyeraie traditionnelle à 177 arbres par hectare (Gropierre *et al*, 1982), d'où usuellement une noyeraie traditionnelle nécessite un apport fertilisation azoté annuelle moyenne de 74 unités (Prunet *et al*, 2008). A ce stade des observations et d'après les niveaux d'azote observés on peut émettre l'hypothèse que la constitution physico-chimique de ce sol argilo-calcaire évite un certain lessivage de la fraction azotée. L'azote total ne fournit cependant aucun renseignement sur l'azote minéral disponible pour le végétal. Il s'interprète essentiellement au travers du rapport C/N (carbone organique/azote total).

– C/N

Tableau 5 : Minéralisation de la matière organique

C/N	2006	2007	2008	2009
Passage oies	11,9	12,3	12,1	12,9
Témoin sans oies		13,8	12,8	13,3
Parcours avec oies	11,8	12,8	11,7	13,8

Figure 3 : Evolution C/N



Les rapports C/N des différentes zones du parcours s'échelonnent sur 4 ans de 11,8 à 13,8 au maximum (parcours oies). Ils traduisent un bon degré d'évolution de la matière organique, une bonne activité biologique et une bonne minéralisation des éléments. Des valeurs de C/N comprises entre 9 et 13 sont optimales (Prunet *et al*, 2008). Par conséquent le sol présente une bonne biodisponibilité des éléments pour les végétaux, expliquant en partie les bonnes performances de la noyeraie.

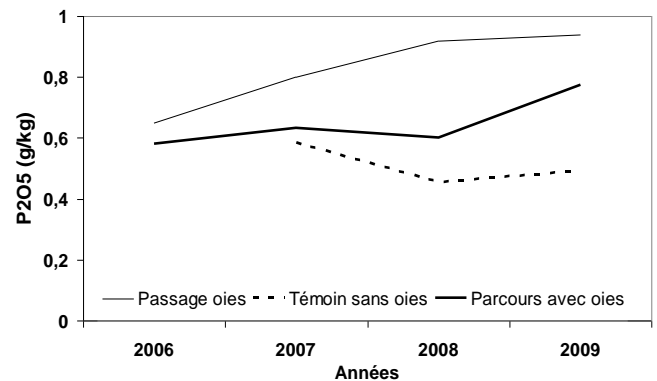
→ Eléments majeurs assimilables

– P₂O₅

Tableau 6 : Le phosphore disponible

P ₂ O ₅ (g.kg ⁻¹ de terre)	2006	2007	2008	2009
Passage oies	0,65	0,8	0,92	0,94
Témoin sans oies		0,58	0,45	0,49
Parcours avec oies	0,58	0,63	0,60	0,77

Figure 4 : Cinétique d'évolution du phosphore



Les quantités de phosphore mesurées sous forme d'acide phosphorique sont élevées et se situent au dessus des seuils d'exigence culturaux normalement observés. Les concentrations observées sur la période sont croissantes pour la zone de passage des oies et pour les parcours.

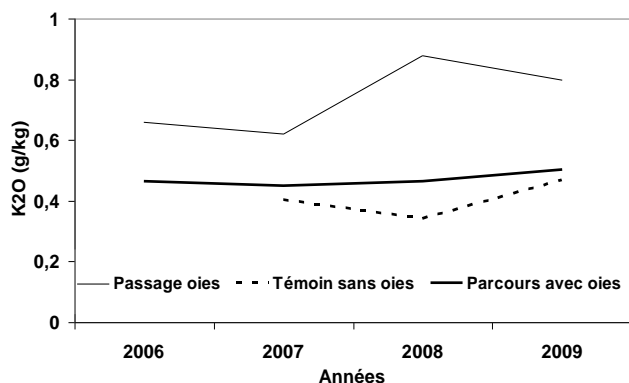
(respectivement de + 44 % et + 32 %). Le témoin montre une tendance à la baisse avec une réduction de - 15 %. Les seuils agronomiques du phosphore en sol argilo-calcaire (méthode Joret-Hébert) sont de 0,055–0,060 g.kg⁻¹ de sol pour de faibles teneurs et de 0,110–0,130 g.kg⁻¹ pour de fortes teneurs (Antoni, 2009). Les taux de phosphore sur le parcours oies et sur le passage oies ne diminuent pas car le noyer possède une faible capacité d'exportation du phosphore. Les exportations moyennes d'un noyer sont de 0,058 kg soit 10,43 kg.ha⁻¹ (Gropierre et al, 1982). Ces tendances à la hausse des taux de phosphore peuvent être également corrélées avec la nature du sol peu sensible au lessivage.

– K₂O

Tableau 7 : Concentrations potassiques

Compositions moyennes (g.kg ⁻¹ de terre)	2006	2007	2008	2009
Passage oies	0,66	0,62	0,88	0,8
Témoin sans oies		0,40	0,34	0,47
Parcours avec oies	0,46	0,45	0,46	0,50

Figure 5 : Evolution du Potassium



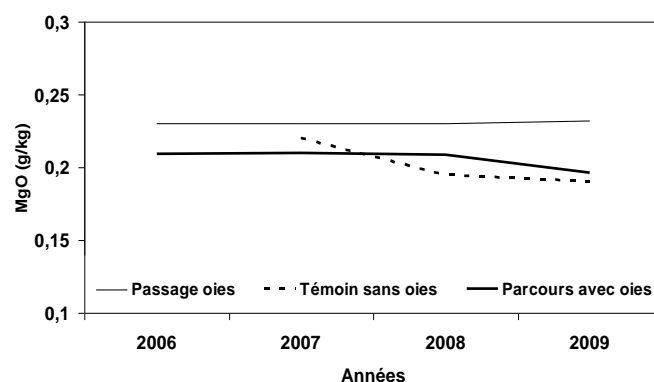
Les niveaux de potassium sur la zone de passage des oies sont élevés par rapport au témoin et au parcours avec oies, avec respectivement + 70% par rapport à la zone témoin (0,8 g.kg⁻¹ vs 0,47 g.kg⁻¹) et + 60 % par rapport au parcours avec oies (0,80 g.kg⁻¹ vs 0,50 g.kg⁻¹). Les seuils habituels se situent entre 0,30 g.kg⁻¹ et 0,45 g.kg⁻¹ de terre. La zone de passage voit ses concentrations potassiques augmenter, avec une variation de + 21 % sur 4 ans. La zone témoin et le parcours restent moins élevés en concentration, en hausse respectives de + 17,5 % et + 8,7 % sur 4 ans. Ces résultats tendent à montrer que les zones possédant un couvert végétal maintiennent une concentration stable en potasse lié aux exportations et à la nature du sol très faiblement lessivable. Le sol du témoin et du parcours avec oies contient suffisamment de potassium pour ne nécessiter aucun apport.

– MgO

Tableau 8 : Concentrations en magnésium

Compositions moyennes (g.kg ⁻¹ de terre)	2006	2007	2008	2009
Passage oies	0,23	0,23	0,23	0,23
Témoin sans oies		0,22	0,19	0,19
Parcours avec oies	0,21	0,21	0,21	0,20

Figure 6 : Evolution de la teneur en magnésium



Les concentrations en magnésium de chaque zone varient peu. Ces légères variations sont liées au fait que les exportations en magnésium sont faibles et essentiellement concentrées dans les feuilles, dont au moins une partie retourne au sol (Germain et al, 1999). Les teneurs stables sont aussi liées à la nature peu lessivable du sol. Avec des seuils de magnésium compris entre 0,113 g.kg⁻¹ et 0,208 g.kg⁻¹ de terre, le sol ne présente pas de carence.

→ Statut acido-basique

Le pH moyen mesuré sur 4 ans est 8, ce qui est caractéristique des sols bruns calcaires argilo-limoneux (Gropierre et al, 1982). Les mesures de la C.E.C. (capacité d'échange en cations, Ca²⁺, K⁺, Mg²⁺, Na⁺) sont globalement élevées et supérieures à 15 cmol⁺.kg⁻¹. Ces valeurs traduisent un fort potentiel de fixation des éléments échangeables sur le complexe argilo-humique du sol et une forte réserve en éléments liée à la quantité importante de la matière organique (Le Clech, 2000). Le taux de saturation de la C.E.C. est de 100 %. Par conséquent le sol du parcours est richement pourvu en cations. Le taux de saturation calcique (Ca/C.E.C.) de 100 % indique des réserves suffisantes en calcium échangeable. Les taux de saturation sont en moyenne élevés en potassium (> à 5 %) et faibles en magnésium (5,1% < Mg/C.E.C. < 7%).

Conclusion

Les résultats de l'essai montrent l'intérêt de l'agroforesterie. En effet, L'association de la culture arboricole fruitière avec l'élevage des

palmpèdes permet de renforcer les performances du verger sans apports d'intrants, ce qui représente une diminution des coûts de production. Cette conduite d'élevage dans ce contexte pédologique spécifique, permet par la nature du sol argilo-calcaire de limiter le lessivage des éléments, tout en les retenant fermement grâce à la force adsorbante du complexe argilo-humique. Ces observations vont dans le sens des préconisations des nouvelles directives ministérielles qui visent à établir des pratiques agricoles respectueuses de l'environnement tout en étant innovantes, et s'inscrivant dans une optique de développement durable. La durabilité dans la pérennisation des espèces et du milieu, d'une manière générale par un développement sociétal équitable.

(in cooperation with ICRAF), 496 p., 0-7923 – 2135-9x.

Prunet JP., "L'écho du noyer" n°2, Février 2009, Station expérimentale de Creysse BP18 46600 Creysse.

Prunet JP., Fiche technique noix n°16 "Amendement et fertilisation du noyer, Avril 2008, Station expérimentale de Creysse BP18 46600 Creysse.

Bibliographie

Ministère de l'Alimentation de l'Agriculture et de la Pêche, « Agroforesterie : ensemble des règles actuelles qui concernent l'agroforesterie pour faciliter la mise en œuvre de tels systèmes-présentation de la nouvelle mesure 222 du PDRH et modalités de mise en œuvre » ; circulaire GGPAAT/SDBE/SDBF/C2010-3035 du 6 avril 2010.

Antoni V., « le Phosphore dans les sols ; nécessité agronomique et préoccupation environnementale » ; Bulletin technique de Juin 2009 N° 14, « Le point sur... » Commissariat général au développement durable ; SOES, Tour Voltaire 92055 La Défense Cedex.

Belsky AJ, Mwonga SM, Amundson RG, Duxbury JM, Riha SJ, Ali AR, Ali AR, (1993) "Comparative effects of isolated trees on their undercanopy environments in high and low-rainfall savannas". Journal of Applied Ecology, vol 30,p143-155.

Citeau L., Bispo A., Bardy M., King D., "Gestion durable des sols", 2008, Edition Quae, ISBN : 978-2-7592-0189-1

Germain E., (Inra) Prunet JP., (Ctifl), Garcin A., (Ctifl), "Le Noyer", Septembre 1999, Réf. : 23615, 280 pages, ISBN : 2-87911-104-8.

GrosPierre P, Charlot G., (C.T.I.F.L. station de Chatte) Huguet C., (I.N.R.A. de Monfavet), Jestin Y., (C.T.I.F.L. station de Novert), "Nutrition et fertilisation du noyer (Synthèse des études et travaux entrepris), 1982.

Laymajoux D., Chevallier A., "Suivi de la restructuration d'un verger de Franquette", 2008 Station expérimentale de Creysse BP18 46600 Creysse.

Liagre F., Dupraz C., "Agroforesterie : Des arbres et des cultures", Edition France Agricole, 2008

<http://www.agroforesterie.fr/revue.html>

Nair R., 1993. "An Introduction to Agroforestry", University of Florida, Kluwer Academic Publishers