

Agriculture, agroforesterie et couverture des sols

Enjeux pour la transition énergétique
et loi d'avenir pour l'agriculture



OPTIMISATION

PRODUCTIVITÉ

EFFICACITÉ

Sommaire

Introduction : changer d'échelle en passant à l'acte

L'agroforesterie de troisième génération : optimiser les ressources naturelles

S'inspirer du modèle de la forêt

Optimiser l'énergie solaire

Créer un puit de carbone, un enjeu climatique

Réduire les intrants grâce à un sol vivant

Préserver et produire : sortir de la logique de cloisonnement

Economie de l'exploitation : diversifier et pérenniser

Des retours d'expérience et une reconnaissance

Faire rimer biodiversité et biomasse : profiter de la végétation qui se développe spontanément

Produire et protéger : vers de nouveaux modèles de production

Du système conventionnel...

Aux semis sous couverts

Associés à l'agroforesterie

La fertilité biologique

Références bibliographiques

Alain Canet - Président de l'AFAP, directeur d'Arbre et Paysage 32
Groupe d'expert - débat national sur la transition énergétique

Konrad Schreiber - Chef de projet à l'IAD

Hélène volebele - Arbre et Paysage 32, appui technique



Introduction - Changer d'échelle en passant à l'acte

Les sols cultivés sont pour la plupart en situation de grande précarité énergétique. Trop travaillés et laissés nus une longue partie de l'année, ils dépendent de nombreux intrants qui bien souvent fuient hors des parcelles, provoquant des pollutions et des pertes de fertilité par érosion et lessivage. Toutes les agricultures sont concernées par ces phénomènes.

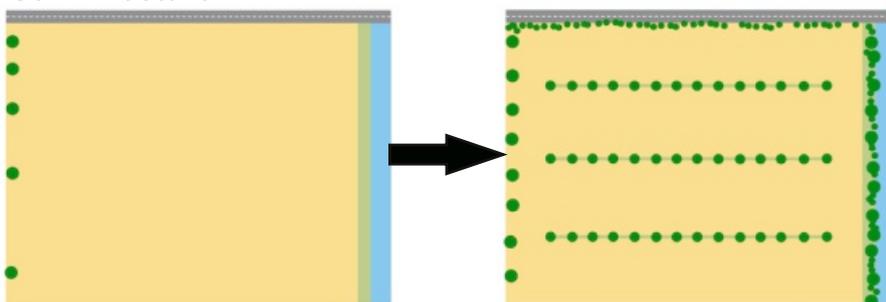
L'exemple de la forêt nous enseigne au contraire que c'est le végétal qui instaure une fertilité in situ. Des sols toujours couverts et jamais travaillés produisent beaucoup, en optimisant la photosynthèse et en produisant de nombreux services (biodiversité, qualité de l'eau...).

L'agriculture du carbone repose sur une réduction significative des intrants, un arrêt du travail du sol, la réintroduction des arbres, afin de produire autant de denrées alimentaires, mais aussi de nouveaux produits valorisables qui viendront demain compléter et redéployer des filières naissantes ou existantes, développer des emplois locaux dans le bois énergie, la méthanisation, les matériaux de construction... Parmi ces techniques, l'agroforesterie est un modèle qui répond bien aux aléas (climatiques, économiques...) et qui permet donc de s'orienter vers l'autonomie et la pérennité de l'exploitation agricole.

Ces techniques sur sol vivant sont déjà mises en œuvre aux quatre coins du monde par des agriculteurs qui n'attendent pas les directives et les contraintes réglementaires pour progresser vers le développement durable. C'est pourquoi il est urgent d'encourager plus fortement ces agricultures pionnières sous les latitudes tempérées.

Protéger mieux signifie produire plus en restaurant la fertilité des sols et en stockant plus de carbone, quelle que soit la région, ou la taille des exploitations, en proposant un **modèle de transition basé sur des principes avérés et atteignables par le plus grand nombre.**

Sur 1 hectare...

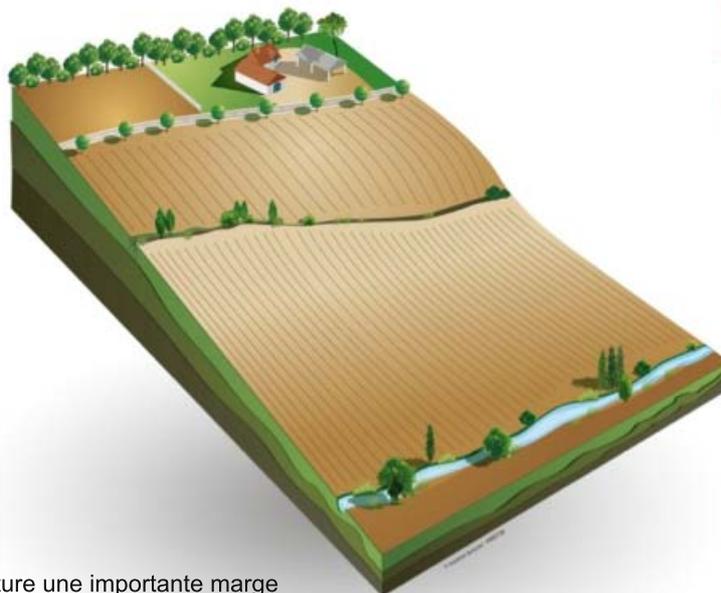


Même production alimentaire
Production de bois sur les bordures
Production d'une seconde culture (valorisée en énergie)
Productions issues des arbres agroforestiers (bois énergie, bois fertilité, fuits...)

- > **protection des sols**
- > **protection de la ressource en eau**
- > **ressources pour la biodiversité**

Faire de l'environnement à grande échelle, en agriculture

L'agriculture d'aujourd'hui



Des ressources naturelles



Des intrants



Des produits



Il existe en agriculture une importante marge de manoeuvre pour **économiser de l'énergie** en réduisant voire en supprimant l'irrigation et l'usage d'intrants, mais également en supprimant le **travail du sol**, en **limitant l'entretien systématique des bordures**

En 2030



Des ressources naturelles



Des intrants



Des produits



L'Europe a un potentiel de développement de **90 millions d'hectares de terres agricoles**¹ et de **50 millions de pâturages**² pour le développement de l'agroforesterie. Les haies pourraient se développer sur 17,8 millions de km.

1: Dupraz et al., 2005
2: Aertsens et Al. 2012

L'agroforesterie de troisième génération : optimiser les ressources naturelles

Trente années de recherche ont permis d'aboutir à la conception de systèmes agroforestiers qui réconcilient diversité, production et durabilité. Les systèmes se rapprochent progressivement d'écosystèmes naturels et gagnent en autonomie. La biodiversité est favorisée. La rentabilité et la durabilité augmentent.

S'inspirer du modèle de la forêt

L'agriculture peut s'inspirer de la forêt pour recréer les mécanismes agroécologiques qui assurent le maintien de la fertilité des sols, évitent les pertes et les pollutions et conservent les nutriments et les habitats dont les cultures et la biodiversité fonctionnelle ont besoin.

La matière organique du sol est composée d'environ 50 à 58% de carbone. Ces dernières décennies, les taux de matière organique ont diminué dans les sols européens, principalement à cause des pratiques culturales (labour profond, érosion...) et de la conversion croissante des prairies en terres cultivables³. Cette chute a des conséquences sur l'activité biologique et la fertilité des sols, et donc sur les rendements des cultures. Or, un sol vivant induit un cycle vertueux : bonne santé des plantes et qualité nutritionnelle des productions, diminution des besoins en intrants, augmentation des rendements, augmentation des niveaux de biodiversité, etc.

Optimiser l'énergie solaire

Illimitée, gratuite, stockée durablement dans la biomasse, l'énergie solaire est sous-utilisée par l'agriculture (environ 40%).

Comment optimiser la production de biomasse pour profiter en permanence de l'énergie solaire dont toute la biodiversité terrestre est le résultat ?

- en assurant une couverture permanente des sols,
- en intensifiant, grâce aux arbres, l'espace de production par l'ajout d'un ou plusieurs étages supplémentaires,
- en valorisant les délaissés (bords de routes, bandes tampons...).

Cela suppose de nouvelles modalités de gestion, et de dialogue entre les acteurs et gestionnaires du territoire.



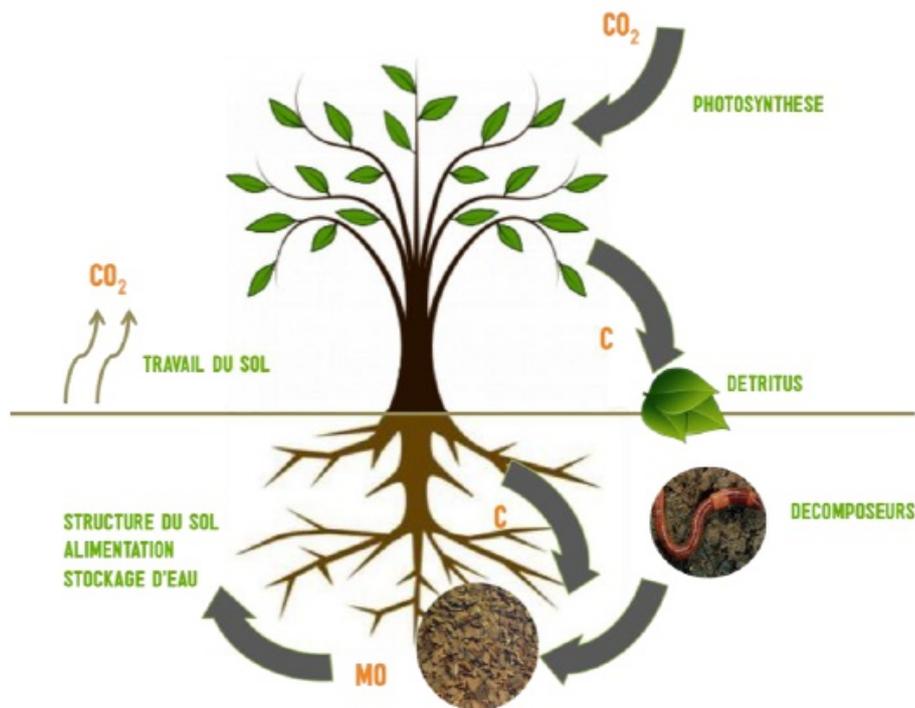
Créer un puits de carbone, un enjeu climatique

L'Union Européenne s'est fixée un objectif de réduction des émissions des gaz à effet de serre de 20% d'ici 2020 (par rapport aux niveaux d'émission mesurés en 1990). La France devra faire un effort conséquent. Ses émissions totales de GES représentent environ 557 Mt C-CO₂ sur la période 2008 – 2012⁴. L'agriculture représente 20% des émissions. L'objectif est de les diviser par 4⁵. Le « Millenium Ecosystem Assesment », réalisé par l'ONU en 2003 et repris par la FAO en 2007⁶, démontre que tous les services écologiques réclamés par la société (eau et alimentation de qualité, fibres, matériaux, énergie renouvelable, régulation du climat, régulation de l'eau, pollinisation, paysages...) reposent sur une agriculture qui améliore la fertilité des sols, en tant que puits de carbone.

Seules les techniques de semis direct associées aux pratiques des doubles cultures et d'agroforesteries présentent ce potentiel de produire plus, mieux, sans épuiser les ressources. Ces expériences de terrain ont fait leurs preuves et sont généralisables à grande échelle.

Trois niveaux d'actions complémentaires permettent de lutter contre le réchauffement climatique :

- 1) Economiser l'énergie fossile : réduction voire suppression du travail du sol. Le semis direct divise par 2 la consommation de carburant et multiplie par 2 les récoltes.
- 2) Séquestrer du carbone dans les sols et la biomasse. Le semis direct possède un potentiel de séquestration de 1 t C/ha/an⁷. En agroforesterie, 50 arbres à l'ha stockent annuellement 2 tC/ha⁸.
- 3) Produire de l'énergie renouvelable qui se substitue aux énergies fossiles (charbon, pétrole, gaz).



Les techniques utilisées s'inspirent du modèle de la forêt, et se rencontrent dans le monde entier : conservation des sols et pratiques agroforestières.

⁴: CITEPA, 2007

⁵: Direction générale de l'Énergie et du Climat, 2008

⁶: Levrel, 2007

⁷: Chicago Climate Exchange, 2008

⁸: Hamon *et al.*, 2009

Réduire les intrants grâce à un sol vivant

Les expériences de terrain montrent dans tous les cas des réductions en intrants :

- baisse de la consommation de carburants grâce à une diminution de la perturbation des sols,
- baisse des apports en azote grâce aux légumineuses en cultures intermédiaires et à la présence d'arbres agroforestiers,
- réduction de l'irrigation grâce à l'augmentation de la réserve utile en eau sur des sols vivants et à une recharge en eau des nappes profonde suite à un non travail du sol,
- réduction de l'usage des phytosanitaires grâce à des sols riches et équilibrés, à la présence d'auxiliaires de cultures, à un désherbage moins fréquent...

La recherche confirme ces observations. Il a été par exemple démontré que l'arbre agroforestier est une véritable « pompe à nutriments » qui, grâce à son système racinaire profond, remonte les éléments nutritifs issus des horizons profonds et en particulier de l'altération de la roche mère. Cette ascension vers les horizons supérieurs profite directement aux cultures et permet ainsi de réduire la fertilisation azotée de 7 à 15 kg/ha/an⁹.

Préserver et produire : sortir de la logique du cloisonnement

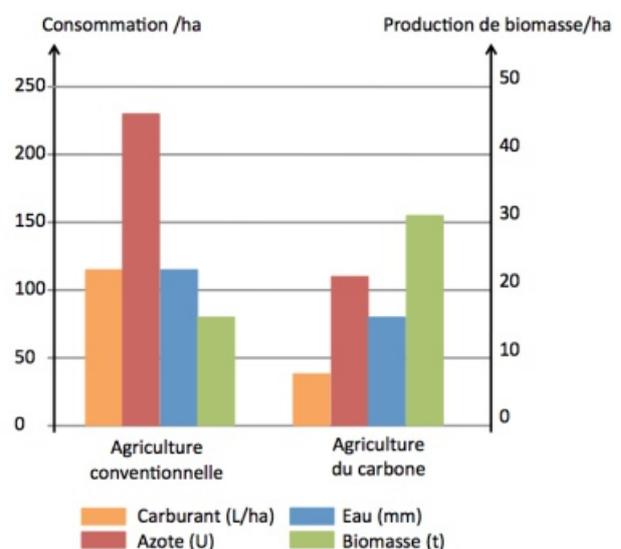
L'arbre a d'abord un rôle de protection : protection des cultures, des animaux mais aussi du sol et de l'eau. Il joue un rôle de climatiseur réversible qui les protège tant du gel que de l'insolation. L'ombre qu'il apporte et son effet brise-vent permettent de limiter les besoins en eau des cultures sous-jacentes. Son réseau racinaire profond filtre l'eau et favorise son stockage dans le sol et les nappes profondes assurant sa restitution efficace et progressive ; remonte l'humidité vers la surface, créant ainsi un microclimat à l'échelle de la parcelle qui limite les pertes en eau.

Eau, azote, carbone, éléments minéraux... arbres et cultures utilisent les mêmes ressources. Il y a donc un risque de compétition qu'il est possible de transformer en complémentarité grâce à un aménagement et un choix d'essences judicieux qui augmente la productivité totale jusqu'à 30 %¹⁰.

La réduction du rayonnement sous les houppiers, la réduction de la vitesse du vent et l'augmentation de l'humidité de l'air permet de réduire significativement l'évapotranspiration des cultures dans une parcelle agroforestière, augmentant ainsi l'efficacité de l'utilisation en eau. Cette réduction a été évaluée à 30 % pendant la période estivale dans les conditions du sud de la France avec 50 arbres/ha¹¹.

L'arbre, et la couverture des sols au sens large, protègent les ressources indispensables à la production agricole. Le sol est préservé et régénéré grâce à des apports successifs et réguliers de matière organique associés à des techniques de conservation des sols (TCS, non labour...). Or un sol riche assure une meilleure qualité nutritionnelle des cultures qui s'y développent.

Dans le cadre d'aménagements paysagers, les arbres contribuent à l'embellissement du cadre de vie tout en remplissant efficacement des fonctions d'écrans visuel ou sonore, de délimitation, de signalétique, de stabilisation des talus etc. L'utilisation d'arbres de pays met en valeur l'identité du terroir.



⁹: Thevathasan et Gordon, 2004

¹⁰: Dupraz et al., 2005

¹¹: Dupraz, 2007

Economie de l'exploitation : diversifier et pérenniser

Les systèmes agroforestiers actuels ont la particularité d'intégrer une très grande diversité végétale. En premier lieu parce que les essences implantées sont aujourd'hui multiples, locales et adaptées. Mais également, grâce à la régénération naturelle et aux zones enherbées aux pieds des arbres qui sont autant d'espaces où la flore locale peut se développer.

Cette hétérogénéité des milieux, des ressources et des couverts permet le développement d'une diversité faunistique remarquable : pollinisateurs, auxiliaires de culture, faune cynégétique... mais aussi un développement des mycorhizes qui permettent une augmentation de la surface explorée par les racines, une amélioration des flux de carbone organique et de minéraux, du développement végétatif...

On sait enfin que la présence d'arbres dans ces paysages, mais aussi la couverture des sols et les techniques culturales simplifiées jouent en faveur d'une diversité de fonctions, d'usages et de productions qui **augmente la pérennité et la résilience du système agricole**. La biodiversité plus abondante et le confort animal dû à la présence d'arbres dans les élevages **améliorent la sécurité alimentaire et développent une image positive de l'agriculture**.

Des retours d'expérience et une reconnaissance

Des techniques très abouties, associant la couverture permanente des sols à l'agroforesterie sont d'ores et déjà mises en œuvre par des agriculteurs innovants, aux quatre coins de la France et dans des contextes socioéconomique et pédoclimatiques très diversifiés.

Ces modèles de terrain éprouvés et reconnus, permettent d'encourager et d'accompagner la transition vers une agriculture plus durable et plus diverse. Ces exemples variés, adaptés localement, adaptables à toutes les situations et associant production et protection sont compatibles avec les politiques agricoles actuelles et à venir.

L'élaboration d'un référentiel métier du conseiller agroforestier et de labels officiels de qualités avec l'identification de produits issus de parcelles agroforestières permettra une reconnaissance et une visibilité de la démarche.

L'agroforesterie contribue au maintien d'un patrimoine culinaire (porcs noirs gascons, poulets fermiers de Loué...), à la relocalisation des productions et à la production de nouveaux produits (par exemple la production de fruits, de pois carrés en interculture valorisés en restauration ou vendu en magasin).



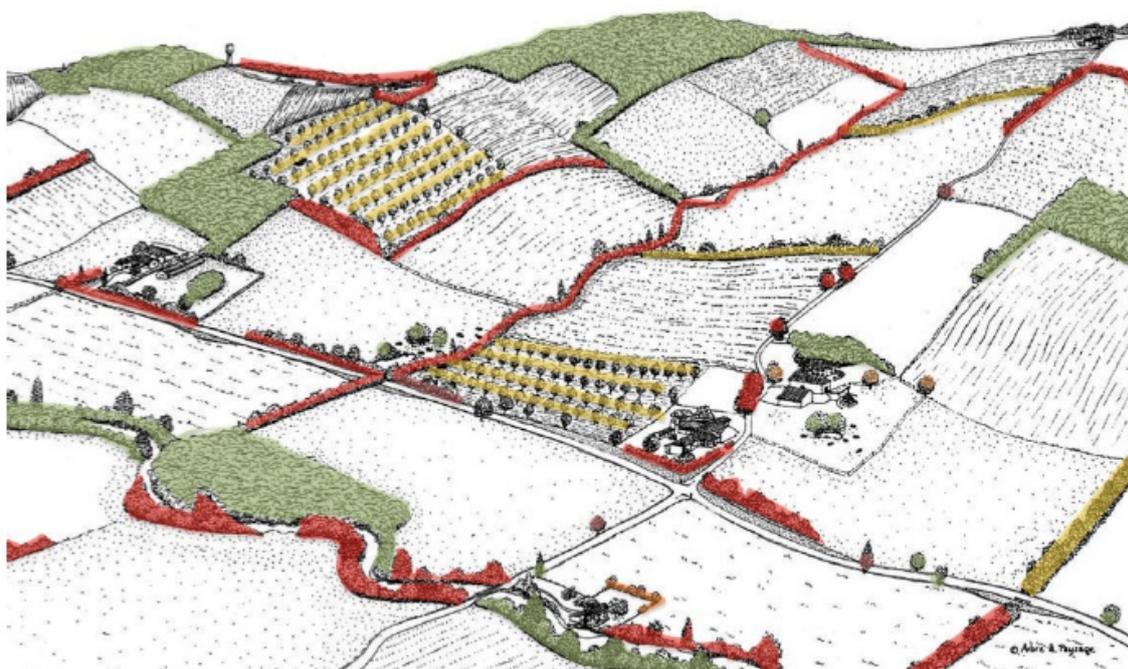
L'initiation d'une politique agricole en lien avec une politique énergétique permettrait de créer plusieurs centaines de milliers d'emplois qualifiés en 15 ans¹².



Faire rimer biodiversité et biomasse : profiter de la végétation qui se développe spontanément

Il est urgent d'optimiser l'espace, en laissant l'arbre se réimplanter là où il ne gêne pas, là où l'espace est de toute façon perdu, et où la plante ligneuse pourrait apporter des services. De nombreux espaces consomment aujourd'hui beaucoup d'énergie pour être entretenus régulièrement sans valorisation de produits. Ces délaissés pourraient produire de la biomasse, de la biodiversité, des services écologiques, sans nécessiter plus d'entretien.

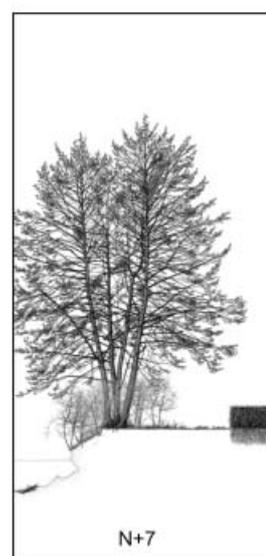
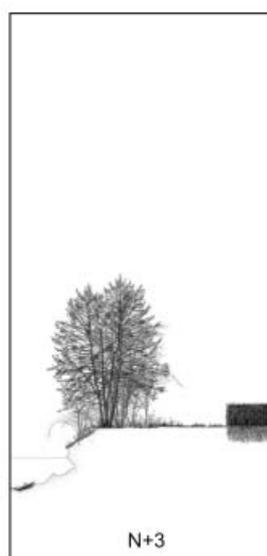
C'est le cas par exemple des bandes tampons, qui peuvent aujourd'hui être végétalisées par des ligneux et représentent par là même un formidable potentiel, avec l'avantage de diffuser et donc de multiplier leurs bénéfices dans tout un agrosystème. C'est également le cas des bords de voiries, des bords de champs...



Profiter de l'existant

Poursuivre les plantations

Valoriser la végétation spontanée



Produire et protéger : vers de nouveaux systèmes de production

L'association de l'agroforesterie et de la couverture permanente des sols permet une économie de carburant (Semis direct, gestion de bordures...), une diversification des revenus, des emplois et des nouveaux produits tout en maintenant la production alimentaire. On obtient ainsi des systèmes très performants, optimisant l'énergie solaire pour produire des aliments, de l'énergie (au travers des filières bois, méthanisation, gazéification, etc.), de la fertilité, des matériaux de construction...

A Du système conventionnel...

Dans les modèles actuels de production agricole, la matière organique du sol est en permanence oxydée par le travail du sol et les intrants (chaux, irrigation, nitrates, etc.). De plus, une grande partie du potentiel de la photosynthèse est perdue car les sols ne sont couverts que la moitié de l'année, seulement 7 tonnes de carbone sont produites par hectare¹³. Avec 2 tonnes de carbone, le retour de matière au sol est insuffisant pour assurer la préservation de l'environnement. Tout au plus, la paille exportée des parcelles permet de fabriquer un fertilisant organique, le fumier, mais ce dernier ne compense pas les exportations de carbone ni la destruction mécanique de la biodiversité et des habitats. Il y a dans ce modèle une forte consommation d'énergie (due travail du sol en particulier et à la consommation d'intrants), et une faible production de biomasse.

Des modèles plus efficaces s'inspirent de la forêt et de la prairie : un sol couvert en permanence et jamais travaillé.

B Aux semis sous couverts

Grâce aux semis sous couverts, il est possible de produire deux cultures par an sur une même parcelle : alors que la première conserve sa finalité alimentaire, la seconde peut être mise à profit soit dans la reconstruction d'un capital carbone dans les sols, soit être valorisée énergétiquement. Cela permet de multiplier par 2 l'énergie solaire captée par unité de surface et le rendement carbone via la photosynthèse par rapport à l'approche conventionnelle.

La partie aérienne (paille) de la seconde culture est exportée pour produire de l'énergie par méthanisation. Ce procédé produit 50 % de déchets organiques qui peuvent être utilisés comme fertilisants.

L'énergie solaire est utilisée tout au long de l'année pour produire de la biomasse, près du double d'un système conventionnel soit 12,5 tonnes de carbone par hectare. Ce système économise l'énergie fossile, optimise l'énergie solaire, produit de l'énergie renouvelable ainsi que de la fertilisation organique et de la fertilité en augmentant la biomasse souterraine¹².

Pour une même production alimentaire, il nourrit le sol environ 3 fois plus qu'avec une agriculture conventionnelle et en assure la fertilité.

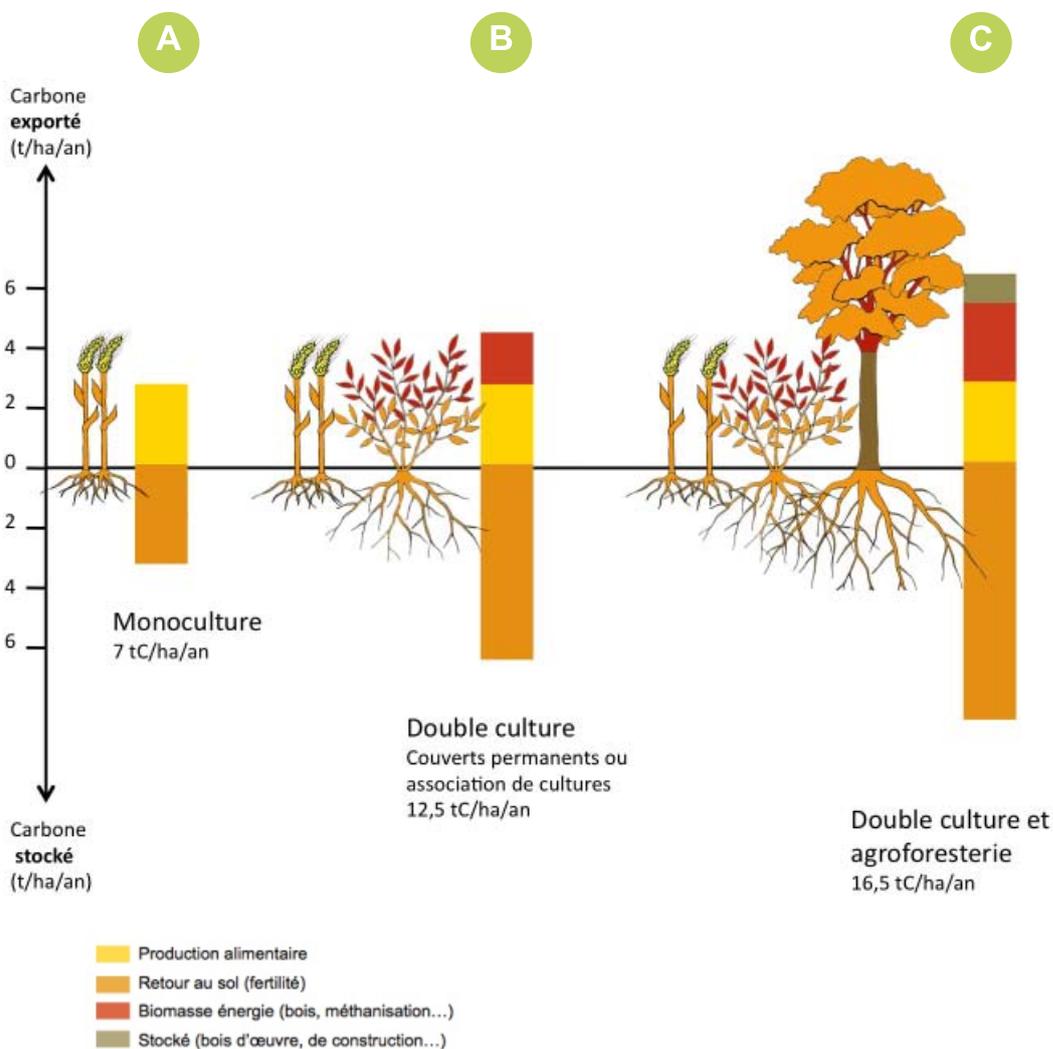
C Associés à l'agroforesterie

L'arbre stocke du carbone⁴ dans la biomasse mobilisable pendant les périodes creuses des cultures sans entrer en compétition avec elles. L'efficacité des agrosystèmes est encore améliorée.

La production alimentaire est maintenue et la fertilité du sol est augmentée par un retour au sol de près de 8 t C/ha/an. L'association de l'horizontalité (couverture des sols tout au long de l'année) et de la verticalité (introduction de l'arbre à une densité de 50 tiges/ha) permet d'optimiser la photosynthèse et de mobiliser ainsi 16,5 tonnes de carbone par hectare et par an. Les sols sont améliorés et plus d'une tonne de carbone est stockée chaque année dans le bois à des fins de bois d'œuvre par exemple. La production d'énergies renouvelable est encore augmentée par la production de bois énergie.

¹³: Bolin *et al.*, 2000

La fertilité biologique



	Semis sous couverts Par ha/an	Agroforesterie Par ha/an	Par ha	TOTAL Sur les SCOP
Stockage de C	1 tC	2 tC	3 tC/an	39 Mtep/an
Biomasse énergie	2 tep	0,75 tep	2,75 tep/an	36 Mtep/an
Economie d'énergie	1 tC	-	1 tC/an	6,5 Mtep/an

L'arbre agroforestier a la capacité de stocker plus de carbone que son homologue forestier, comparé auquel il produit ainsi jusqu'à 3 fois plus de biomasse grâce à un enracinement plus profond et à une vitesse de croissance supérieure¹².

Références bibliographiques

Aertsens J., De Nocker L., Gobin A., 2013. Valuing the carbon sequestration potential for European agriculture. *Land Use Policy* 31, 584-594

Bolin, B., Sukumar, R., Ciais, P., Cramer, W., Jarvis, P., Kheshgi, H., & Steffen, W., 2000. Global perspective (pp. 23-51). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

CHICAGO CLIMATE EXCHANGE, 2008. Soil Carbon Managements Offsets. Disponible sur <http://www.chicagoclimatex.com/content.jsf?id=781>. Consulté le 02/06/2008

CITEPA, 2007. Inventaire des émissions de gaz à effet de serre en France au titre de la Convention cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques. (Format CCNUCC). Disponible sur http://www.citepa.org/fr/inventaires-etudes-et-formations/bilan-ges#Bilan_Carbone Consulté le 10/04/2013

Direction générale de l'Energie et du Climat, 2008. Facteur 4, La réponse au défi climatique, 4 pp.

Dupraz C., Burgess P., Gavaland A., Graves A., Herzog F., Incoll L., Jackson N., Keesman K., Lawson G., Lecomte I., Liagre F., Mantzanas K., Mayus M., Moreno G., Palma J., Papanastasis V., Paris P., Pilbeam D., Reisner Y., Vincent G., Werf Van der W., 2005. Synthesis of the Silvoarable Agroforestry for Europe Project. INRA-UMR System Editions, Montpellier, 254 pp.

Dupraz C., 2007, Agroforesterie : impacts des arbres agroforestiers sur les cycles hydrologiques et biogéochimiques. Notes de synthèse

Gavaland A., Burnel L., 2005. Croissance et biomasse aérienne de noyers noirs. *Chambres d'agriculture* (945), 20-21.

Hamon X., Dupraz C., Liagre F., 2009. L'Agroforesterie: outil de séquestration du carbone en agriculture, 17 pp.

Levrel. H. Présentation PPT "Le Millenium Ecosystem Assessment : quelle faisabilité pour la France ?" Ladyss, Université de Paris 1, CERSP, MNHN. Conseil scientifique de l'Ifen du 29 mars 2007. Source Originale : Rapport FAO 2007, adapté de « Ecosystems and human well-being : a framework for assessment » par le Millenium Ecosystem Assessment. Copyright 2003, Institut des ressources mondiales; Autorisation de reproduction de Island Press Washington.

INSTITUT FRANÇAIS DE L'ENVIRONNEMENT, 2008. Le stock de carbone dans les sols agricoles diminue. p. 1-3.

Thevathasan, Gordon ,2004, Ecology of tree intercropping systems in the North temperate region : experiences from Southern Ontario, Canada. *Agroforestry Systems* n°61 (257-268)

WWF (Travail du Bureau des Politiques Européennes (EPO, European Policy Office) du WWF, mené par Meera Ghani-Eneland), 2009, Des emplois sobres en carbone pour l'Europe Opportunités actuelles et perspectives futures. Résumé disponible : [http://www.wwf.fr/content/download/3092/23741/versi on/1/file/160609-RapportEMPLOISVERTS-R%C3%AAsum%C3%9AEx.pdf](http://www.wwf.fr/content/download/3092/23741/version/1/file/160609-RapportEMPLOISVERTS-R%C3%AAsum%C3%9AEx.pdf)

