

Agriculture biologique - Economie rurale

Des chercheurs scientifiques démontrent que l'agriculture biologique peut largement alimenter le monde¹

Dr. Mae-Wan Ho ²

Jacques Hallard ³ : Traduction, définitions et compléments en français

Une étude complète et approfondie met fin aux idées erronées selon lesquelles l'agriculture biologique ne peut pas nourrir tout le monde, parce qu'elle aboutirait à de trop faibles rendements et que les fertilisants organiques seraient insuffisants.

http://66.249.91.104/translate_c?hl=fr&u=http://www.anrdoezrs.net/click-2292501-10381372%3Fsid%3Dadvert250-discountCL&prev=/search%3Fq%3DScientists%2BFind%2BOrganic%2BAgriculture%2BCan%2BFeed%2Bthe%2BWorld%2B%2526%2BMore%26hl%3Dfr%26sa%3DG **Des scientifiques réfutent des idées communes mais fausses, au sujet de l'agriculture biologique**

Deux objections sont habituellement avancées contre l'affirmation que **l'agriculture biologique** peut alimenter tout le monde. Les opposants à l'agriculture biologique, proclament que celle-ci n'assure que de faibles rendements et qu'il n'y a pas assez de fertilisants organiques pour assurer des rendements substantiels.

Une équipe de chercheurs scientifiques dirigés par **Catherine Badgley** de l' **Université du Michigan Ann Harbor**, aux Etats-Unis, a maintenant réfuté ces idées largement répandues, mais fausses, au sujet d'agriculture biologique. Cette dernière donne des rendements qui sont en gros comparables à l'agriculture conventionnelle dans les pays développés, d'une part, et des rendements beaucoup plus élevés dans les pays en voie

¹ Texte original en anglais : "Scientists Find Organic Agriculture Can Feed the World & More"
www.i-sis.org.uk/organicagriculturefeedtheworld.php

² ISIS Director m.w.ho@i-sis.org.uk .The Institute of Science in Society, PO Box 32097, London NW1 OXR .

³ Jacques Hallard, Ing. CNAM, consultant indépendant, conseiller scientifique de l' APREIS (www.apreis.org)
jacques.hallard921@orange.fr & Christiane Hallard-Lauffenburger

de développement, d'autre part ; par ailleurs, des quantités plus que suffisantes d'azote peuvent être fournies par la **fixation symbiotique** dans le sol en employant simplement des **engrais verts**

L'équipe de recherche a comparé les rendements obtenus en **agriculture biologique** et en **agriculture conventionnelle** (y compris une production alimentaire à basse intensité) à travers 293 exemples ; elle a estimé le rapport moyen des rendements (biologique ou conventionnel) de différentes catégories de productions alimentaires dans divers pays développés ou de pays en développement.

Avec les rapports moyens des rendements, les chercheurs ont modélisé les approvisionnements alimentaires mondiaux qui pourraient être assurés selon les principes de l'agriculture biologique dans les bassins de production actuels. Les résultats indiquent que les méthodes biologiques pourraient produire assez de nourriture pour soutenir la population humaine actuelle et, potentiellement, une population encore plus grande, sans augmenter les surfaces agricoles de base.

Ils ont également estimé la quantité d'azote potentiellement fournie par la **fixation biologique de l'azote** par des légumineuses utilisées comme **plantes de couverture**. Les données des agroécosystèmes tempérés et tropicaux suggèrent qu'ils pourraient fixer assez d'azote pour remplacer *tous* les engrais synthétiques actuellement utilisés.

Le rapport conclut : « *Ces résultats indiquent que l'agriculture biologique a le potentiel de contribuer tout à fait largement aux approvisionnements alimentaires mondiaux, tout en réduisant les incidences nuisibles sur l'environnement de l'agriculture conventionnelle.* »

Le prix à payer pour la révolution verte

Les chercheurs tiennent à préciser tout d'abord que la **Révolution Verte** a été une réalisation technologique sensationnelle : avec un doublement de la population mondiale au cours des 50 dernières années, une nourriture largement suffisante a été produite pour répondre aux exigences caloriques de tous les habitants, si les produits alimentaires avaient été distribués plus équitablement.

Cependant, il y a une grande incertitude pour le futur, étant donné la projection de 9 à 10 milliards dans la population humaine d'ici 2050 et les tendances mondiales de la consommation croissante de viandes (exigeant beaucoup plus de grains), tandis que les récoltes des espèces céréalières diminuent. Les chercheurs n'ont pas mentionné la pression additionnelle sur la production agricole qui est exercée par la demande croissante en **biocarburants**⁴ Cette pression des biocarburants sur les productions agricoles a déjà créé dans le monde entier « *une crise imminente qui menace les productions alimentaires* »⁵,. Les manifestations climatiques extrêmes - sécheresses et inondations - qui résultent du réchauffement planétaire, aggravent très certainement cet état de fait.

⁴ [Biofuels: Biodevastation, Hunger & False Carbon Credits](#), SiS 33 ; la version en français s'intitule "Biocarburants : dévastation biologique, famines et crédits de carbone faussés" et elle est accessible sur le site suivant : www.i-sis.org.uk/BiofuelsBiodevastationHungerfr.php

⁵ John Vidal le rapporte en détail dans le journal *The Guardian*

Une grande partie de la réduction actuelle des récoltes de céréales est due à la dégradation environnementale qui s'est manifestée au cours des décennies de pratiques agricoles non soutenables de la Révolution Verte : érosion massive de sol, perte de la fertilité du sol, perte de territoires agricoles par la salinité, épuisement des nappes aquifères et résistance accrue des ennemis des cultures.

D'autres conséquences de la Révolution Verte sur l'environnement incluent la contamination des eaux de surface et des eaux souterraines, le dégagement des gaz à effet de serre (particulièrement par le déboisement et la conversion en surfaces agricoles cultivées), ainsi que la perte de la biodiversité.

Beaucoup ont argué du fait que des méthodes plus soutenables de productions alimentaires sont essentielles. Notamment, l'*ISP, Independent Science Panel*, le Jury pour une Science Indépendante, composé de dizaines de chercheurs scientifiques travaillant dans de nombreux pays du monde, ont publié en 2003 un rapport qui réclamait un passage systématique vers l'agriculture soutenable et biologique⁶

Ce n'est pas une simple coïncidence si ceux qui se sont le plus opposé à l'agriculture biologique, sont également les défenseurs les plus fervents des plantes **modifiées génétiquement** et ceux qui voient l'augmentation récente de la demande pour les **biocarburants**, comme une autre opportunité pour favoriser une technologie qui n'a malheureusement pas jusqu'ici tenu ses promesses au cours des 30 dernières années, alors que l'évidence de risques sanitaires sérieux continuent d'apparaître⁷

Il existe une grande variété de modes de mise en pratique de l'agriculture biologique

Les exemples d'agriculture biologique qui ont été passés en revue, par l'équipe de l'université du Michigan, couvrent une gamme étendue d'exploitations agricoles qui sont classées comme **agroécologiques, soutenables** ou écologiques, mais pas nécessairement en agriculture biologique certifiée. Ils reposent sur des processus naturels des cycles des éléments nutritifs ; ils excluent ou emploient rarement des pesticides synthétiques et ils sont attentifs au maintien et à la régénération des sols. Les pratiques agricoles concernées incluent les **plantes de couverture**, l'application de fertilisants organiques, le **compostage**, la **rotation des cultures**, les **cultures intercalaires** et le contrôle des parasites et ennemis des cultures par des méthodes de **lutte biologique**.

Les 293 études qui ont été passées en revue se composent de 160 cas qui comparaient les méthodes de l'agriculture biologique avec les modes de productions conventionnelles et 133 cas dans lesquels l'agriculture biologique était comparée avec moins d'intensification des productions.

⁶ [The Case for A GM-Free Sustainable World](http://www.indsp.org/); le texte en français intitulé "Le plaidoyer en faveur d'un monde soutenable sans OGM" est accessible à partir du site suivant : <http://www.indsp.org/>

⁷ [No to GMOs, No to GM Science](http://www.i-sis.org.uk/NoToGMOsfr.php), SiS 35 ; la version en français intitulée "Stop aux OGM et stop aux recherches sur les modifications génétiques !" est accessible sur le site suivant : <http://www.i-sis.org.uk/NoToGMOsfr.php>

La plupart des études qui ont été passées en revue proviennent de la littérature scientifique publiée avec l'assentiment des comités de lecture, une petite partie provient de comptes-rendus de conférences et séminaires, des rapports techniques ou encore du site Web d'un centre de recherches agricoles. Elles s'étendent certains cas basés sur une seule saison de culture, jusqu'à une période d'exploitation qui s'étend sur 20 ans. Quelques exemples sont basés sur des rendements enregistrés avant et après la conversion à l'agriculture biologique sur la même ferme.

Pour estimer les approvisionnements alimentaires mondiaux de l'agriculture biologique, les rapports moyens des rendements de l'agriculture biologiques, qui sont comparés à ceux de l'agriculture conventionnelle, sont appliqués aux valeurs courantes des productions alimentaires, moins les pertes qui sont enregistrées après les récoltes, à partir de la base de données de la **FAO** pour l'année 2001.

Les rendements en agriculture biologique dépassent ceux de l'agriculture conventionnelle

Les rapports de rendement sont récapitulés dans le tableau 1 et sont groupés dans 10 catégories qui couvrent les principales productions végétales et animales qui composent les régimes alimentaires des êtres humains.

Tableau 1.

Rapports de rendement entre agriculture biologique et agriculture conventionnelle

Food category	(A) World			(B) Developed countries			(C) Developing countries		
	N	Av.	S.E.	N	Av.	S.E.	N	Av.	S.E.
Grain products	171	1.312	0.06	69	0.928	0.02	102	1.573	0.09
Starchy roots	25	1.686	0.27	14	0.891	0.04	11	2.697	0.46
Sugars and sweeteners	2	1.005	0.02	2	1.005	0.02			
Legumes (pulses)	9	1.522	0.55	7	0.816	0.07	2	3.995	1.68
Oil crops and veg. oils	15	1.078	0.07	13	0.991	0.05	2	1.645	0.00
Vegetables	37	1.064	0.10	31	0.876	0.03	6	2.038	0.44
Fruits, excl. wine	7	2.080	0.43	2	0.955	0.04	5	2.530	0.46
All plant foods	266	1.325	0.05	138	0.914	0.02	128	1.736	0.09
Meat and offal	8	0.988	0.03	8	0.988	0.03			
Milk, excl. butter	18	1.434	0.24	13	0.949	0.04	5	2.694	0.57
Eggs	1	1.060		1	1.060				
All animal foods	27	1.288	0.16	22	0.968	0.02	5	2.694	0.57
All plant and animal foods	293	1.321	0.05	160	0.922	0.01	133	1.802	0.09

Comme on peut le voir, les rendements moyens de l'agriculture biologique et de l'agriculture non biologique sont à peu près identiques dans les pays développés (B), mais c'est dans les pays en voie de développement (C) que les gains de l'agriculture biologique sont les plus évidents : là où précisément les besoins alimentaires sont les plus importants et où les agriculteurs ne peuvent justement pas se payer les engrais et les pesticides de synthèse qui sont trop onéreux.

Les rapports de rendements, entre l'agriculture biologique et l'agriculture conventionnelle, se situent dans la plage de 1,6 à 4,0. Le rapport moyen pour tous les produits alimentaires au niveau mondial est de 1,3.

L'agriculture biologique peut fournir largement plus d'aliments qu'il n'en faut pour nourrir tout le monde

L'équipe de recherche a établi deux modèles de production alimentaire au niveau mondial. Le modèle 1 est conservateur et il applique les rapports de rendement qui dérivent des études effectuées dans les pays développés, à la totalité des surfaces agricoles utiles au plan mondial. Le modèle 2, plus réaliste, applique les rapports de rendement déterminés pour les pays développés et pour les pays en voie de développement, pour chacune des zones concernées par ces modes de production

Les calories par habitant, résultant des modèles étudiés, sont estimées en multipliant les rendements moyens, par des évaluations de la FAO qui concernent le contenu calorifique dans la catégorie d'aliment concernée.

La quantité de nourriture disponible dans le modèle 1 est plus ou moins la même que celle qui est disponible actuellement. Le gain principal est obtenu en réduisant les intrants massifs d'énergie et de combustibles et carburants fossiles, et en évitant tous les dommages collatéraux de l'agriculture conventionnelle. Il résulte du modèle 2, des gains réels qui vont de 1,3 à 2,9 fois le montant total qui résulte de l'addition des divers aliments disponibles.

Les deux modèles prouvent que l'agriculture biologique pourrait supporter la population humaine actuelle. En termes d'apport calorifique quotidien, les approvisionnements alimentaires actuels du monde, après défalcation des pertes après récolte, fournissent 2.786 kcal/jour par habitant. La moyenne des besoins pour un adulte en bonne santé se situe entre 2.200 et 2.500.

Le modèle 1 assure 2.641 kcal/jour, au-dessus du niveau recommandé (soit 94.8 pour cent du niveau actuel). Le modèle 2 assure 4.381 kcal/jour, soit encore 157,3 pour cent de ce qui est actuellement disponible. Ainsi, les productions de l'agriculture biologique ont le potentiel de supporter une population humaine sensiblement plus grande que celle qui existe aujourd'hui.

La fixation symbiotique de l'azote peut fournir largement plus de nitrates que les cultures n'en ont besoin

Pour les productions agricoles et dans la plupart des secteurs, la principale limitation, parmi les **macroéléments**, est l'azote. Les apports en azote dans l'agriculture biologique proviennent des résidus de récolte, des fumiers et des lisiers des animaux, des matières compostées et de l'azote N qui est fixé biologiquement par les légumineuses (**engrais vert**). Sous les tropiques, les légumineuses cultivées entre les semis et des plantations d'autres plantes, peuvent fixer des quantités substantielles d'azote en une période de 40 à 60 jours.

L'évaluation de l'azote disponible globalement est déterminée à partir des taux de disponibilité d'azote ou de l'équivalence en engrais azotés qui ont été rapportée dans 77 études : 33 pour les régions tempérées et 44 pour les tropiques, y compris trois à partir des régions arides et 18 qui concernent la production de riz brut, non décortiqué.

Les disponibilités en azote, en kg/ha, sont obtenues à partir des études, soit en tant que valeur de remplacement du fertilisants, (c'est-à-dire la quantité d'engrais azoté requise pour réaliser des rendements équivalents à ceux obtenus en utilisant l'azote N des plantes de couverture), soit à partir du calcul qui considère que 66 pour cent de azote N fixé par une plante de couverture, deviennent disponibles pour son assimilation par les plantes pendant les périodes de croissance qui suivent celle de la plante de couverture.

En 2001, l'utilisation mondiale des engrais azotés de synthèse était de 82 millions de tonnes. La quantité d'azote N fixé par les cultures de légumineuses additionnelles, utilisées comme source de fertilisant, est de 140 millions de tonnes, sur la base d'une disponibilité moyenne en azote N de 102,8 kilogrammes d'azote N/ha (les disponibilités moyenne en azote N des régions tempérées et tropicales sont respectivement de 95,1 kg et de 108,6kg/ha d'azote N).

Ceci correspond à 171 pour cent de l'azote de synthèse qui est utilisé actuellement au niveau mondial, soit 58 millions de tonnes de plus. Même aux Etats-Unis où l'agriculture conventionnelle est prédominante, l'évaluation montre un excédent d'azote N disponible par l'utilisation additionnelle des plantes de couverture à base de légumineuses entre les périodes normales d'emblavements.

Dans les régions tempérées, les plantes de couverture d'hiver se développent bien en automne après les récoltes, ainsi qu'en fin d'hiver et début de printemps, avant la mise en culture des principales plantes vivrières de la belle saison.

Des recherches conduites à l'**Institut Rodale** en Pennsylvanie, aux Etats-Unis, ont prouvé que le trèfle violet et la vesce velue, employées comme plantes de couverture pendant l'hiver dans une rotation avoine/blé-maïs-soja, et sans apports supplémentaires d'engrais, ont réalisé des rendements comparables à ceux qui étaient enregistrés dans les cultures conventionnelles, prises comme terme de comparaison.

Le système de la ferme expérimentale de l'Institut Rodale emploie des plantes de couverture de la famille des légumineuses qui sont mises en culture tous les trois ans, entre les cultures principales, comme seule source de fertilisation azotée ; les autres années, des plantes de couverture d'hiver autres que des légumineuses sont employées pour maintenir la qualité et la fertilité de sol et pour supprimer des espèces d'herbes adventices, qui concurrencent les cultures.

Dans des régions tropicales arides et semi-arides, où l'eau est limitée entre les périodes de production végétale, des **engrais verts** résistants à la sécheresse, tels que les **pois d'Ambrevade** (*pigeon pea* en anglais) ou l'**arachide**, peuvent être employés pour fixer l'azote N. Il a été montré que l'emploi de plantes de couverture dans les zones arides avait la capacité d'augmenter la rétention de l'humidité dans le sol.

Ces évaluations de l'azote N disponible n'incluent pas d'autres pratiques qui peuvent encore augmenter la **fixation biologique de l'azote**, telles que celles des **cultures intercalaires**, les semis de légumineuses dans des bandes entre les cultures, une **rotation** avec du bétail et des plantes annuelles, ainsi que celles de l'inoculation dans le sol avec des agents de **fixation** libre de l'azote dans le sol. En outre, une rotation avec des espèces cultivées de la famille des légumineuses, telles que des légumineuses consommées en gousses ou en graines, du soja ou de l'arachide, peut apporter jusqu'à au moins 75 kg d'azote N/ha, ce qui peut bénéficier aux céréales qui vont suivre les légumineuses dans l'assolement.

Les perspectives prometteuses et les défis qui nous attendent

Les implications de l'Université de l'étude du Michigan sont importantes. Les résultats indiquent que même avec des évaluations plutôt conservatrices, aucune extension des surfaces agricoles utiles n'est nécessaire pour mettre en culture et récolter assez de produits alimentaires pour nourrir le monde, si nous devons passer à l'agriculture biologique et qu'assez d'azote N provenant de la fixation biologique disponible, peut être obtenu pour remplacer entièrement l'utilisation actuelle des engrais azotés de synthèse.

Il y a de nombreux autres avantages à un changement pour passer à l'agriculture biologique, qui ne sont pas mentionnés dans la publication, mais qui sont bien décrits dans le rapport du Jury pour une Science Indépendante et ailleurs⁸.

Les plus grands avantages de l'agriculture biologique résultent des bénéfices sur la santé publique et sur l'environnement, qui sont estimés à plus de 59,6 milliards de \$ chaque année aux Etats-Unis⁹. Un autre aspect réside dans la question principale qui concerne la **sécurité alimentaire**. Les résultats de l'Institut Rodale confirment également que la gestion biologique maintient plus d'éléments nutritifs, plus de carbone organique et plus d'humidité dans le sol, ce qui permet aux cultures biologiques de mieux résister aux stress climatiques.

Ainsi, il n'est pas étonnant de constater, qu'alors que les rendements de l'agriculture biologique sont comparables à ceux de l'agriculture conventionnelle pendant les années normales [du point de vue climatique], ils sont bien supérieurs pendant les années de sécheresse

Il y a, avec l'agriculture biologique, une épargne substantielle sur les émissions de carbone et sur la consommation des combustibles et des carburants fossiles, pour atténuer le changement climatique, simplement par le fait d'éliminer des pesticides et des engrais de synthèse, sans oublier de mentionner le carbone supplémentaire qui est séquestré dans les terres qui sont conduites en biologique.

L'étude en question n'a même pas considéré toutes les options qui existent du côté des **énergies renouvelables**¹⁰ ou des systèmes d'exploitation agricole qui transforment les

⁸ Voir également [FAO Promotes Organic Agriculture](#), SiS 36 ; la version en français s'intitule "La FAO promeut l'agriculture biologique"

⁹ [Organic Agriculture Enters Mainstream, Organic Yields on Par with Conventional & Ahead during Drought Years](#), SiS 28

¹⁰ [Which Energy?](#), ISIS Report

déchets en nourritures et en ressources énergétiques, permettant, de ce fait tout à fait, l'élimination possible des ressources énergétiques fossiles¹¹

Cette étude ne mentionne pas non plus les nombreux avantages que l'on peut attendre, de l'agriculture biologique, sur les plans sociaux, économiques et sanitaires.

Le dossier pour un passage global et systématique à l'agriculture biologique n'est jamais apparu plus convainquant et plus urgent qu'aujourd'hui.

L'équipe des chercheurs de l'Université du Michigan voient de nombreux défis et de difficultés pour mettre en application ce passage complet vers l'agriculture biologique ; toutefois cette voie est très prometteuse.. La pratique de l'agriculture biologique à grande échelle requière l'appui des établissements de recherches qui se consacrent aux méthodes **agroécologiques**, pour la gestion de la fertilité du sol et des problèmes rencontrés à cause des maladies et des ennemis des cultures ; ces méthodes demandant également une forte action de vulgarisation, de la recherche vers les applications pratiques, ainsi qu'un engagement du public.

En outre, l'engagement et l'appui fort des gouvernements sont nécessaires, ainsi que des changements politiques, qui favorisent et encouragent un passage vers l'agriculture biologique et soutenable au niveau mondial.

Il est surtout temps de mettre en sourdine la discussion sur la question de savoir si l'agriculture biologique peut apporter une contribution substantielle aux approvisionnements alimentaires dans le monde.

A la place, nous devrions plutôt discuter de la répartition des allocations de ressources et des budgets qui doivent être accordés pour les travaux de recherche sur les productions alimentaires agroécologiques, pour la création d'incitations pour les fermiers et les exploitations agricoles, pour les producteurs agricoles et pour les consommateurs, ainsi que pour les politiques au niveau national et international, afin de favoriser et de faciliter cette transition au niveau mondial.

¹¹ [How to Beat Climate Change & Be Food and Energy Rich - Dream Farm 2](http://www.i-sis.org.uk/pdf/HTBFAFRUCCFR.pdf), ISIS Report ; la version en français est intitulée "Energie - Comment être bien pourvus en carburants et en combustibles, ainsi qu'en nourritures, malgré le changement climatique" ; elle est accessible sur le site suivant : www.i-sis.org.uk/pdf/HTBFAFRUCCFR.pdf .On peut également se reporter à l'article sur le site suivant : www.indsp.org/pdf/DreamFarm-2-FR.pdf

Définitions et compléments en français :

Agriculture biologique : c'est un **système de production agricole**, basé sur la gestion rationnelle de la fraction du **sol**, dans le respect des cycles biologiques et de l'**environnement**, tenant compte des connaissances en **écologie**, pour une production de qualité, équilibrée, plus autonome, plus économe et non polluante. En France, le **décret** du 10 mars 1981 la définit comme étant une « agriculture n'utilisant pas de produits chimiques de synthèse ».

L'agriculture biologique est, au sens propre, un **pléonasme** (il n'existe pas d'agriculture non biologique). Le terme est apparu vers **1950**, par opposition au système de production qui s'est mis en place à partir du **XIX^e siècle**, qualifié de *chimique* en raison de son usage d'**intrants** chimiques, c'est-à-dire des produits de synthèse : **engrais**, produits phytosanitaires (**pesticides** tels que **herbicides**, **insecticides** ou **fongicides** ...) ou qualifié de système *productiviste* par sa logique. Ce système étant souvent considéré comme dangereux pour la Terre (**pollution des nappes phréatiques** ...), et non **durable**. On parle maintenant d'agriculture "conventionnelle", face à l'agriculture biologique.

L'agriculture biologique se caractérise principalement par son refus d'utiliser des produits « *chimiques* ». Les fondements théoriques de l'agriculture biologique utilisent les notions suivantes :

- système : il ne s'agit pas de nourrir directement la plante, mais de fonctionner avec tout l'**écosystème** air-eau-sol-plantes-animaux sans le forcer;

- respect des éléments naturels : nourrir une vache avec de l'herbe, et non avec des concentrés contenant des sous-produits animaux; la terre est un milieu vivant que l'on "nourrit" par la pratique du compostage des matières organiques pour assurer sa fertilité.

De tels fondements s'appuient sur des notions :

* D'équilibre : tout acte ou toute pensée doit veiller à respecter un équilibre avec l'environnement. Le développement réside dans le déplacement des équilibres naturels.

* De diversité : les systèmes techniques ou philosophiques dépendent des contextes locaux spécifiques avant de répondre à des fondements immuables.

* D'autonomie: En fonction du contexte et des équilibres en place, l'action ou la pensée vise aussi à ne pas priver les êtres humains de leur autonomie.

Ces fondements, dans leur version contemporaine ayant rationalisé sa démarche, conduisent à une forte recherche d'amélioration qualitative par une recherche constante d'alternatives aux comportements de l'agriculture productiviste en s'appuyant sur des expertises pluridisciplinaires (biologiste, agronome, écologiste, pédologue, géologue...) et le partage des expériences. C'est la mise en œuvre concrète d'une alternative pour les agriculteurs productivistes, soumis aux pressions commerciales des firmes **agro-pharmaceutiques**.

L'agriculture biologique s'est distinguée d'une part en refusant le productivisme et a également permis de renouer avec un savoir agricole empirique totalement nié dans le productivisme inspiré par le **scientisme**, et a donné naissance à de nouvelles pratiques respectant ces idéaux.

L'agriculture biologique est en plein développement et comprend tout un éventail de techniques allant de l'agriculture biologique intensive à des pratiques agricoles basées sur une vision plus sensible de la nature comme par exemple l'**agriculture biodynamique** qui prend en compte le cycle des saisons, le cycle lunaire et des planètes de façon très précise afin d'augmenter le rendement des cultures et de permettre leur développement de manière naturelle et plus efficace.

En France - Comme toute démarche innovante, la culture biologique a coûté beaucoup d'argent aux premiers agriculteurs biologiques. En effet, devant faire leurs preuves, ils ne pouvaient bénéficier des aides agricoles et de certains prêts car ils devaient convaincre les autres agriculteurs désignés comme experts et la **FNSEA**. L'hostilité à ce modèle agricole, jusqu'à une époque récente, était ultra-majoritaire au sein de la population agricole. Cela

était surtout dû à l'impression de retour en arrière. En effet, la remise en question de la **révolution verte** était vécue comme un retour à l'agriculture de grand papa, et semblait réactionnaire à toute une génération d'agriculteurs qui avait participé à ce grand mouvement productiviste. De leur point de vue, ils se considéraient comme à la pointe du progrès et techniquement ultra compétents, sans avoir conscience des problèmes liés au modèle qu'ils entretenaient. Ce sentiment a été exacerbé par le discours radical des premiers agriculteurs biologiques qui avaient pour quelques uns une vision mystique du métier, ces quelques agriculteurs ne sont plus à l'heure actuelle significatifs dans l'ensemble des exploitations biologiques.

La consommation d'aliments issus de l'agriculture biologique a progressé de près de 10 % en moyenne par an depuis 1999, pour représenter 1,56 milliard d'euros en 2005, tandis que la demande annuelle d'aliments conventionnels augmentait de seulement 3,6 %, selon les derniers chiffres de l'Agence Bio, un groupement d'intérêt public où sont représentés les professionnels du secteur. En 2005, le marché français des produits alimentaires biologiques s'élevait à 1,6 milliard d'euros, le poste le plus important étant celui des fruits et légumes, qui totalise 264 millions d'euros. Mais l'ensemble des produits vendus aux rayons crèmerie - produits laitiers (132 millions d'euros), lait (99 millions) et œufs (95 millions) - représentent eux-mêmes 21 % de la consommation des aliments bio, avec un total de 326 millions d'euros.

Législation concernant l'agriculture biologique

Au niveau européen, le premier règlement sur l'agriculture biologique est entré en vigueur en 1992 (Règlement n° 2092/91), suivi en août 1999, de règles relatives à la production, l'étiquetage et l'inspection en matière d'élevage (Règlement n° 1804/1999). Les règles de base sont l'interdiction d'utiliser des **engrais** chimiques et **pesticides** ou **herbicides** de synthèse. L'utilisation d'**organismes génétiquement modifiés** (OGM) est également interdite. Les produits de l'agriculture biologique bénéficient de marques et de logos protégés au niveau européen.

Un plan d'action pour harmoniser le cahier des charges en matière de production biologique par la Commission européenne est paru le 12 juin 2007. Les acteurs concernés (agriculteurs, vendeurs, F.N.A.B. (Fédération nationale des Agriculteurs Biologiques)) sont majoritairement contre pour les raisons suivantes :

- * Pas de véritable consultation des opérateurs de l'agriculture biologique et des consommateurs, vote en catimini et en urgence qui empêchera toute expression citoyenne.
- * Elle s'approprie les règles de l'agriculture biologique au détriment des États membres et du Parlement européen mais surtout des producteurs et des consommateurs.
- * Texte flou et inachevé : pas de règles de production détaillée.
- * Les principes et les objectifs définis comme étant ceux de l'agriculture biologiques sont contestés (ex. : utilisation de produits chimiques et contamination OGM acceptés, produits transformés étiquetés bio mais dans lesquels les produits bio sont minoritaires).

Le terme **agriculture biologique** est maintenant légalement protégé en France depuis la loi d'orientation agricole du 4 juillet 1980 et le décret du 10 mars 1981, lesquels l'ont définie, et ont fixé les conditions d'homologation des cahiers des charges et précisé les substances pouvant être utilisées dans la production, la conservation et la transformation des produits agricoles dits biologiques.

Place de l'agriculture biologique dans la politique agricole européenne du début du XXI^e siècle

Selon l'**Agenda 2000**, les agriculteurs sont tenus de respecter certaines normes **environnementales** de base, sans recevoir de **compensation financière**. Ils sont également soumis au respect du principe de **pollueur-payeur**. Cependant, les mesures agri-environnementales proposent de rémunérer les agriculteurs souscrivant à des engagements allant au-delà des **bonnes pratiques agricoles**. En particulier, la pratique de l'agriculture biologique permet de percevoir des primes. De plus, l'agriculteur biologique peut recevoir des aides aux investissements. Ces actions devraient tendre à favoriser l'adoption de pratiques d'agriculture biologique. Depuis l'adoption du règlement européen de 1992, de nombreuses exploitations se sont **converties** à ce nouveau type de production **agricole**.

L'agriculture biologique dans le monde

La *Conférence internationale ONU/FAO* de mai 2007¹ sur l'agriculture biologique et la sécurité alimentaire a conclu qu'à échelle mondiale, l'agriculture biologique, si elle est soutenue par une volonté politique, peut :

- **contribuer à la sécurité alimentaire**, dont des pays riches également menacés par la crise des énergies fossiles, les changements climatiques et certaines faiblesses de la chaîne alimentaire.
- **atténuer les impacts de nouveaux problèmes** (dont changements climatiques, grâce à une fixation améliorée du carbone du sol et une meilleure **résilience**).
- **renforcer la sécurité hydrique** (qualité de l'eau, moindres besoins en irrigation, restauration **humique du sol**, meilleurs rendements en cas de stress hydrique dû aux aléas climatique).
- **protéger l'agrobiodiversité**, et en garantir un usage durable.
- **renforcer la suffisance nutritionnelle** (diversification accrue des aliments biologiques plus riches en micronutriments).
- **stimuler le développement rural** (dans des zones où le seul choix est la main d'oeuvre, grâce aux ressources et savoirs locaux).

Le Président de la Conférence a appelé la constitution d'un réseau international de recherche et de vulgarisation en faveur de l'agriculture biologique et des sciences agroécologiques, en estimant que plus d'argent et moyens publics devrait y être consacrés. Il estime aussi que les mêmes règles devraient être appliquées à tous.

Production mondiale en agriculture biologique

Elle dépassait en 2005 les 26 millions d'hectares, avec de fortes variations régionales.

Surface cultivée bio par continent

Am. nord	Am. sud	Europe	Afrique	Asie	Océanie
1,4	6,2	6,3	0,4	0,7	11,3

Source : SOEL-Survey 2005 (en millions d'hectares)

En Europe - Seulement 3,9% de la superficie agricole utilisée de l'UE25 en 2005 (6,1 millions d'hectares) était consacrée à l'agriculture biologique, mais avec de fortes variations de surface selon les pays.

Surface (en Bio) par pays : la plus grande était en 2005 en Italie (1,1 million d'hectares, soit 17% du total de l'UE25), devant l'Allemagne et l'Espagne (0,8 million d'hectares chacun, soit 13%)².

Pourcentage de la surface agricole utilisée : l'Autriche était en 2005 en tête avec 11,0%, suivie de l'Italie (8,4%), la République tchèque et la Grèce (7,2% chacun). Les taux les plus faibles étaient mesurés à Malte (0,1%), Pologne (0,6%) et Irlande (0,8%).

Pourcentage des exploitations en bio, dans l'UE25 : 1,6% en 2005)

Surface moyenne des exploitations en bio dans l'UE25, en 2005 : Elle est supérieure à celle d'une exploitation moyenne dite "conventionnelle". 39 hectares (ha) par exploitation certifiée biologique, contre 16 ha par exploitation moyenne. Les fermes bio couvrant les plus grandes surface étaient en Slovaquie (463 ha par exploitation), en République tchèque (305 ha), au Portugal (148 ha) et au Royaume-Uni (142 ha).

Evolution : pour l'UE15, la part des cultures cultivées en bio est passée de 1,8% en 1998 à 4,1% en 2005. La part de la surface en cours de conversion dans le total des surfaces cultivées en bio, varie fortement, de moins de 10% au Danemark (1%), aux Pays-Bas (4%), en Finlande (8%) et en Suède (9%) à plus de 80% à Malte (100%), Chypre (87%) ou en Lettonie (83%), pays où le développement de la certification bio est plus récent.



Logo européen de l'Agriculture biologique

Évolution de l'agriculture biologique en Europe

	1993	2002	2004
Surface (en millions d'ha)	0,8	5,5	6,3
Nombre d'exploitations	36 080	160 458	175 000

Surface bio en Europe en 2003 et % âge (SAU bio/SAU nationale)

Pays	Surface	% âge
Italie	1 168 212 ha	8%
UK	724 523 ha	4,22%
Allemagne	696 678 ha	4,1%
Espagne	665 055	-
France	517 965 ha	1,7%
Autriche	295 000 ha	11,6%
Tchéquie	235 136 ha	5,9%
Suède	214 120 ha	6,1%
Danemark	178 360 ha	6,7%
Finlande	156 692 ha	7%

L'agriculture biologique en France

Chiffres - Dans les années 80, la France représentait 40% de la surface bio européenne de l'UE15, aujourd'hui elle ne représente plus que 8% (et 9,2% de l'UE25³).

Le label Les pionniers de l'agriculture biologique en France ont mis des années à obtenir une reconnaissance officielle du label AB par les pouvoirs publics. L'association "**Nature et progrès**" est à l'origine de ce combat. Elle s'est transformée aujourd'hui en "Fédération Internationale d'agriculture biologique". Elle milite pour *une agriculture biologique, écologique, équitable et durable dans la biodiversité. Des consommateurs engagés pour*

un environnement de qualité. Un monde sans OGM, sans OMC et sans AGCS. Dans un réseau alternatif et solidaire.

Le **label agriculture biologique** (Logo AB) est aujourd'hui reconnu par le **Ministère de l'Agriculture**, un cahier des charges précis définit les règles permettant d'être certifié.



Logo français de l'Agriculture biologique

Plusieurs organismes certificateurs ont l'autorisation de délivrer la certification⁴ : Aclave, Agrocert, **ECOCERT**, Qualité France SA, Ulase, SGS ICS

Image de l'agriculture biologique en France

Selon une enquête de l'institut CSA, réalisée fin 2005, pour l'**Agence française pour le développement et la promotion de l'agriculture biologique** :

* 90% des français estiment que les produits AB contribuent à préserver l'environnement ;

* « Près d'un Français sur deux (47 %) consomme des produits biologiques au moins une fois par mois » et « plus d'un sur deux (56 %) se sent proche des valeurs bio ».

* Ils achètent leurs produits AB, pour 72% en grandes et moyennes surfaces, 43% sur les marchés, 29% en magasins spécialisés, 22% auprès d'artisans-commerçants et 22% directement à la ferme ;

* La majorité des consommateurs de produits AB habitent dans les régions **Île-de-France** et celles du pourtour méditerranéen.

La filière lait AB

La collecte de lait AB est passé de 45 millions de litres de lait en 1998 à 145 millions de litres en 2001. Parallèlement, le nombre d'exploitations laitières a triplé pendant cette période (de 350 en 1998 à 1040 en 2001).

Réseaux de distribution : **Biocoop** et **AMAP** : Association pour le Maintien d'une Agriculture Paysanne. (Pas exclusivement bio)

En Allemagne, de nombreux labels existent avec des cahiers des charges très différents.

En Belgique, en 2005 (chiffres publiés par Eurostat en juin 2007, pour l'UE25) - La part belge de la superficie européenne cultivée en *bio* était de 1,7%, cultivés sur 22 994 ha, soit 0,4% de la superficie totale consacrée à l'agriculture biologique la taille moyenne des exploitations biologiques était de 31,9 ha/exploitation, à comparer à une taille moyenne de 26,9 ha/exploitation (bio et non-bio). La Part de la superficie en cours de conversion dans la superficie totale consacrée à l'agriculture biologique était de 14,0%.

Au Québec, quelques agriculteurs au Québec se sont tournés vers ce type de production. Deux organismes de certification agissent officiellement au Québec, l'organisme Québec Vrai⁵ et Garantie bio/Écocert

En Suisse, le bio a connu un bel essor, en grande partie grâce aux grandes surfaces. Le label le plus connu est le "[Bourgeon Bio](#)". Leurs productions seront contrôlées uniquement par Bio.inspecta (un organisme indépendant) à partir du 1er janvier 2007. Ce label est réputé pour être un des plus strict d'Europe. Les Suisses ont dépensé en moyenne 160.-CH en 2005, ce qui fait d'eux les plus gros consommateurs mondiaux de produits biologiques. En 2006, environ 11% des exploitations agricoles sont certifiées "bio". Le marché biologique a commencé à stagner pour la première fois en 2005. On explique ce recul par un cahier des charges trop strict ou encore par les baisses de prix dans les grandes surfaces. Malgré cela, les responsables du Bourgeon sont restés optimistes lors des 25 ans de Bio Suisse le 18 août 2006 et pensent que le consommateur saura choisir entre prix et qualité.

Agriculture biologique et agriculture conventionnelle

L'opposition entre ces deux types d'agriculture n'est pas aussi radicale que cela peut apparaître à première vue. D'une part, le cahier des charges de l'agriculture biologique préconise un certain nombre de mesures de gestion qui peuvent s'appliquer en agriculture classique, par exemple la [rotation des cultures](#), ou le délai minimum d'abattage des animaux, qui s'impose aussi pour certains labels de qualité. D'autre part, l'interdiction de produits chimiques (les cahiers des charges les définissent précisément) n'est pas totale en agriculture bio, elle est plus restrictive, les pyrèthres naturels et la [roténone](#), deux insecticides naturels tirés de végétaux sont autorisés, ils ont une biodégradabilité rapide et, s'agissant des pyrèthres, sont moins nocifs qu'un grand nombre d'insecticides issus de la chimie de synthèse. L'usage de la roténone est actuellement contesté, d'abord du fait de son très large spectre, et enfin suite à la découverte du fait que son exposition chronique provoque la maladie de Parkinson chez les rats⁶, et que la banalisation de son emploi coïncide avec l'augmentation de cas de maladie de Parkinson⁷.

Les agriculteurs bio préfèrent maintenir les équilibres de la faune auxiliaire en favorisant la faune utile et les prédateurs naturels plutôt qu'éliminer indistinctement toute activité animale, même si l'usage autorisé de roténone n'est pas très sélectif.

Un exemple qui n'est plus controversé est celui de la [bouillie bordelaise](#) (à base de [sulfate de cuivre](#)) utilisée entre autre en viticulture et [arboriculture fruitière](#) (pas seulement en agriculture biologique) est autorisée alors que la toxicité du [cuivre](#) pour les milieux aquatiques et les sols va conduire à une réduction drastique de son usage, y compris en agriculture classique, déjà les effets nocifs du cuivre avaient entraîné une diminution des doses de cuivre autorisées et le recours de plus en plus fréquent à d'autres méthodes. Cette évolution constitue une contrainte forte pour la production biologique de vin qui s'appuie quasi exclusivement sur le cuivre pour contrôler *Plasmopara viticola*, agent du mildiou de la vigne.

L'agriculture bio élimine un certain nombre de risques sanitaires induits par l'usage, ou l'abus de certains [intrants](#) chimiques, mais elle introduit des facteurs de risque liés à certaines pratiques :

- l'interdiction de certains [fongicides](#) voire certains insecticides chimiques augmente le risque de présence de [mycotoxines](#) dans les aliments ;
- l'emploi de fertilisants organiques peut amener des germes [pathogènes](#) pour l'homme; c'est vrai aussi en agriculture classique ;
- l'emploi de médicaments [homéopathiques](#) doit être subordonné à une vérification de leur efficacité réelle, c'est pourquoi l'usage ne fait pas consensus parmi les agriculteurs bio.
- l'interdiction d'emploi de désherbants entraîne l'augmentation des travaux culturaux d'où une augmentation de la dépense énergétique par unité produite (en contradiction parfois avec la notion de développement durable).

L'agriculture biologique a aussi permis de maintenir ou de développer de nombreuses techniques et technologies innovantes dont la plupart se diffusent lentement dans l'agriculture productiviste et possèdent des avantages non négligeables :

- elle supprime la plupart des nuisances liées aux pesticides que ce soit pour les nappes phréatiques ou les eaux de surface, la faune et l'homme ;

- en relocalisant les productions et en recourant moins aux intrants, elle revitalise le tissu socio-économique local, crée des emplois, évite des flux de marchandises facteur d'effet de serre et diminue les infrastructures d'extraction de matières premières, infrastructures extrêmement polluantes en général ;

- elle utilise beaucoup moins de matériaux issus de la pétrochimie et donc tendrait de ce point de vue à retarder le pic pétrolier ; En revanche elle est davantage consommatrice d'énergie fossile pour la réalisation des travaux mécaniques qui remplace l'utilisation de produits chimiques.

- elle est très favorable à la biodiversité ;

- elle augmente le nombre d'actifs par unité de surface et permet de diminuer l'exode rural en améliorant la viabilité à long terme des exploitations et l'image des paysans ;

- son rôle en matière d'érosion est ambivalent, d'une part avec l'utilisation de cultures fixatrices d'azote qui occupent le sol, comme la luzerne, elle freine cette dernière, en revanche l'utilisation quasi obligatoire du labour pour lutter contre de nombreux bio-agresseurs dont les adventices, l'augmente.

- selon une étude contestée de l'écologiste David Pimentel de la Cornell University de New York¹², elle consomme 30% d'énergie en moins, moins d'eau et pas de pesticides chimiques pour des rendements équivalents.

Néanmoins, elle se diffuse très lentement dans le milieu agricole professionnel et reste marginale, malgré les aides importantes à la reconversion. Elle trouve la plupart de ses adeptes et défenseurs parmi les néo-ruraux et les mouvements écologistes des villes.

Nombreuses sont les collectivités territoriales à favoriser activement l'agriculture biologique afin de faire de grosses économies et d'améliorer la santé des populations, tel que la ville de Munich depuis 1991 pour protéger les ressources en eau, ce programme est un succès.

Le tout-biologique - L'agriculture biologique étant globalement 30 à 50% moins productive que l'agriculture conventionnelle, pourrait-elle remplacer celle-ci et nourrir la population mondiale ? En partant sur la quantité de nourriture nécessaire à un repas moyen français et en se basant sur les chiffres du ministère de l'agriculture et de l'Insee, la surface agricole française pourrait nourrir 48 millions de personnes en biologique. Mais ce chiffre n'est pas extrapolable au monde entier notamment du fait de l'intensivité de l'agriculture française.

Il semble par ailleurs que, loin de protéger l'environnement, le fait d'exiger davantage d'hectares, est un facteur d'accroissement de l'empreinte écologique. À noter de plus que le développement des biocarburants, souvent prôné également par les mouvements écologistes, entre en conflit avec l'agriculture alimentaire, et avec le maintien de la forêt, pour le partage des surfaces cultivables.

Il est répliqué par les tenants du tout-bio que si on supprime le gaspillage actuel (près de la moitié de la nourriture produite aux USA finirait à la poubelle) et qu'on accepte un régime un peu moins riche en viandes (l'alimentation du bétail requiert une surface agricole très importante, surface qui serait utilisée pour l'alimentation humaine si la demande en viande diminuait), tout en prenant en compte le fait que les pays les moins productifs pourraient bénéficier des surplus des autres, la généralisation de l'agriculture biologique serait alors largement possible.

Un tel bouleversement agricole serait, du point de vue de ses supporters, avantageux économiquement (dépense énergétique nettement moindre, secteur plus rentable, moins de dépenses liées aux traitements des pollutions, moins de dépenses pour la santé), créatrice d'emplois, saine et écologique. Cela supposerait des méthodes dérivées du maraîchage (micro-agriculture biointensive par exemple).

¹² http://fr.wikipedia.org/wiki/Cornell_University

Reste l'inconnue du devenir du rendement en bio dans un cadre où il ne devrait plus supporter l'impact des traitements phytosanitaires de l'agriculture conventionnelle (faune auxiliaire plus abondante, arrêt du développement des phénomènes de résistance des insectes nuisibles...) mais il est aussi envisageable que cet arrêt puisse apporter des effets négatifs¹³.

Les seules personnes qui pensent que l'agriculture biologique peut nourrir le monde sont des hippies à l'imagination délirante, des mères hystériques et des agriculteurs biologiques arrogants. Vrai ?

En réalité, non. Un bon nombre de dirigeants de l'industrie agricole, de scientifiques spécialisés dans l'environnement et dans l'agriculture et d'experts agricoles internationaux pensent qu'une transition à grande échelle vers l'agriculture biologique permettrait non seulement d'*augmenter* l'approvisionnement alimentaire mondial mais serait peut-être même la seule manière d'éradiquer la famine.

Cela peut paraître surprenant. Après tout, les agriculteurs biologiques rejettent les pesticides, les engrais synthétiques et les autres outils devenus synonymes d'agriculture à haut rendement. Au lieu de cela, ils dépendent de l'élevage pour avoir du fumier et doivent faire pousser des haricots, du trèfle ou d'autres légumes fixateurs d'azote et fabriquer du compost ou d'autres formes d'engrais qui ne peuvent être produits dans des usines chimiques mais qui doivent être cultivés - et qui consomment donc de la terre, de l'eau et d'autres ressources. (La production d'engrais chimiques nécessite elle des quantités importantes de pétrole.) Dans la mesure où les agriculteurs biologiques s'interdisent l'utilisation de pesticides synthétiques, on peut penser que leurs cultures sont dévorées par des hordes d'insectes, leurs fruits frappés par la pourriture brune des cabosses et leurs plantes étouffées par les mauvaises herbes. De plus, comme l'agriculture biologique nécessite une rotation des cultures pour aider à contrôler les parasites, on ne peut cultiver aussi souvent dans le même champ du blé du maïs ou tout autre produit.



Un fermier récolte du riz jasmin biologique en Thaïlande.
Crédit photo : Joerg Boething/Peter Arnold, Inc.

En conséquence, nous dit-on, dans un monde dépendant de l'agriculture biologique, on devra cultiver plus de terres qu'aujourd'hui - même si cela signifie moins de pollution, moins d'animaux de ferme maltraités et moins de résidus cancérogènes dans nos légumes. « *Nous n'allons pas nourrir 6 milliards d'êtres humains avec des engrais biologiques* » a déclaré Norman Borlaug, phytogénéticien et prix Nobel, lors d'une conférence en 2002. « *Si nous essayons de le faire, nous abattons la majorité de nos forêts et beaucoup de ces terres ne seront productives que sur une courte période.* » Le chimiste de Cambridge John Emsley le dit de manière plus abrupte : « *La plus grande catastrophe à laquelle la race humaine pourrait faire face durant ce siècle n'est pas le réchauffement planétaire mais une conversion planétaire à 'l'agriculture biologique' - environ 2 milliards de personnes en mourraient.* »

¹³ *L'agriculture biologique peut-elle nous nourrir tous ?* Brian Halweil, traduit de World Watch. <http://www.delaplanete.org/IMG/pdf/bio.pdf>

Ces dernières années, l'agriculture biologique a attiré une plus grande attention, pas seulement de la part des critiques qui craignent que son adoption à grande échelle ne conduise des milliards de personnes à la famine, mais aussi de la part des agriculteurs et des agences de développement qui pensent qu'une telle transition pourrait être *bénéfique* pour les populations affamées. Malheureusement, à ce jour, personne n'avait cherché à établir, par une analyse systématique, si une transition généralisée vers l'agriculture biologique se heurterait au manque de nutriments et à une production insuffisante. Les résultats sont saisissants.

Agriculture biologique : haute technologie, faibles impacts

De nombreuses études menées de par le monde montrent en réalité que les fermes biologiques peuvent produire autant, et dans certains cas beaucoup plus que les fermes conventionnelles. Quand il y a des différences de rendement, elles ont tendance à être plus importantes dans les pays industrialisés, où les agriculteurs utilisent de grandes quantités d'engrais synthétiques et de pesticides dans leurs incessantes tentatives d'augmenter la production. Il est vrai que les agriculteurs qui se dirigent vers une production biologique ont souvent un rendement moins élevé les premières années, le temps que le sol et la biodiversité alentour récupèrent après des années d'assauts chimiques. Plusieurs saisons peuvent être également nécessaires pour qu'un agriculteur affine cette nouvelle approche.

Le vieil argument selon lequel le rendement de l'agriculture biologique représente un tiers ou la moitié du rendement de l'agriculture traditionnelle est basé sur des hypothèses biaisées et un manque d'information. Par exemple, la statistique souvent citée selon laquelle une transition vers l'agriculture biologique aux Etats-Unis ne permettrait de produire qu'un quart de la nourriture produite actuellement est basée sur une étude du Département américain de l'agriculture montrant que tout le fumier des Etats-Unis ne pourrait couvrir qu'un quart des besoins en engrais du pays - même si l'agriculture biologique ne dépend pas que du fumier.

Ces arguments sont contredits par des recherches poussées. Par exemple, une étude récente menée par des scientifiques de l'Institut de recherche pour l'agriculture biologique en Suisse a montré que les fermes biologiques avaient un rendement inférieur de seulement 20% aux fermes conventionnelles sur une période de 21 ans. En passant en revue plus de 200 études menées aux Etats-Unis et en Europe, Per Pinstrup Andersen (professeur à Cornell et gagnant du *World Food Prize*) et ses collègues sont arrivés à la conclusion que le rendement de l'agriculture biologique arrive environ à 80% du rendement de l'agriculture conventionnelle. Beaucoup d'études montrent une différence encore moins marquée. Analysant les informations de 154 saisons de croissance sur diverses cultures, arrosées par la pluie ou irriguées, Bill Liebhardt, scientifique agricole de l'Université de Californie à Davis, a découvert que la production de maïs biologique atteignait 94% de celle de la production conventionnelle, celle de blé biologique 97% et celle de soja biologique 94%. La production de tomate biologique quant à elle égalait la production conventionnelle.

Plus important encore, dans les pays les plus pauvres où se concentrent les problèmes de famine, la différence de rendement disparaît complètement. Les chercheurs de l'Université d'Essex Jules Pretty et Rachel Hine ont étudié plus de 200 projets agricoles dans les pays en voie de développement et ont découvert que pour l'ensemble de ces projets - ce qui inclut 9 millions de fermes sur près de 30 millions d'hectares - le rendement augmentait en moyenne de 93%. Une étude sur sept ans portant sur 1000 fermiers cultivant 3.200 hectares dans le district de Maikaal, dans le centre de l'Inde, établit que la production moyenne de coton, de blé et de piment était jusqu'à 20% plus élevée dans les fermes biologiques que dans les fermes conventionnelles de la région. Les agriculteurs et les scientifiques agricoles attribuent les rendements plus hauts dans cette région sèche aux cultures de couverture, au compost, au fumier et à d'autres pratiques qui augmentent la matière organique (qui aide à retenir l'eau) dans les sols. Une étude menée au Kenya a démontré que si la production de maïs biologique était moins élevée que la production conventionnelle dans les « zones à fort potentiel » (avec des précipitations au-dessus de la moyenne et une meilleure qualité de sol), dans les régions plus pauvres en ressources, en revanche, la production des agriculteurs biologiques dépassait systématiquement celle des agriculteurs conventionnels. (Dans les deux régions, les agriculteurs biologiques obtiennent des bénéfices nets, un revenu du capital et une rémunération du travail plus élevés).

Contrairement aux critiques qui affirment qu'il s'agit d'un retour à l'agriculture de nos grands-parents ou que la majeure partie de l'agriculture africaine est déjà biologique, que cela ne peut pas fonctionner, l'agriculture biologique est une combinaison sophistiquée de sagesse ancienne et d'innovations écologiques modernes qui permettent d'aider à maîtriser les effets générateurs de rendement des cycles nutritifs, les insectes bénéfiques et la synergie des cultures. Elle dépend énormément de la technologie - et pas seulement de la technologie issue des usines chimiques.

Des fermes à haut contenu énergétique

Nous pourrions donc nous passer des usines chimiques ? Inspiré par une mission de terrain dans la ferme biologique d'un agriculteur de la région qui affirmait avoir récolté la quantité incroyable de 26 tonnes de légumes sur six dixièmes d'hectares dans une période végétative relativement courte, une équipe de scientifiques de l'université du Michigan a essayé d'estimer la quantité de nourriture qui pourrait être récoltée après une transition mondiale vers l'agriculture biologique. L'équipe a passé au peigne fin toutes les études comparant le rendement des fermes biologiques et celui des fermes conventionnelles. En se basant sur 293 exemples, elle a établi un ensemble de données globales sur le taux de rendement des cultures mondiales les plus importantes dans les pays développés et les pays en voie de développement. Comme prévu, le rendement de l'agriculture biologique s'est révélé inférieur à celui de l'agriculture conventionnelle pour la majorité des catégories de cultures dans les pays riches, alors que les études menées dans les pays en voie de développement ont montré que l'agriculture biologique améliorerait le rendement. Les scientifiques ont ensuite lancé deux modèles. Le premier conservateur, dans le sens où il appliquait le taux de rendement des pays développés à la planète entière, autrement dit, selon ce modèle, toutes les fermes, où qu'elles soient, obtiendrait uniquement les rendements les plus faibles des pays développés. Le second appliquait le taux de rendement des pays développés aux pays riches et leur propre taux de rendement aux pays en voie de développement.



Des agriculteurs chargent leur récolte biologique, Indian Line Farm, Massachusetts, USA. Crédit photo : © Clemens Kalischer

« *Nous avons tous été surpris par les résultats,* » a expliqué Catherine Badgley, paléoécologiste du Michigan qui a co-dirigé les recherches. Le premier modèle donnait un rendement de 2641 kilocalories (« calories ») par personne et par jour, juste en dessous de la production mondiale annuelle de 2786 calories mais sensiblement au-dessus des besoins caloriques moyens d'une personne en bonne santé, compris entre 2200 et 2500. Le second modèle donnait un rendement de 4831 calories par personne par jour, 75% de plus que la production actuelle - une quantité qui pourrait théoriquement faire vivre une population humaine beaucoup plus grande que celle soutenue actuellement par les terres cultivées.

L'intérêt de l'équipe pour ce sujet a été en partie motivé par l'inquiétude créée par une transition à grande échelle vers l'agriculture biologique qui nécessiterait le défrichement de davantage de zones sauvages afin de

compenser les rendements moins élevés - un problème certain pour des scientifiques comme **Badgley** qui étudie la biodiversité présente et passée. Le seul problème de cet argument, affirme-t-elle, est que la majeure partie de la biodiversité mondiale se trouve à proximité des terres cultivées et que cela ne changera pas de sitôt. « Si nous essayons simplement de maintenir des îlots de biodiversité dans le monde, nous en perdrons la plus grande partie » explique-t-elle. « Il est très important de créer des zones favorables à la biodiversité entre ces îles. Si ces zones sont des champs gorgés de pesticides, ce sera une catastrophe pour la biodiversité, particulièrement sous les tropiques. La biodiversité mondiale bénéficierait d'un changement d'agriculture à grande échelle. »

Assez d'azote ?

En plus d'étudier le rendement, les scientifiques de l'**Université du Michigan** se sont également intéressés à l'hypothèse répandue selon laquelle il n'y aurait pas suffisamment de sources d'azote non synthétique - compost, fumier et débris végétaux - disponibles dans le monde pour soutenir une agriculture biologique à grande échelle. Par exemple, dans son livre *Enriching the Earth : Fritz Haber, Carl Bosh, and the Transformation of World Food Production*, Vaclav Smil affirme qu'environ deux tiers de la production alimentaire mondiale dépendent du procédé Haber-Bosch, une technique développée au début du 20^{ème} siècle pour synthétiser des engrais ammoniaqués à partir de combustibles fossiles. (Smil admet avoir largement ignoré la contribution des plantes fixatrices d'azote et être parti du principe que certaines d'entre elles, comme le soja, étaient des consommatrices net d'azote, même s'il fait remarquer lui-même que la moitié en moyenne des engrais appliqués dans le monde se perd et ne profite pas aux plantes.) La plupart des gens qui ne croient pas que l'agriculture biologique puisse nourrir le monde se focalisent sur la quantité de fumier - et donc proportionnellement de pâturage et de têtes de bétails - nécessaire pour produire de l'engrais pour toutes les fermes biologiques de la planète. « Le problème de l'azote est différent selon les régions », affirme Don Lotter, un consultant agricole qui a beaucoup écrit à propos de l'agriculture biologique et de ses besoins en nutriments. « Mais on trouve beaucoup plus d'azote sous forme d'engrais vert que sous forme d'engrais animal. »

En analysant 77 études menées dans les zones tempérées et sous les tropiques, l'équipe du Michigan a conclu qu'une utilisation plus grande des plantes fixatrices d'azote dans les principales régions agricoles pourrait permettre d'obtenir 58 millions de tonnes d'azote de plus que la quantité d'azote synthétique actuellement utilisée chaque année. Des recherches menées à l'**Institut Rodale** en Pennsylvanie ont montré que le trèfle violet, utilisé comme couvre-sol d'hiver dans une rotation avoine/blé - maïs - soja, sans ajouts d'engrais, permettait d'obtenir un rendement comparable à celui des champs cultivés de manière conventionnelle. Même dans les régions tropicales arides et semi-arides comme en Afrique de l'Est, où les disponibilités en eau sont limitées entre les périodes de culture, on peut utiliser pour fixer l'azote des engrais verts résistants à la sécheresse tels que les pois cajan ou le voandzou. Dans l'Etat de Washington, des cultivateurs de blé biologique ont rivalisé avec la production de leurs voisins non biologiques en utilisant la même rotation de pois fourragers pour obtenir de l'azote. Au Kenya, l'utilisation de légumineuses a permis à des fermiers de doubler ou de tripler leur production de maïs tout en éliminant certaines mauvaises herbes tenaces et en générant plus de fourrage pour les animaux.

Les résultats de l'étude menée par les scientifiques du Michigan permettent de penser qu'il ne sera pas nécessaire de défricher plus de terres pour obtenir suffisamment d'azote de manière naturelle et cela sans même avoir recours aux cultures intercalaires (plusieurs plantes cultivées en même temps dans le même champ), à la rotation entre bétail et cultures annuelles et l'inoculation dans le sol d'azotobacter, d'*Azospirillum* et d'autres bactéries libres fixatrices d'azote.

L'équipe de **Badgley** s'est efforcée d'émettre des hypothèses aussi conservatrices que possible : la majorité des études utilisées ne prenait en compte le rendement que d'une seule récolte, même si de nombreuses fermes biologiques font pousser plus d'une culture à la fois dans un même champ, produisant plus de nourriture au total même si le rendement d'une culture, pris séparément, peut être moins élevé. Les sceptiques peuvent douter des conclusions de l'équipe - en tant qu'écologistes, ils sont probablement favorables à l'agriculture biologique - mais une deuxième étude récente sur le potentiel d'une transition mondiale vers l'agriculture biologique, menée par Niels Halberg, de l'Institut danois de sciences agricoles, est arrivée à des conclusions très semblables, bien que ses auteurs soient des économistes, des agronomes et des experts en développement international.

Comme l'équipe du Michigan, le groupe de Halberg a émis une hypothèse à propos des différences de rendement de l'agriculture biologique pour un certain nombre de cultures puis appliqué à celles-ci un modèle développé par l'Institut international de recherche sur les politiques alimentaires de la Banque Mondiale (IFPRI). Ce modèle est considéré comme l'algorithme le plus abouti pour prévoir la production alimentaire, le revenu des

fermes et le nombre de personnes qui souffriront de la faim à travers le monde. Etant donné l'intérêt croissant des consommateurs, des gouvernements et des scientifiques agricoles pour l'agriculture biologique, les chercheurs ont voulu évaluer si une conversion à grande échelle à l'agriculture biologique en Europe et en Amérique du Nord (les deux régions exportatrices de nourriture les plus importantes dans le monde) ferait diminuer la production, augmenter les prix alimentaires mondiaux ou empirer les problèmes de famine dans les pays les plus pauvres dépendant des importations, particulièrement pour les gens vivant dans les mégapoles en pleine expansion du tiers-monde. Même si le groupe est arrivé à la conclusion que la production de nourriture déclinerait en Europe et en Amérique du Nord, ce modèle ne semblait pas avoir d'impact important sur les prix au niveau mondial. Comme il parlait du principe, à l'instar de l'étude menée par les chercheurs du Michigan, que l'agriculture biologique augmenterait la production en Afrique, en Asie et en Amérique Latine, dans le scénario le plus optimiste, même l'Afrique Subsaharienne, actuellement affamée, pouvait exporter un surplus alimentaire.

« L'agriculture biologique moderne non certifiée est une approche potentiellement durable du développement agricole dans les zones qui ont un faible rendement à cause d'un accès restreint aux intrants ou d'un mauvais potentiel, elle implique moins de risques économiques qu'une agriculture basée sur l'achat d'intrants et peut augmenter le niveau de résilience face aux fluctuations climatiques », a conclu l'équipe d'Halberg. En d'autres termes, les études de terrain montrent que l'augmentation de la production due au passage à l'agriculture biologique est plus importante et consistante justement dans les régions pauvres, isolées et frappées par la sécheresse, où les problèmes de famine sont les plus graves. « L'agriculture biologique pourrait grandement contribuer à améliorer la sécurité alimentaire en Afrique Subsaharienne » affirme Halberg.

Il y a cependant d'autres problèmes à surmonter. « Beaucoup de recherches s'efforcent de mettre fin aux préjugés » explique Halberg - comme l'idée selon laquelle l'agriculture biologique serait un luxe que les pays les plus pauvres ne peuvent pas s'offrir. « Je voudrais détruire cette idée une fois pour toute. Les deux parties sont simplement trop éloignées l'un de l'autre et ils ignorent les réalités du système alimentaire mondial. » Même si une transition vers l'agriculture biologique peut augmenter la production dans les pays africains et asiatiques les plus affamés, selon ce modèle, presque un milliard d'individus souffrira encore de la faim dans la mesure où tous les excédents seront simplement exportés vers les régions qui auront les moyens de les payer.

Agriculture biologique - Mauvaise question ?

Ces conclusions sur le rendement ne sont pas une surprise pour beaucoup d'agriculteurs biologiques. Ils ont vu de leurs propres yeux et senti de leurs propres mains à quel point ils pouvaient être productifs. Pourtant, certains partisans de l'agriculture biologique évitent même de se demander s'ils peuvent nourrir le monde, simplement parce qu'ils ne pensent pas que ce soit la question la plus utile. Il y a de bonnes raisons de croire qu'une transition vers l'agriculture biologique ne sera pas aussi simple que d'entrer des taux de rendement sur une feuille de calcul.

Pour commencer, l'agriculture biologique n'est pas aussi facile que celle qui fait appel aux produits chimiques. Au lieu de choisir un pesticide pour prévenir l'invasion d'un parasite, par exemple, un agriculteur biologique peut envisager de changer la rotation de ses cultures, de cultiver une plante qui éloignera les nuisibles ou attirera ses prédateurs - des décisions qui demandent une certaine expérience et une planification à long terme. De plus, l'étude de l'IFPRI laisse entendre qu'une conversion à grande échelle à l'agriculture biologique pourrait nécessiter que la majorité de la production laitière et bovine « soit mieux intégrée à la rotation des céréales et aux autres cultures commerciales » pour optimiser l'utilisation du fumier. Réintroduire des vaches sur une ou deux exploitations pour fertiliser le sol peut sembler facile, mais le faire à grande échelle serait un vrai défi - et il est plus rapide de déverser de l'ammoniaque sur les sols épuisés.



Récolte de bananes biologiques près du lac Volta au Ghana. Crédit photo : Ron Giling/Peter Arnold, Inc.

Une fois encore il ne s'agit que d'hypothèses dans la mesure où une transition mondiale vers l'agriculture biologique pourrait prendre des décennies. Les agriculteurs sont des gens travailleurs et ingénieux et ils font généralement face à tous les problèmes qui peuvent se présenter. Si l'on élimine les engrais azotés, de nombreux agriculteurs feront probablement paître des vaches dans leurs champs pour compenser. Si l'on supprime les fongicides, ils chercheront des variétés de plantes résistantes aux moisissures. A mesure que de plus en plus d'agriculteurs vont se mettre à cultiver de manière biologique, ils amélioreront leurs techniques. Les centres de recherches agricoles, les universités et les ministères de l'agriculture vont commencer à investir dans ce secteur - alors que, en partie parce qu'ils partent du principe que les agriculteurs biologiques ne joueront jamais un rôle important dans l'approvisionnement alimentaire mondial, ils la négligent actuellement.

Les problèmes liés à l'adoption des techniques biologiques ne semblent donc pas insurmontables. Mais ces problèmes ne méritent peut-être pas toute notre attention ; même si une conversion massive sur, disons, les deux prochaines décennies, augmente de manière importante la production alimentaire, il y a peu d'espoir que cela éradique la faim dans le monde. Le système alimentaire mondial peut être une créature complexe et imprévisible. Il est difficile d'anticiper comment l'expansion de la Chine en tant qu'importateur majeur de soja destiné à l'élevage pourrait, par exemple, affecter l'approvisionnement alimentaire ailleurs. (Cela provoquerait vraisemblablement une augmentation des prix alimentaires.) Ou comment la suppression des subventions agricoles dans les pays riches pourrait affecter les pays pauvres. (Cela augmenterait probablement leurs revenus agricoles et réduirait la faim dans le monde.) Est-ce qu'une consommation de viande moins importante dans le monde permettrait de produire plus de nourriture pour ceux qui ont faim ? (Certainement, mais est-ce qu'ils pourraient se payer cette nourriture ?) En d'autres termes, « l'agriculture biologique peut-elle nourrir la planète ? » n'est probablement pas la bonne question dans la mesure où nourrir la planète dépend plus de la politique et de l'économie que de n'importe quelle innovation technique.

« *L'agriculture biologique peut-elle nourrir la planète, est en effet une fausse question* » explique Gene Kahn, agriculteur biologique de longue date qui a fondé l'entreprise d'aliments biologiques Cascadian Farms et qui est maintenant vice-président du développement durable pour General Mills. « *La vraie question est : pouvons-nous nourrir la planète ? Point. Pouvons-nous remédier aux disparités en matière de nutrition ?* » Kahn fait remarquer que la faible différence aujourd'hui entre le rendement de l'agriculture biologique et celui de l'agriculture conventionnelle ne serait pas un problème si les excédents alimentaires étaient redistribués.

L'agriculture biologique a cependant d'autres avantages qui sont trop nombreux pour être tous cités. Des études ont montré, par exemple, que les coûts « externes » de l'agriculture biologique - l'érosion, la pollution chimique de l'eau potable et la mort d'oiseaux et d'autres formes de vie sauvage - représentaient seulement un tiers de ceux de l'agriculture conventionnelle. Des enquêtes menées sur tous les continents montrent que les fermes biologiques abritent beaucoup plus d'espèces d'oiseaux, de plantes sauvages, d'insectes et d'autres espèces sauvages que les exploitations conventionnelles. Des tests menés par plusieurs gouvernements ont révélé que les aliments biologiques ne contenaient qu'une minuscule fraction des résidus de pesticides que l'on trouve dans les autres aliments et ne contenaient pas d'hormones de croissances, d'antibiotiques et autres additifs présents dans

de nombreux aliments conventionnels. Il existe même des preuves que les aliments biologiques ont des niveaux considérablement plus élevés d'anti-oxydants bénéfiques pour la santé.

Il y a également des avantages sociaux. Parce qu'elle ne dépend pas d'intrants coûteux, l'agriculture biologique pourrait aider à faire pencher la balance en faveur des petits fermiers dans les pays frappés par la famine. Un rapport de 2002 de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture notait que « les systèmes biologiques peuvent permettre de doubler ou de tripler la productivité des systèmes traditionnels » dans les pays en voie de développement, mais indiquait que la comparaison à propos du rendement donnait une « image limitée, étroite et souvent trompeuse » dans la mesure où les fermiers de ces pays adoptent souvent les techniques d'agriculture biologique pour économiser de l'eau et de l'argent et réduire la variabilité du rendement dans des conditions extrêmes. Une étude plus récente du Fonds international de développement agricole a trouvé qu'à cause de son besoin en main-d'œuvre plus élevé, « l'agriculture biologique pouvait se révéler particulièrement efficace pour redistribuer les ressources dans les régions où la main-d'œuvre est sous-employée. Cela peut aider à contribuer à la stabilité rurale. »

Agriculture biologique - Nourriture contre carburant

Parfois, lorsque les humains essaient de résoudre un problème, ils finissent par en créer un autre. L'approvisionnement alimentaire mondial est déjà soumis à une pression importante : plus de 800 millions de personnes souffrent de la faim chaque jour, la population mondiale continue d'augmenter et un nombre croissant de gens dans les pays en voie de développement adoptent un régime plus occidental, plus riche en viande, qui nécessite plus de grain et d'eau par calorie que leurs régimes traditionnels. Une nouvelle source de tension potentielle se fait aujourd'hui sentir : les inquiétudes à propos des changements climatiques poussent de plus en plus de nations à s'intéresser à la conversion des cultures en biocarburants comme alternative aux combustibles fossiles. Cette transition peut-elle soustraire des terres à la production alimentaire et aggraver encore davantage le problème de la faim dans le monde ?

► Pour plusieurs raisons, certains analystes affirment que non, ou du moins pas dans un futur proche. Premièrement, ils soulignent que presque 40% de la production céréalière mondiale sert à nourrir le bétail, pas les humains, et que les prix mondiaux des céréales et des graines oléagineuses n'affectent pas toujours les prix de la nourriture pour les populations affamées, qui ne participent de toute façon généralement pas aux marchés officiels.

► Deuxièmement, du moins jusqu'à aujourd'hui, la famine a eu pour causes principales des revenus et une distribution inadéquate plutôt qu'une pénurie absolue de nourriture. De ce point de vue, une économie basée sur les biocarburants pourrait en réalité aider à réduire la pauvreté, et donc la faim. Selon un rapport récent de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, une utilisation accrue des biocarburants pourrait permettre de diversifier les activités agricoles et forestières, d'attirer les investissements vers de nouvelles petites et moyennes entreprises et de les accroître dans la production agricole, augmentant ainsi les revenus des plus pauvres.

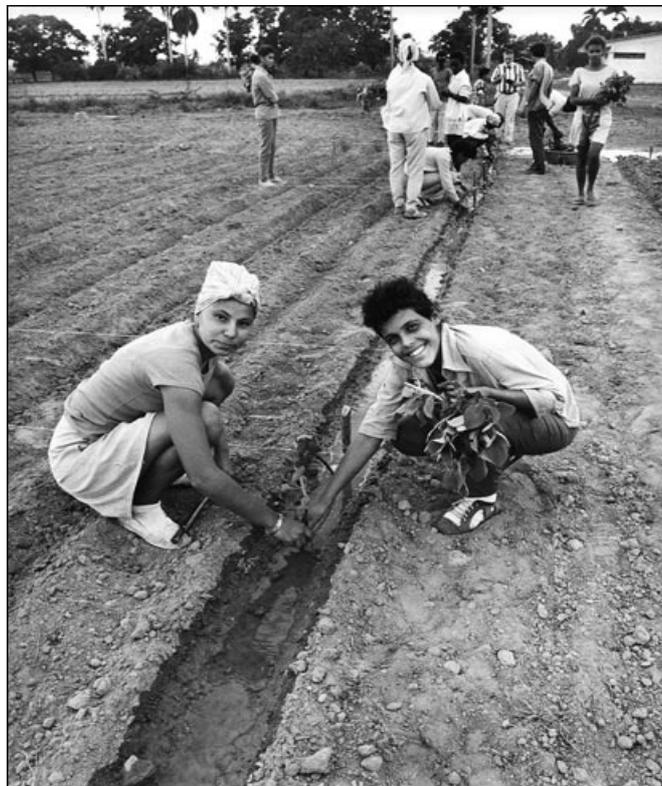
► Troisièmement, dans l'avenir, les raffineries de biocarburants dépendront moins des cultures vivrières, et plus des déchets et des résidus organiques. Si l'on produit des biocarburants à partir de tiges de maïs, d'écorces de riz, de sciure de bois ou de papier usagé, il est peu probable que la production alimentaire en soit directement affectée. On peut également utiliser les herbes résistantes à la sécheresse, les arbres à croissance rapide et d'autres cultures énergétiques qui peuvent pousser sur des terres marginales inappropriées pour cultiver de la nourriture.

► Néanmoins, avec une demande grandissante à la fois en nourriture et en carburant, le potentiel à long terme des biocarburants pourrait être limité par la priorité donnée à la production vivrière si l'on ne parvient pas à harmoniser les systèmes bioénergétiques et les systèmes alimentaires. Les évaluations les plus optimistes du potentiel à long terme des biocarburants présument que la production agricole continuera d'augmenter et que la population mondiale et la consommation de nourriture vont se stabiliser. Mais les hypothèses à propos de la population peuvent être fausses. Quant à la production, biologique ou autre, elle pourrait ne pas augmenter suffisamment si l'agriculture est menacée dans l'avenir par le déclin des nappes phréatiques ou une mauvaise gestion des sols.

Agriculture biologique - La terre du milieu

On obtiendrait ces avantages même sans une conversion complète à une sorte d'utopie biologique. En fait, certains experts pensent qu'il serait plus prometteur et raisonnable d'adopter une position intermédiaire, où de plus en plus d'agriculteurs choisiraient les principes de l'agriculture biologique même s'ils n'en suivraient religieusement pas l'approche.

Dans ce scénario, les fermiers pauvres et l'environnement y gagneraient. « *L'agriculture biologique ne fera pas l'affaire* » affirme Roland Bunch, un agent de vulgarisation agricole qui a travaillé pendant des dizaines d'années en Afrique et en Amérique et travaille maintenant avec COSECHA (*Association of Consultants for a Sustainable, Ecological and People-Centered Agriculture* ; L'association des consultants pour une agriculture soutenable, écologique et centrées sur les populations) au Honduras. Bunch sait par expérience que l'agriculture biologique peut permettre aux fermiers pauvres de produire davantage que l'agriculture conventionnelle. Mais il sait également que ces fermiers ne peuvent pas obtenir les prix forts payés ailleurs pour les produits biologiques et qu'ils sont souvent incapables, et peu désireux, d'assumer certains des coûts et des risques liés à un passage complet à l'agriculture biologique.



Les lycéens cubains doivent étudier les techniques d'agriculture biologique et travailler dans les champs. Crédit photo : © Clemens Kalischer

Bunch préconise plutôt une « *voie du milieu* » une éco-agriculture ou agriculture à faible niveau d'intrants qui utilise de nombreux principes de l'agriculture biologique et ne dépend des produits chimiques que pour une petite fraction. « *Ces systèmes peuvent permettre aux petits cultivateurs de produire immédiatement deux ou trois fois ce qu'ils produisent actuellement* » explique Bunch. « *De plus, c'est intéressant pour les petits producteurs car le prix par unité produite est moins élevé.* » En plus des gains immédiats au niveau de la production alimentaire, Bunch laisse entendre que les avantages environnementaux de cette voie du milieu seraient beaucoup plus grands qu'un passage total à l'agriculture biologique car « cinq à dix fois plus de petits cultivateurs l'adopteraient par unité de sol et par investissement consacré à la formation. Ils n'enlèvent pas la nourriture de la bouche de leurs enfants. Si cinq cultivateurs réduisent de moitié leur utilisation de produits chimiques, les effets bénéfiques sur l'environnement seront deux fois et demi plus grands que si un cultivateur passe complètement à l'agriculture biologique. »

Les agriculteurs qui se concentrent sur l'amélioration des sols, l'augmentation de la biodiversité ou qui incluent du bétail dans la rotation de leurs cultures n'excluent pas l'utilisation future de culture biotechnologiques, d'azote de synthèse ou d'autres innovations pouvant augmenter la production, en particulier dans les régions où les sols sont épuisés. « Au final, si nous faisons bien les choses, nous pourrions augmenter de manière importante la part du biologique dans les systèmes conventionnels » explique Don Lotter, consultant agricole. Comme Bunch, Lotter fait remarquer qu'en termes d'avantages économiques, environnementaux et de rendements, une telle approche « intégrée » dépasse souvent à la fois les approches strictement biologiques et celles utilisant les produits chimiques de manière intensive. Pourtant, Lotter n'est pas certain de l'occurrence prochaine d'une telle évolution dans la mesure où l'agriculture mondiale n'est pas vraiment orientée vers le biologique - ce qui pourrait être le vrai problème pour les populations pauvres et affamées. « Il y a des régions immenses en Afrique Subsaharienne et en Amérique du Sud où la révolution verte n'a eu aucun impact et n'en aura probablement pas sur la prochaine génération de cultivateurs » explique Niels Halberg, le scientifique Danois qui a dirigé l'étude du IFPRI. « Il semble que les mesures agro-écologiques dans certaines de ces régions ont un impact bénéfique sur le rendement et la sécurité alimentaire. Alors pourquoi n'en pas les essayer sérieusement ? »

* **Brian Halweil** est chercheur à l'Institut Worldwatch et l'auteur de *Eat Here : Reclaiming Homegrown Pleasures in a Global Supermarket*. Source : www.delaplanete.org/L-agriculture-biologique-....

Agriculture conventionnelle : l'agriculture conventionnelle n'est pas qu'un ensemble de pratiques agricoles marquées par la technique et «le chimique»; elle se présente plutôt comme un système de production agricole, de technologie, d'institutions et de politiques agricoles mises en place progressivement à l'issue de la Seconde Guerre mondiale. Sur le plan technique, la caractéristique générale de cette forme d'agriculture est qu'elle s'appuie sur le contrôle des processus biologiques: le sol n'est plus vivant, c'est un support inerte que l'on peut contrôler. C'est aussi l'ère de la mécanisation intensive des opérations agricoles et du contrôle biochimique de la croissance des plantes et des animaux (herbicides, fongicides, insecticides, antibiotiques, fertilisants, hormones de croissance, etc...).

Par exemple, avec le recours à la fertilisation chimique, il n'est plus nécessaire de recourir au lisier pour assurer la fertilité du sol, ni de pratiquer de manière aussi systématique la rotation des cultures. Dans un contexte où la fertilisation chimique et la motorisation permettent de se dispenser de l'association obligatoire entre culture et élevage, on assiste alors au déclin du système traditionnel de polyculture avec élevage, lequel se trouve graduellement remplacé par des exploitations de plus en plus spécialisées¹⁴.

Pour J.R. Murua et A. Laajimi ¹⁵ : « Depuis sa genèse, l'agriculture conventionnelle est marquée par son caractère productiviste, du fait qu'on exige d'elle un accroissement considérable de la à travers l'utilisation croissante d'inputs (aliments composés, croisement de productivité, en terme de produit par unité de terre utilisée ou unité de travail employée. Ceci fait que l'activité agricole est immergée dans un processus d'intensification variétés sélectionnées, fertilisants, pesticides, etc.), une spécialisation et homogénéisation également croissantes (effondrant la variété génétique)2, comme étant aussi un élément co-adjuvant à l'accroissement de la productivité. Cela a été techniquement possible grâce à la recherche qui a été orientée au service de ce dernier objectif, l'augmentation de la productivité. En plus, l'agriculture en tant qu'activité économique a été sujette à la pression d'un certain type de maximisation et par conséquent motivée à élever la productivité. Avec le passage du temps et la pratique prolongée de ce modèle d'agriculture les limitations commencent à se révéler dans le sens qu'elles commençaient à manifester des effets de dégradation produits dans l'environnement physique comme on se réfère à l'activité de production animale et végétale. Durant ce siècle, le nombre de plantes utilisées pour l'alimentation humaine dans le monde a été réduit de milliers à plus d'une centaine (Cary et Mooney, 1990). Comme conséquence des pratiques excessivement intensives et de mauvaise gestion des ressources (salinisation, érosion, contamination des eaux, surpâturage, désertification, etc.).

L'irrigation aussi bien que les fertilisants constituent les processus les plus efficaces pour l'obtention d'accroissements rapides de la productivité agricole. Cependant, il y a des évidences qui indiquent que des systèmes inadéquats d'irrigation conduisant à la salinisation des sols. Une planification inadéquate des drainages et exploitation excessive des nappes aquifères souterraines ont des effets hautement négatifs (épuisement ou filtration des eaux de mer dans les zones côtières au point que les sols peuvent devenir irrécupérables pour la culture. En plus, étant donné qu'il s'agit d'une ressource chaque fois plus rare, dans

¹⁴ Source : agora.qc.ca/encyclopedie2/textes/fournier.html

¹⁵ extrait de l'étude du CIHEAM - Options Méditerranéennes intitulé "Transition de l'agriculture conventionnelle vers l'agriculture durable : quelques réflexions" - Caractérisation et limitations de l'agriculture conventionnelle

plusieurs cas l'eau utilisée n'est pas exploitée efficacement par les cultures, avec la circonstance aggravante qui fait que l'eau utilisée dans des processus d'irrigation n'est pas directement recyclable.

L'utilisation intensive des fertilisants chimiques provoque à long terme la perte de matière organique dans les sols, rendant difficile la rétention de l'humidité. En plus, face à l'existence de limites biologiques, une fois que le niveau de saturation est atteint, les accroissements additionnels de produits agrochimiques ne se traduisent pas par des accroissements notables de rendements, mais une augmentation de coûts par unité de production à partir du moment où on se situe dans la zone où il n'y a pas de gains de productivité ou apparaissent des rendements décroissants (plateau).

L'usage intensif de produits agrochimiques (pesticides, herbicides, etc.) contribue à augmenter la productivité, mais à un risque de créer des problèmes à l'égard de l'environnement voire même de la santé humaine. Cependant, l'application continue de ces produits aboutit à la réduction de leur efficacité avec l'apparition de phénomènes de résistance et d'accoutumance.

L'agriculture californienne, à titre d'exemple, compte 17 des 25 principales maladies fongiques comme résistantes aux traitements communs (Jiménez Herrero, 1989). L'usage abusif des pesticides non seulement combat les ennemis des cultures mais aussi les insectes qui peuvent être utiles et bénéfiques en agriculture pouvant conduire aussi à des problèmes graves de contamination des eaux et des sols.

Ce modèle d'agriculture a été développé par les pays industrialisés et progressivement transplanté dans les pays moins industrialisés comme étant un moyen efficace pour répondre à une demande des aliments insatisfaite. Quant au degré d'introduction de ce modèle d'agriculture dans ces pays, il apparaît qu'il n'est pas accentué du fait d'une assimilation et application plus lentes et tardives du modèle, aboutissant à la coexistence des deux modèles traditionnel et conventionnel, ou bien à une agriculture de transition.

Cependant, vu que les introducteurs et les chargés du développement de ce modèle sont les propres industries des inputs agricoles, il est facile de penser qu'ils seront intéressés par une application intensive de cette technologie comme étant un moyen d'augmenter la demande de ces produits. En plus, tenant compte que le degré d'assimilation de cette technologie pourrait être plus bas dans ces pays, l'industrie productrice des inputs pourrait facilement manipuler ce désir logique d'augmenter la productivité, induisant un usage irrationnel de ces inputs du point de vue agronomique et économique, et aggravant les effets négatifs de cet usage.

Actuellement, il y a une conscience croissante (principalement dans les pays industrialisés où il n'existe pas de pression pour la rareté des aliments mais des excédents) à propos des limitations de l'agriculture conventionnelle en ce qui concerne l'utilisation des ressources naturelles. Plusieurs recherches ont mis en relief les effets plus ou moins irréversibles dérivés la pratique prolongée du système de production de l'agriculture conventionnelle. Ici surgit actuellement (dans certains pays ce processus avait commencé depuis plusieurs années) un processus de recherche et de définition de nouveaux modèles ou systèmes de production agricoles qui évitent les problèmes cités antérieurement, liés à l'agriculture conventionnelle. Une variété de systèmes alternatifs commencent à surgir, de l'agriculture biologique à l'agriculture à une utilisation réduite d'inputs (comme les systèmes LISA : Low Input-Sustainable Agriculture) »¹⁶.

Agriculture durable ou **soutenable**, en traduction de l'anglais *sustainable*) : c'est l'application à l'**agriculture** des principes du **développement durable** ou soutenable tels que reconnus par la communauté internationale à Rio de Janeiro en juin 1992. Il s'agit d'un **système de production agricole** qui vise à assurer une production pérenne de **nourriture**, de **bois** et de **fibres** en respectant les limites **écologiques**, **économiques** et **sociales** qui assurent la maintenance dans le temps de cette production.

L'agriculture durable ne doit pas être confondue avec l'**agriculture raisonnée** qui s'appuie sur des chartes et souvent n'exige que le respect de la loi et un principe d'économie (n'utiliser que la dose utile d'**intrant**, là et quand elle est utile), là où l'agriculture soutenable cherchera la restauration de l'agroécosystème.

Le terme **agriculture soutenable**, parfois rencontré, est une meilleure traduction - bien que littérale - du terme anglo-saxon *sustainable agriculture*, qui a d'abord été traduit par "agriculture durable", voire improprement par "agriculture soutenue" par les francophones. L'agriculture durable vise une amélioration dans la **soutenabilité** du système, en créant plus de richesses pérennes et d'emplois par unité de production, sur une base plus équitable. Ces principes sont basés sur la reconnaissance du fait que les **ressources naturelles** ne sont pas infinies et qu'elles doivent être utilisées de façon judicieuse pour garantir durablement la **rentabilité économique**, le bien-être social, et le respect de l'**équilibre écologique** (les trois piliers du **développement durable**).

Concrètement et dans l'idéal (rien n'assurant qu'une agriculture respectant simultanément toutes ces qualités soit possible) :

¹⁶ Source : ressources.ciheam.org/om/pdf/c09/96605581.pdf

* L'agriculture durable vise l'utilisation des [ressources naturelles](#) locales (utilisation des biens et services fournis par la [nature](#) comme [intrants](#) fonctionnels). Pour cela, elle utilise les processus [naturels](#) et régénérateurs, comme les cycles nutritifs, la [fixation biologique de l'azote](#), la reconstitution des sols et les ennemis naturels des [ravageurs](#) ;

* Elle vise également à réduire la production de [déchets](#) non réutilisés en créant des interdépendances avec d'autres activités économiques, dans un objectif de plus grande efficacité globale, et favorise l'utilisation des sous-produits de l'activité agricole ou de toute autre activité (par exemple, utilisation de déchets humains (sécurisés/compostés ou méthanisés, voir [toilette sèche](#)).

* Elle limite les [intrants](#) de synthèse tels que les [pesticides](#) à leur fraction [biodégradable](#), utilise des pratiques limitant l'[érosion](#) et la [dégradation des sols](#), réduit l'usage d'[intrants](#) pour protéger les [ressources en eau](#)).

* Elle ne porte pas atteinte à l'intégrité des personnes et des [êtres vivants](#). L'agriculture durable limite l'[usage](#) de [pesticides](#) qui peuvent nuire à la santé des [agriculteurs](#) et des [consommateurs](#) (voir [sûreté biologique](#)), elle vise à protéger la [biodiversité](#).

Source : fr.wikipedia.org/wiki/Agriculture_durable

100 sites sur l'agriculture soutenable

Un chercheur du *Regional Science Institute* à Sapporo (Japon) a établi une liste de liens sur des sites traitant **d'agriculture durable** classée par pays, complétée par des références de livres sur le sujet.

Alternative Farming Systems Information Center AgNIC: Agriculture Network Information Center

CGIAR : Consultative Group on International Agricultural Research

CIRAD : Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement Organisme scientifique français spécialisé en agronomie tropicale, le Cirad a pour mission de contribuer au développement rural des pays tropicaux et subtropicaux par des recherches, des réalisations expérimentales, des actions de formation, en France et à l'étranger, l'information scientifique et technique. Ses activités recouvrent les domaines des sciences agronomiques, vétérinaires, forestières et agroalimentaires.

FAO : Food and Agriculture Organisation : organisme de l'ONU Le service SD Dimension du Département du développement durable de la FAO présente une sélection de rapports en français sur les activités du Département, et indique aussi les liens avec des articles analytiques et autres matériaux disponibles en français.

IICA : Liens vers plusieurs centaines de sites liés aux problèmes de l'agriculture et de l'élevage L'Institut interaméricain de coopération pour l'agriculture (IICA) est, au sein du Système interaméricain, l'organisme spécialisé en agriculture de l'Organisation des états américains (OEA). L'institut est un organisme intergouvernemental, reconnu officiellement, composé de 34 états membres chargés de diriger, suivre et évaluer les activités de l'institution. L'Institut a pour but «de stimuler, de promouvoir et d'appuyer les efforts que déploient les états membres en vue d'assurer le développement agricole de leurs pays et le bien-être de leurs populations rurales». Les lignes directrices de l'IICA sont énoncées dans le «Plan à moyen terme (PMT) qui fournit le cadre stratégique pour l'orientation des activités de l'IICA. Pour la période 1994-1998, le PMT prévoit comme objectif général d'aider les états membres à parvenir au développement agricole durable, dans le cadre de l'intégration de l'hémisphère pour contribuer au développement rural humain. Le travail de l'IICA vise la transformation dans trois domaines de l'agriculture (aux niveaux de la production, du commerce et des institutions), dans une optique intégrée de développement reposant sur la durabilité, l'équité et la compétitivité. Le lien établi pointe sur une liste très longue de sites essentiellement américains mais aussi internationaux.

INRA (Institut national de la recherche agronomique) : L'INRA est un établissement public à caractère scientifique et technologique placé sous la tutelle du ministère de l'Éducation Nationale, de la Recherche et de la Technologie, et du ministère de l'Agriculture et de la Pêche. Ses principales orientations de recherche sont : Mieux nourrir les hommes et préserver leur santé. Aménager et gérer avec sagesse leurs espaces de vie. Innover sur le front des sciences et des technologies, notamment celles du vivant, en restant vigilants et responsables. Comprendre et piloter la complexité de nos systèmes biologiques, économiques et sociaux.

Institut agronomique méditerranéen de Montpellier L'IAMM fait partie du Centre International de Hautes Etudes Agronomiques Méditerranéennes (CIHEAM) dont il constitue l'un des éléments depuis sa création en 1962. A l'instar des autres instituts Bari (Italie), Zaragoza, (Espagne) et Chania (Grèce) , celui de Montpellier a pour mission de proposer des formations post-universitaires et d'animer des réseaux de recherche coopératifs. La spécialisation de l'IAMM dans le champ économique et social en fait un partenaire privilégié de l'économie méditerranéenne, notamment dans les domaines suivants : économie agricole, politiques alimentaires, fonctionnement des systèmes de production, des marchés internationaux et des institutions de développement.

Ministère de l'Agriculture et de la pêche (France) : Le ministère de l'Agriculture et de la Pêche définit et met en oeuvre la politique agroalimentaire française. Il s'efforce de donner aux entreprises de cet important secteur, un cadre pour être toujours plus compétitives, toujours plus innovantes et de plus en plus respectueuses de leur environnement. Il mène une ambitieuse politique de maîtrise et de promotion de la qualité et de la sécurité des productions animales et végétales et veille au bien-être des animaux. Il participe aux harmonisations européennes et aux négociations internationales afférentes. La Direction générale de l'alimentation (DGAL) exerce les compétences du ministère en la matière.

Plants and Sustainable Agriculture. Sustainable Earth Electronic Library :

Station fédérale de recherches en agroécologie et agriculture (Suisse) La Station fédérale de recherches en agroécologie et agriculture (FAL) développe des techniques de production respectueuses de l'environnement et des pratiques culturales qui maintiennent la fertilité du sol, génèrent une faible charge pour l'eau et l'air, favorisent une grande diversité d'espèces et un espace cultivé varié. Notre recherche soutient l'agriculture afin qu'elle produise des denrées alimentaires saines et bon marché. Les consommateurs doivent pouvoir acheter des produits de haute qualité. Au siège principal de Zurich-Reckenholz, nous pratiquons principalement la recherche en agroécologie pour les grandes cultures et les herbages: par exemple une fumure adaptée aux besoins des plantes et respectueuse de l'environnement, des méthodes culturales adaptées aux sites, une sélection de variétés résistantes et de haute qualité, des méthodes de lutte douce contre les maladies, les ravageurs et la flore adventice, une exploitation adéquate des prairies et des pâturages, la création et la conservation d'espaces vitales diversifiés.

A Liebefeld-Berne, trois sections de la FAL forment l'Institut de recherches en protection de l'environnement et en agriculture (IUL) . Nous nous occupons de détection avancée et de prévision de problèmes environnementaux agricoles. Nous étudions les relations entre l'agriculture et l'espace non agricole: les effets de la charge en polluants sur les sols, les plantes cultivées, la chaîne alimentaire et les écosystèmes agricoles. Nous cherchons les possibilités de diminuer la charge des eaux et de l'air en éléments nutritifs et en polluants.

Sustainable Agriculture

Sustainable Agriculture The University of North Carolina's Office of Information Technology Anonymous FTP server

Sustainable Agriculture Directory of Expertise

Des centaines d'experts à votre disposition pour une agriculture raisonnée et respectueuse des critères environnementaux ! Cette base de données produite par *L'Appropriate Technology Transfer in Rural Areas* (ATTRA) en coopération avec le SAN (*Sustainable Agriculture Network* , cet annuaire est, de loin, le plus complet jamais publié dans ce domaine ! 7 indexations selon le produit, l'expert , organisme , la méthode , etc ..et 717 entrées séparées !

What is Sustainable Agriculture? University of California Sustainable Agriculture Research and Education Program. Source : Yahoo

Agroécologie : c'est une agriculture qui non seulement respecte les écosystèmes (du type agriculture biologique), mais également qui intègre les dimensions économiques, sociales et politiques de la vie humaine. Il ne s'agit donc pas d'une approche purement technique, mais d'une approche globale basée sur la reconnaissance des savoirs et savoir-faire paysans. L'autonomie paysanne que l'industrie tente sans cesse de réduire coïncide avec les « intérêts de la nature ». ¹⁷

« *Restaurer la terre – L'agroécologie expliquée en 10 points par Pierre Rabhi* » ¹⁸.

« Un progrès authentique exige de passer de la concentration et sophistication technologique, à la participation du plus grand nombre ; du quantitatif au qualitatif ; de la spéculation à une économie réelle fondée sur l'effort de tous ; d'une nourriture qui transite sans cesse, à une nourriture consommée sur le territoire où elle a été produite ; d'une agriculture intensive, à une agro-écologie. Depuis 30 ans Pierre Rabhi y travaille, en Ardèche comme en Afrique... Issue d'une démarche scientifique attentive aux phénomènes biologiques, l'agro-écologie associe le développement agricole à la protection-régénération de l'environnement naturel. **■ un travail du sol qui ne bouleverse pas sa structure**, son ordonnancement vital entre surface et profondeur, entre terre arable, siège de micro-organismes aérobies, et terre profonde et souvent argileuse, siège de micro-organismes anaérobies - chaque catégorie microbienne a un rôle spécifique.

► **une fertilisation organique** fondée sur les engrais verts et le compostage : fermentation aérobie des déchets d'origine animale et végétale et de certains minéraux non agressifs, pour la production d'un humus stable, véritable nourriture et remède pour la terre dont il améliore la structure, la capacité d'absorption, l'aération et la rétention de l'eau. Ces techniques ont l'avantage d'être totalement accessibles aux paysans les plus pauvres ;

► **des traitements phytosanitaires aussi naturels que possible** et utilisant des produits qui se dégradent sans dommage pour le milieu naturel, et des substances utilisées traditionnellement pour lutter contre parasites et maladies cryptogamiques (le neem, le caelcedra, le cassia amara, les cendres de bois, des graisses animales...)

► **le choix judicieux des variétés les mieux adaptées** aux divers territoires avec la mise en valeur des espèces traditionnelles locales : maîtrisées et reproductibles localement (animaux et végétaux) elles sont le gage d'une réelle autonomie.

► **Eau : économie et usage optimum.** L'irrigation peut être accessible lorsqu'on a compris l'équilibre entre terre et eau ;

► **le recours à l'énergie la plus équilibrée, d'origine mécanique ou animale** selon les besoins mais avec le souci d'éviter tout gaspillage ou suréquipement coûteux. La mécanisation mal maîtrisée a été à l'origine de déséquilibres économiques et écologiques parfois graves, mais aussi de dépendances (pannes, énergie combustible importée à coût élevé). Il ne s'agit pas de renoncer au progrès mais de l'adapter aux réalités au cas par cas : l'énergie métabolique humaine et animale est parfois préférable à une mécanisation mal maîtrisée, facteur de démobilité.

► **des travaux anti-érosifs de surface** (diguettes, microbarrages, digues filtrantes, etc.) pour tirer parti au maximum des eaux pluviales et combattre l'érosion des sols, les inondations et recharger les nappes phréatiques qui entretiennent puits et sources... ;

¹⁷ Cette première approche est tirée de l'introduction d'un Dossier sur l'agroécologie, *L'Ecologiste* n°14, oct. nov. déc. 2004, p. 21-67. Dossier coordonné par Silvia Pérez-Vitoria et Eduardo Sevilla Guzman, de l'université de Cordoue.

¹⁸ Cet article a été publié dans *Passerelle Eco* n°9. 23 novembre 2005 .

► **la constitution de haies vives** pour protéger les sols des vents et constituer de petits systèmes favorables au développement des plantes cultivées, au bien-être des animaux, au maintien d'une faune et d'une flore auxiliaires utiles ;

► **le reboisement des surfaces disponibles et dénudées** avec diversité d'espèces pour les combustibles, la pharmacopée, l'art et l'artisanat, la nourriture humaine et animale, la régénération des sols, etc...

► **la réhabilitation des savoir-faire traditionnels** conforme à une gestion écologique économique du milieu.

Ce mode d'intervention global entre dans le cadre d'une mise en valeur des territoires dégradés ou non. Il requiert une formation et un suivi, une pédagogie adaptée aux acteurs de terrain.¹⁹

L'agroécologie

Ayant pour objet la relation harmonieuse entre l'humain et la nature, l'agroécologie est à la fois **une éthique de vie et une pratique agricole**. Elle considère **le respect de la terre nourricière et la souveraineté alimentaire des populations** sur leurs territoires comme les bases essentielles à toute société équilibrée et durable. Approche **globale**, elle inspire toutes les sphères de l'organisation sociale: agriculture, éducation, santé, économie, aménagement du territoire...etc. Adaptable à tous les biotopes, au Nord comme au Sud, et accessible à tous, l'agroécologie présente des avantages à tous les niveaux:

- **Des avantages écologiques:**
 - fertilisation organique des sols,
 - optimisation de l'usage de l'eau,
 - respect et sauvegarde de la biodiversité,
 - lutte contre la désertification...etc.
- **Des avantages économiques:**
 - alternative peu coûteuse, économie du coût des intrants et du transport,
 - relocalisation de l'économie par la valorisation des ressources locales, etc.
- **Des avantages sociaux:**
 - production quantitative d'une alimentation de qualité, garante de bonne santé,
 - autonomie alimentaire des individus et stabilisation des populations sur leurs terres,
 - revalorisation de la place des paysans dans les sociétés,
 - création et renforcement des liens sociaux...etc.

" L'agroécologie est pour nous bien plus qu'une simple alternative agronomique. Elle est liée à une dimension profonde du respect de la vie et replace l'être humain dans sa responsabilité à l'égard du Vivant ".
(Pierre Rabhi)²⁰

« Entre éco-agriculture et agroécologie - Un débat fait rage chez plusieurs environnementalistes entre éco-agriculture (ECOAG) et agroécologie »

Les objectifs de l'éco-agriculture sont la mise en œuvre et la soutenance de la soi-disant « révolution verte ». L'agroécologie dresse le bilan des problèmes structurels générés et/ou ignorés par celle-ci. On perçoit généralement l'agroécologie comme une réponse à la mondialisation et à la « nouvelle » question agraire. L'agroécologie offre des solutions de rechange à l'agriculture industrielle comme l'agriculture biologique, l'agriculture biodynamique, la permaculture, l'agriculture « naturelle » et la plupart des agricultures de type traditionnelles, campagnardes ou indigènes.

¹⁹ Source : www.passerelleco.info/article.php3?id_article=484

²⁰ **Pour en savoir plus sur les enjeux de l'agroécologie:** insalubrité alimentaire, érosion des sols et avancée de la désertification, pollution de l'eau, semences hybrides et perte de la biodiversité...etc. : Numéro spécial du journal de Terre & Humanisme (N°56 "L'agroécologie, vers une révolution agricole"). Source : www.terre-humanisme.org/index.php/th/qui_sommes_nous/l_agroecologie

Même débat chez les agriculteurs. Au Québec, l'UPA tente de contenir les impacts environnementaux, mais promeut de facto l'agriculture biotechnologique et chimique. Malgré le développement technologique de cette industrie, il y a toujours une crise agricole au Québec. Et elle va s'accroître. Les revenus stagnent, le poids de la dette augmente, le nombre de fermes agricoles est en baisse, les entreprises s'aménagent de plus en plus une concentration à la verticale, etc. Dans un tel contexte, nous devons examiner attentivement la pertinence des OGM comme solutions structurelle ou déterminer s'ils ne portent que les germes des problèmes de demain²¹.

Depuis plus de vingt ans, le [CIRAD, en France](#), et ses [partenaires](#), ont développé des solutions alternatives aux systèmes de cultures conventionnels dans les pays du sud. L'agriculture basée sur le labour est remise en question alors qu'elle apparaît incapable de répondre aux principaux challenges en matière de conservation de l'eau et des sols, de protection de l'environnement, de sécurité alimentaire, de réduction des coûts, etc. Des systèmes de culture attractifs, rentables, protecteurs de l'environnement et durables ont été créés et vulgarisés à grande échelle, basés sur le semis direct sur couverture végétale permanente. Le réseau agroécologie s'intéresse à ces techniques. Pour en savoir plus, se reporter au site du CIRAD : agroecologie.cirad.fr/

Arachide : c'est une [plante](#) de la [famille](#) des [Fabacées](#) (aussi appelées légumineuses) originaire d'Amérique du Sud et cultivée dans les régions tropicales, sub-tropicales et tempérées (une petite production commerciale en est même faite dans le sud du Canada, en Ontario) pour ses [graines](#) oléagineuses. Elle présente la particularité d'enterrer ses [fruits](#) après la [fécondation](#). Le terme désigne aussi le fruit (une [gousse](#)) et la graine elle-même, également appelés **cacahuète** (du [nahuatl](#) *tlālcacahuatl*). Noms communs : arachide, cacahuète, pois de terre, pistache de terre, pinotte ([Québec](#), de l'anglais "peanut").

L'arachide est une plante annuelle à fleurs jaunes de 20 à 60 cm de hauteur. Les feuilles sont composées à 2 ou 3 paires de folioles membraneuses, ovales. Elles sont munies à leur base de stipules engainantes. Les fleurs sont presque sessiles et apparaissent à l'aisselle des feuilles, isolément ou en petits groupes. La corolle papilionacée est jaune orangé. Les étamines au nombre de 9 sont soudées en tube par leur filet. L'ovaire est inséré sur un support particulier, le [gynophore](#). Après fécondation, l'[ovaire](#) est porté en terre par le développement du [gynophore](#) qui s'allonge en se courbant vers la terre par [géotropisme](#) positif. Le fruit mûrit à une profondeur de 3 à 5 cm. C'est une plante qui requiert pour cette raison un sol léger et bien drainé. Le fruit est une [gousse](#) de 3 à 4 cm de long, appelée coque au plan commercial, contenant le plus souvent seulement deux [graines](#), qui est réticulée extérieurement et étranglée entre les graines mais non cloisonnée. Les graines ovoïdes sont enveloppées dans un tégument sec rouge.

Culture de l'arachide

Les variétés cultivées sont très nombreuses et regroupées en deux grands types :

- * Virginia, à port rampant et à cycle végétatif long (120 à 140 jours) ; les graines ne germent pas prématurément;
- * Spanish et Valencia, à port érigé et à cycle végétatif court (90 à 110 jours) ; le rendement est plus élevé, mais la germination rapide après maturité peut poser problème.

Le cycle de culture dure de 90 à 150 jours. La floraison intervient un mois après le semis. La récolte doit se faire dès la maturité (lorsque la pellicule qui recouvre la graine se détache facilement). Un point important est d'éviter le développement de [moisissures](#) qui peuvent produire des [aflatoxines](#), dangereuses pour le bétail qui consommerait les [tourteaux](#) contaminés. À signaler, une maladie virale, la « rosette », transmise par un [puçeron](#). Cette maladie provoque le rabougrissement des pieds et fait baisser sensiblement le rendement surtout si elle apparaît tôt (moins de 40 jours après le semis). Deux autres maladies fongiques, la [cercosporiose](#) (tavelure des feuilles) et la rouille (spores sur la face inférieure des feuilles), sont présentes sur l'arachide surtout en climat humide, où elles provoquent une chute des feuilles entraînant une baisse des rendements en gousses.

²¹ www.greenpeace.org/.../campagnes/ogm/notre-travail/caaaq/enjeux-consultation/ecoagriculture-agroecoculture

Utilisations de l'arachide



Les graines ovoïdes sont enveloppées dans un tégument sec rose à rouge

Alimentation humaine : **huile d'arachide**, utilisée comme **huile** de table ou comme matière première pour la fabrication de **margarine**, résiste bien aux hautes températures (friture). Cette huile n'est pas la meilleur nutritivement (on lui préférera le colza) en raison de son taux élevé d'acides gras saturés (20% contre 8% pour le colza). Cependant son taux d'acides gras mono-insaturé est parmi les meilleurs avec 60% contre 62% du Colza ce qui en fait une huile intéressante pour une utilisation non régulière. En effet, ses taux d'oméga 3, 6 et 9 sont très faibles. On en fait également du **beurre d'arachide** (très populaire en **Amérique du Nord**), de la farine d'arachide, aliment de complément employé en biscuiterie (déshuile, riches en **acides aminés** indispensables). On utilise aussi les arachides en coque (aliment de base dans certains pays d'Afrique) et les arachides décortiquées, arachides salées pour **apéritif**, arachides pour **confiserie**

Alimentation animale : **Tourteau d'arachide**, résidu de pression après extraction de l'huile, fanes utilisées comme **fouage** (équivalent au foin de **luzerne**).

Industrie : huile d'arachides de deuxième extraction pour **savonnerie** ; coques utilisées comme **combustible**

Agriculture : comme toutes les légumineuses, l'arachide est une culture qui enrichit le sol en **azote**. Elle peut être utilisée comme **engrais vert**.

Plante médicinale : l'**huile d'arachide** est inscrite à la **pharmacopée** française comme solvant médicamenteux.

Valeur alimentaire des graines : **protéines** : 22 à 32 %, **lipides** : 34 à 54 %, **cellulose** : 1,5 à 3 %, **sels minéraux** : 2 à 3 %. La molécule de **pyridine** est responsable de l'odeur des cacahuètes.

Allergie à l'arachide et aux cacahuètes

À noter que certaines personnes souffrent d'**allergie**, parfois très aiguë, à certaines **protéines** de l'arachide. Une étude¹ montre que la consommation d'arachides durant la **grossesse** multiplie par 4 le risque du bébé de souffrir plus tard d'allergie aux arachides.

La production mondiale d'arachides (non décortiquées) s'est élevée à 36 millions de tonnes en **2003** (source **FAO**), dont deux pays, la **Chine** et l'**Inde**, représentent 59 %.

Principaux pays producteurs

2003	Superficie cultivée	Rendement	Production
	millions d'hectares	quintaux/hectare	millions de tonnes

Monde	26,46	13,48	35,66
Chine	5,13	26,24	13,45
Inde	8,00	9,38	7,50
Nigeria	2,80	9,64	2,70
États-Unis	0,53	35,40	1,88
Indonésie	0,68	20,16	1,38
Soudan	1,90	6,32	1,20
Sénégal	0,90	10,00	0,90
Birmanie	0,58	12,70	0,73
Ghana	0,35	12,857	0,45
Tchad	0,48	9,375	0,45
Viêt Nam	0,24	16,65	0,40

Production en tonnes.		Chiffres 2003-2004			
Données de FAOSTAT (FAO)					
Chine	13 493 462	38 %	14 075 000	39 %	
Inde	7 700 000	22 %	7500000	21 %	
Nigéria	2 700 000	8 %	2700000	7 %	
États-Unis	1 879 750	5 %	1905700	5 %	
Indonésie	1 377 000	4 %	1450000	4 %	
Soudan	1 200 000	3 %	1200000	3 %	
Myanmar	710 000	2 %	715000	2 %	

Sénégal	375 000	1 %	465000	1 %
Tchad	450 000	1 %	450000	1 %
Ghana	439 000	1 %	439200	1 %
Viêt Nam	404 300	1 %	421000	1 %
Argentine	314 285	1 %	414285	1 %
République démocratique du Congo	359 640	1 %	363850	1 %
Autres pays	3 918 325	11 %	3951064	11 %
Total	35 320 762	100 %	36050099	100 %

Commerce de l'arachide

Les échanges d'arachide portent sur une faible part de la récolte, 4 millions de tonnes (année 2001), environ 11 % de la production, essentiellement sous forme d'arachides en coques (2,4 millions de tonnes). Les échanges de produits dérivés sont assez limités : beurre d'arachide : 49 000 t, huile d'arachide : 270 000 t.

Les principaux exportateurs sont la Chine (1,6 Mt), l'Argentine (0,5 Mt) et les États-Unis (0,4 Mt), les principaux importateurs les Pays-Bas (0,6 Mt), l'Indonésie (0,3 Mt), le Royaume-Uni et le Japon.

La consommation d'huile d'arachide en France et dans l'Union européenne a régressé devant la forte croissance de la production locale d'huile de tournesol et de colza et devant l'augmentation considérable du nombre d'allergiques à l'arachide. Source : fr.wikipedia.org/wiki/Arachide



Galerie Web Photo Adobe Photoshop 6.0 / Arachide Tulear II - Brigitte Langevin - 07/10/2003. Source : agroecologie.cirad.fr/pdf/pages/Arachide%20Tu...



Source de cette photo qui constitue une bonne base d'information sur l'arachide : museum.agropolis.fr/.../arachide/arachide.htm.



Source de la photo : www.uom.ac.mu/.../Areu/vegguide/arach.htm.

Note du traducteur : nous avons retenu l'**arachide** pour le terme original en anglais **Groundnut**. En fait, ce dernier mot peut recouvrir différentes espèces végétales dont les graines mûrissent sous terre : *Arachis villosulicarpa*, *Bambara groundnut*, *Hausa groundnut* et *Peanut*, l'arachide et ses graines, les cacahuètes. Le terme **Groundnut** peut également désigner des plantes à tubercules : *Apios americana*, *Conopodium majus* et le petit ginseng.

Arachis villosulicarpa (**Groundnut**) is a **perennial herb** in the **Faboideae** family. This plant is only cultivated by indigenous people in **Mato Grosso**, a state of **Brazil**. This plant has never been found in the wild, and it is cited as a **domesticated** plant. It is cited as a **gene** source for research in the **plant biology** of the **peanut** (*Arachis hypogaea*). However, *A. villosulicarpa* is cited as an isolated product of domestication, and it does not have any genetic relationship with *A. hypogaea*.

Bambara groundnut (or **Bambarra groundnut**) is a member of the family **Fabaceae**. According to some authors it is *Voandzeia subterranea*, but others place it in *Vigna*. The plant originated in **West Africa**. The bambara groundnut ripens its pods underground, much as the **peanut** (also called a *groundnut*). They can be eaten fresh or boiled after drying. Bambara groundnuts are also known as jugo beans.

Macrotyloma geocarpum, also known as the **geocarpa groundnut**, **Hausa groundnut**, or **Kersting's groundnut**, is an **herbaceous annual plant** and a crop of minor economic importance in **Sub-Saharan Africa**, tolerant of drought, with a growth habit similar to that of the **peanut**. Source : en.wikipedia.org/wiki/Groundnut

Biocarburants : ce sont des **carburants** produits à partir de matériaux organiques renouvelables et non-fossiles ¹. Cette production peut se faire à partir d'un ensemble de techniques variées : production d'huile, d'alcool par **fermentation alcoolique** de sucres ou d'**amidon** hydrolysé, **pétrole brut de synthèse**, carburants gazeux obtenus à partir de **biomasse** végétale ou animale (dihydrogène ou méthane), carburants solides comme le **charbon de bois**.

Pour utiliser les biocarburants dans les moteurs, deux approches sont possibles. Soit on cherche à adapter le biocarburant (par transformation chimique pour obtenir du **biodiesel** par exemple) à des moteurs conçus pour fonctionner avec des dérivés du pétrole ; c'est la stratégie dominante actuellement mais ce n'est pas celle qui a le meilleur bilan énergétique et environnemental. Soit on cherche à adapter le moteur au biocarburant naturel, non transformé chimiquement. Plusieurs sociétés se sont spécialisées dans ces adaptations. La substitution peut être totale ou partielle. Le **moteur Elsbett** fonctionne par exemple entièrement à l'**huile végétale pure**. Cette stratégie permet une production locale (décentralisée) des carburants.

Le vocable *biocarburant* (du grec *bios*, qui signifie *vie, vivant*, et du latin *carbo*, qui signifie *carbone, charbon*) signifie que ce carburant est obtenu à partir de matériaux organiques. De peur que le préfixe bio- puisse prêter à confusion avec le label relatif à l'agriculture biologique, certains organismes tentent de populariser le terme **agrocarburant**. L'élément préfixale "agro-" (tiré du grec *agros* : champ) associé au substantif carburant désignant un carburant issu de l'**agriculture**, ce terme exclurait de fait les biocarburants non-agricoles (eg: biocarburants produit à l'aide de bactéries). Il n'est donc ni reconnu dans l'industrie, ni dans l'administration.

Les expressions « **carburant vert** » et « **carburant végétal** » sont aussi employées.

Dans le contexte des changements climatiques et de la flambée des prix du baril de pétrole, les biocarburants sont aujourd'hui souvent présentés comme une alternative énergétique durable. Cependant la fabrication des biocarburants à partir de produits agricoles favorise la déforestation, consomme de l'énergie et fait concurrence à l'alimentation ². Leur production uniquement guidée par des impératifs économiques peut conduire à de graves conséquences sociales et/ou environnementales ³. Par exemple, on détruit aujourd'hui à grande vitesse les forêts de Malaisie pour produire de l'huile de palme. Le prix de la tortilla, aliment de base en Amérique latine, a récemment flambé au Mexique du fait de l'exportation du maïs vers les USA où il est utilisé pour produire de l'éthanol. Le remplacement de la totalité du pétrole consommé dans le monde par les biocarburants de première génération est impossible ^{4,5}.

Des filières dites de seconde génération (filiale éthanol cellulosique et filière huile de microalgue en particulier) promettent de meilleurs résultats.

Pour lire la suite, consulter le site suivant : fr.wikipedia.org/wiki/Biocarburant

Catherine Badgley, Dr. Ph.D., Research Scientist, Museum of Paleontology, University of Michigan, Ann Arbor. Notamment auteure de "*Impacts of Agriculture on Global Biodiversity*." February 20, 2004, 5:00 PM



www.smu.edu/esp/previousSpeakers.html.

Source de la photo :

Compostage : c'est un procédé biologique de conversion et de valorisation des **matières organiques** (sous-produits de la **biomasse**, déchets organiques d'origine biologique...) en un produit stabilisé, hygiénique, semblable à un **terreau**, riche en composés **humiques**, le compost.



Compost

Composition du compost

Les organismes responsables du compostage ont besoin de trois paramètres pour vivre :

- * de nourriture équilibrée, composée d'un mélange de matières **carbonées** (brunes-dures-sèches) et de matières **azotées** (vertes-molles-humides) ;
- * d'humidité, contenue particulièrement dans les matières azotées ;
- * 'air, dont la circulation est favorisée par les matières carbonées structurantes (dures).

Les résidus organiques qui peuvent être compostés sont :

- les déchets dits azotés : des déchets végétaux, de **jardinage** (tailles de **haies**, tontes de **pelouse**...), des **feuilles** vertes, des déchets ménagers périssables (déchets des **légumes** et de **fruits**). Il est ainsi possible de diminuer de 30-40 % sa quantité d'ordures ménagères et de diminuer d'autant la taille des **décharges** et les volumes de déchets transportés vers les **incinérateurs** ;
- les déchets dits carbonés : des branches broyées, les feuilles mortes, la **paille** (on stockera précieusement ces matières pour toujours en avoir à sa disposition pour les mélanger avec les matières azotées) ;
- les **coquilles d'œuf**, coquilles de **noix** ;
- les **litières** biodégradables des animaux **herbivores** ;
- le **papier** en évitant ceux qui sont imprimés, le **carton** (il sert de refuge aux **vers de terre**) ;
- les morceaux de **tissus** en matières naturelles (**laine**, **coton**), etc.
- les déchets de maison (mouchoirs en papier, essuie-tout, **cendre** de bois, sciures, copeaux, plantes d'intérieur non malades).

Attention : certaines matières comme les marcs de **café** possèdent une décomposition très lente.

Description du procédé de compostage

Le compostage est une opération qui consiste à faire **fermenter**, dans des conditions contrôlées, des déchets organiques en présence de l'**oxygène** de l'air. Deux phénomènes se succèdent dans un processus de compostage. Le premier, amenant les résidus à l'état de compost frais, est une fermentation **aérobie** intense : il s'agit essentiellement de la décomposition de la matière organique fraîche à haute température (50-70 °C) sous l'action de **bactéries** ; le deuxième, par une **fermentation** moins soutenue, va transformer le compost frais en un compost mûr, riche en **humus**. Ce phénomène de maturation, qui se passe à température plus basse (35-45 °C), conduit à la **biosynthèse** de composés humiques par des **champignons**.

Fermentation au cours du compostage

L'évolution de la température durant le processus de fermentation s'effectue en trois phases :

* la température monte rapidement à 40-45°C suite à la respiration des micro-organismes **mésophiles** aérobies. Les composés les plus fermentescibles tels les **sucres** et l'**amidon** sont d'abord consommés.

Une phase préliminaire à cette première phase est parfois décrite. Au cours de cette phase on note, après une courte latence, une légère augmentation de la température. Elle résulte de l'activité respiratoire endogène de cellules vivantes présentes dans la masse à composter. Cette phase est donc très courte et ne s'observe qu'en laboratoire lorsque le mélange à composter contient une forte proportion de tissus frais.

* la **respiration** élève ensuite la température progressivement jusqu'à 60-70 °C, conduisant au remplacement des micro-organismes **mésophiles** par des **thermophiles** et des thermo-tolérants.

* par leur respiration, les micro-organismes épuisent l'oxygène de la masse en compostage et rendent le milieu anaérobie. Des germes anaérobies se développent alors, conduisant à un abaissement de la température car leur métabolisme est moins thermogène. Ils sont de plus responsables de la libération de composés volatils nauséabonds (**méthane**, **ammoniac**, **hydrogène sulfuré**...).

Pour éviter cette putréfaction, il est nécessaire de restaurer les conditions aérobies du milieu (voir aération ci-dessous). Ainsi il sera possible de prolonger la fermentation à haute température. Les pathogènes, parasites et semences de mauvaises herbes seront détruits par la température élevée, les mauvaises odeurs seront évitées, la décomposition sera plus rapide. Dès que la température n'augmente plus après aération, on peut considérer que la fermentation est terminée

Maturation du compost

À ce moment, la quantité de matière facilement utilisable par la **microflore** se raréfie et la **biosynthèse** de composés humiques devient prédominante. On assiste à la disparition des micro-organismes thermophiles au profit d'espèces plus communes et de nouvelles espèces mésophiles au fur et à mesure que la température décroît au cours d'une longue période de mûrissement pour se stabiliser au niveau de la température ambiante.

Il faut encore signaler que la transition entre chacune des phases citées précédemment résulte d'une évolution continue : il n'y a pas de frontière marquée entre les espèces mésophiles et thermophiles. Chaque espèce possède une gamme de températures vitales avec un optimum au milieu.

Influence de l'environnement sur le compostage

La progression du matériel de départ vers le stade final, l'**humus**, dépend d'un grand nombre de facteurs externes comme la dimension des particules, la nature des nutriments, leur structure, le taux d'humidité, l'aération, le **pH**... D'autre part, en se multipliant, les micro-organismes changent constamment leur environnement et le rendent souvent impropre à leur développement.

Aération du compost

Ce facteur est essentiel puisque le compostage est un processus **aérobic**. On estime que l'air devrait occuper au moins 50% du volume du tas. L'anaérobiose commence lorsque le taux d'**oxygène** du tas est inférieur à 10% ; elle prédomine au dessous de 5% d'O₂ (air = 21% O₂). Diverses techniques permettent de rétablir l'aérobiose, elles seront décrites ci-dessous.

Humidité du compost

Comme pour un substrat de culture, l'aération et l'humidité du compost sont liées : un excès d'eau diminue la quantité d'air disponible dans le volume de compost. Un système d'aération plus efficace sera alors nécessaire.

La chaleur libérée par la fermentation provoque l'évaporation d'une grande quantité d'eau. L'arrosage de la masse en fermentation permet le cas échéant de manière à maintenir un taux d'humidité de 50 à 70% de la masse fraîche (c'est-à-dire l'équivalent de la **capacité au champ** pour un sol). D'autre part les pluies battantes comme l'évaporation excessive par le soleil peuvent aussi ralentir le processus. Une couverture, toiture ou bâche peut répondre à ce problème.

Dimension des particules dans le compostage

Outre son rôle sur la **porosité** à l'air et la rétention en eau du milieu, l'un des effets de la dilacération préalable (broyage) est d'augmenter la surface de contact entre les déchets et la microflore. Une réduction de la taille des particules entraîne donc un accroissement du taux de décomposition mais aussi une circulation d'air plus faible (risque d'**anaérobiose**).

Température du compost



Un tas de compost dégageant de la vapeur un matin froid.

Par leur respiration les micro-organismes dégagent une chaleur telle que les températures atteintes (80 et même plus de 90°C dans un tas bien isolé) peuvent devenir létales pour les cellules. L'optimisation du processus consiste donc à veiller à ne pas dépasser une température de 70°C.

Conditions chimiques du compostage

*** pH**

Généralement, les matières à composter présentent un **pH** compris entre 5 et 7, c'est-à-dire dans des limites acceptables. Le pH s'abaisse pendant les premiers jours et remonte ensuite pour devenir neutre ou légèrement **alcalin**. Certains auteurs recommandent cependant l'adjonction d'un tampon ou d'une base faible (**calcaires** ou **dolomie** broyés, **marne**, **craie** phosphatée...), d'autres s'y refusent car cela peut provoquer un ralentissement du processus. Sans adjonction de tampon, le pH final du compost est aux alentours de 8.

* **Forme du carbone**

Elle influence beaucoup la vitesse de décomposition du compost. Certaines molécules, tels les **glucides** simples, l'**amidon**, les **hémicelluloses**, les **pectines** et les **acides aminés**, sont aisément dégradables. La **cellulose**, polymère plus volumineux, est plus résistante. La **lignine** et les autres polymères aromatiques, extrêmement solides, seront dégradés plus tardivement, plus lentement et incomplètement (conduisant à la formation d'**humus**).

* **Rapport C/N ou carbone /azote**

Un rapport trop faible (inférieur à 15) conduit à des pertes d'**azote** ; un C/N trop élevé ralentit la décomposition. La quantité d'**azote** à ajouter est difficile à estimer car il faut tenir compte du taux de fermentescibilité du **carbone**.

* **Rapport C/P ou carbone sur phosphore**

Le **phosphore** est essentiel aux réactions énergétiques des micro-organismes (**Adénosine Tri-Phosphate**). Il entre aussi dans la composition de nombreuses autres macro-molécules. Un rapport C/P de la matière à composter voisin de celui de la **microflore** (75 à 150) conduit à une dégradation plus rapide de la **matière organique** et à une plus grande production d'**humus**.

* **Autres éléments minéraux considérés dans le compostage**

Les matières à composter doivent être considérées comme un milieu de culture pour microbes, où le facteur limitant ne peut être que le carbone assimilable et non un autre constituant du milieu. Ces éléments sont en général présents en quantité suffisante dans la matière organique à composter.

Conditions biologiques pour le compostage

La vitesse et l'efficacité du compostage sont liées à la présence d'une population microbienne adéquate. Si la présence de ces milliards de **bactéries** et **champignons** est indispensable, leur ensemencement ('activateurs' ou 'stimulateurs' de compostage) semble peu, voire pas utile. Les **spores** de ces **micro-organismes** existent en effet en quantités suffisantes dans la nature et il est beaucoup plus important de veiller à créer un milieu (pH, humidité, aération, **C/N**, ...) favorable à leur développement.

L'inoculation des composts par des micro-organismes fixateurs d'azote atmosphérique, tels que **Azotobacter** ne semble pas non plus intéressante pour le compostage, la dépense d'énergie de ces organismes pour fixer l'azote étant trop importante. Le seul intérêt de ce type d'inoculation pourrait provenir d'une éventuelle fixation d'azote, postérieure au compostage, pendant la culture des plantes sur les composts ainsi inoculés. Des expériences devraient être menées afin de démontrer la crédibilité, d'une telle hypothèse.

Aptitude au compostage (CNFP)

L'aptitude au compostage est un paramètre formé d'un code de quatre lettres, majuscules ou minuscules, il représente les quatre aspects fondamentaux à réunir pour réaliser un bon compost : 'C' ou 'c' pour **carbone**, 'N' ou 'n' pour **azote**, 'F' ou 'f' pour le degré de fermentescibilité (c.-à-d. l'aptitude à fermenter du produit), et 'P' ou 'p' pour la porosité totale. Une lettre minuscule indique un apport correct pour cet aspect, une lettre majuscule indiquant des propriétés améliorantes. L'absence d'une lettre ('—') signifie un manque, à compléter par un produit ayant des propriétés améliorantes pour le même facteur. La réalisation du compost se fera donc en combinant deux sous-produits (trois à la rigueur) ayant des propriétés complémentaires de telle manière que les quatre lettres du code soient présentes dans le mélange réalisé.

* **'c' ou 'C'**

'c' indique un produit possédant un rapport C/N correct (15 à 30). 'C' indique un produit à forte teneur en **carbone**, c'est-à-dire ayant un **C/N** supérieur à 75. Un tel produit devra être mélangé à un produit de type 'N' ou recevra un supplément d'**azote** sous forme d'**engrais** minéral (**urée** par exemple).

* 'n' ou 'N'

Complémentaire du facteur précédant, 'n' indique un C/N correct ; 'N' indique un C/N faible (inférieur à 10) nécessitant un mélange avec un produit de type 'C' ; un matériau à C/N élevé sera de type '—' pour ce facteur.

* 'f' ou 'F'

Donne une indication sur la forme du carbone présent : 'f' représente un équilibre convenable entre les molécules à fermentation rapide (sucres) et les molécules à dégradation lente (**lignines**). Les molécules à dégradation rapide sont nécessaires au démarrage de la fermentation et à l'obtention d'une température élevée dans la masse de compost (**'pasteurisation'** du compost). Un matériau riche en ces molécules sera de type 'F', un matériau pauvre de type '—'. Les molécules à dégradation lente quant à elles serviront de base à la biosynthèse des composés humiques.

* 'p' ou 'P'

La porosité à l'air du matériau est importante pour son rôle sur l'aération du compost et sur la rétention en eau (la porosité à l'eau, exprimée en pourcent de la porosité totale, est le complément à 100 de la porosité à l'air). Elle est influencée principalement par la dimension des particules. Un matériau dont la porosité à l'air est élevée ('P', matériau de structuration) permettra par exemple de réaliser des tas de composts de volume plus important sans risquer un tassement qui empêcherait la circulation de l'air. Il pourra aussi servir de matériau de base à mélanger avec des matériaux sans structure ('—': boues de stations d'épuration ou eaux de process industriel par exemple). 'p' représente un matériau présentant un bon équilibre entre la porosité à l'air et la porosité à l'eau.

Il faut remarquer que le compostage, en soi, ne nécessite pas un structurant d'origine organique. Des copeaux de caoutchouc (issus de vieux pneus) peuvent être utilisés, par exemple pour le compostage de boues de stations d'épuration.

Les différentes méthodes de compostage

Les méthodes décrites ci-dessous ne concernent que la phase de fermentation active. La phase de maturation quant à elle se déroule habituellement à l'air libre en tas de grande dimension.

* À l'air libre

On construira cependant un auvent au-dessus des composts en fermentation afin de les protéger des pluies excessives ou de la dessiccation par le vent et le soleil.

* En fosse

La méthode de compostage en fosse est la pratique la plus anciennement employée mais conduit rapidement à des conditions anaérobies. La fosse est creusée dans un endroit abrité et bien isolé. Les déchets organiques y sont disposés en couches d'une vingtaine de centimètres d'épaisseur, alternant les produits riches en azote (type 'N') et ceux riche en carbone (type 'C'). Ils sont ensuite recouverts d'une épaisse couche de paille (isolation) puis d'une couche de terre d'environ 10 cm d'épaisseur. Cette méthode est très lente et partiellement **anaérobie** car aucun apport ultérieur d'eau ou d'air n'est effectué. Elle est réservée à l'amateurisme et aux climats frais (meilleure isolation) ou secs (réduction des pertes en eau). Sous un climat tempéré, cette méthode provoque l'apparition de mauvaises odeurs (décomposition anaérobie).

* En tas

C'est la méthode de compostage la plus commune. Les déchets sont rassemblés en **andains** de longueur indéfinie et dont la hauteur dépend à la fois de la porosité à l'air du compost (plus elle est élevée, type 'P', plus le tas peut être haut) ainsi que de la fréquence et de la méthode d'aération choisie (une fréquence élevée et/ou une aération par ventilation forcée autorisent des tas plus importants).

* En couloir

Cette méthode est fort semblable à la précédente, mais les andains sont ici compris entre deux murets latéraux. Elle permet parfois une installation plus aisée des dispositifs d'aération mais nécessite un investissement plus important. On dispose également de moins de flexibilité pour l'organisation ou la modification du chantier de compostage.

* En enceinte close ou 'digesteur'

Le principe commun des procédés de fermentation dite 'accélérée' est basé, sur le séjour plus ou moins rapide des déchets dans des dispositifs appelés digesteurs. Un digesteur est une enceinte fermée à l'intérieur de laquelle il est possible de contrôler le déroulement de la fermentation en agissant essentiellement sur l'aération. Les déchets entrent en général par une extrémité du dispositif et ressortent, en fin de fermentation, à l'autre extrémité. Le brassage et l'aération des matériaux sont le plus souvent réalisés en continu.



Poubelle à compost commerciale

* Silo vertical (tour)

De nombreux dispositifs existent, plus ou moins complexes, mais leur principe reste le même. Les déchets sont acheminés, via une bande transporteuse, au sommet de la tour de digestion. Ils descendront soit au moyen de vis sans fin ou de racleurs en suivant une succession de plateaux, soit par gravité. À chaque niveau, ou dans la masse du compost, sont installés des tuyaux d'aération permettant d'oxygéner le milieu. En fin de fermentation, le compost est récupéré à la base de la tour.

* Biostabilisateur

Le digesteur est disposé ici, non plus verticalement, mais horizontalement. Il s'agit en fait d'un cylindre rotatif d'une longueur de 25 à 35 mètres et d'un diamètre de 3 à 4 mètres. La rotation continue du cylindre, à l'intérieur duquel sont fixées des plaques défectrices hélicoïdales, permet d'assurer à la fois le brassage et l'aération du

produit ainsi que sa progression vers l'extrémité du dispositif. La durée de séjour des déchets à l'intérieur du biostabilisateur est de l'ordre de 4 à 6 jours, après quoi ils sont transférés sur l'aire de maturation.

Mode d'aération du compost

Comme nous l'avons déjà indiqué, l'aération du mélange en compostage est essentielle durant la phase de fermentation active. Plusieurs méthodes existent, mieux adaptées à l'une ou l'autre méthode de compostage ou à une échelle de travail plus ou moins grande.

*** Aération passive et méthode chinoise**

Dans les systèmes traditionnels de compostage en tas, seule la porosité de celui-ci assure l'aération de la masse. On est donc limité à des tas de faibles dimensions et à des composts à porosité, très élevée (type 'P', grosses particules). Les Chinois ont amélioré ce système en installant des faisceaux de bambous lors de la constitution du tas. Ces bambous sont ensuite retirés après 1 ou 2 jours, laissant libres des orifices plongeant jusqu'au milieu du tas et par lesquels l'aération peut se faire plus activement.

*** Brassage des matériaux**

L'oxygénation la plus efficace d'une masse en fermentation chaude est obtenue par son retournement. Le brassage complet permet également d'assurer une fermentation plus homogène de toute la masse, chaque particule évoluant suffisamment de temps au centre du compost, où la température est la plus élevée. Entre les retournements, la partie extérieure du tas évolue en aérobiose par aération passive (voir paragraphe précédent) pendant que le taux d'oxygène au centre du tas diminue rapidement. La fréquence et la qualité des retournements sont donc les paramètres fondamentaux de cette technique.

Selon la dimension du chantier de compostage, le brassage se fera à la fourche (main d'œuvre manuelle), au moyen d'un engin de travaux publics (pelle chargeuse sur pneus), ou au moyen de machines spécialisées.

*** Aération active par soufflerie**

Contrairement aux techniques précédentes, l'apport d'oxygène pendant la fermentation est ici continu. Les andains à aérer recouvrent un réseau de tuyauteries perforées sur toute leur longueur et reliées à un surpresseur. La puissance du surpresseur est fonction du volume et du tassement de la masse à aérer.

*** Aération active par aspiration (méthode Beltsville)**

L'apport d'air frais est réalisé ici par aspiration au travers des andains suivant un schéma identique à celui de la méthode précédente (si ce n'est que le surpresseur est remplacé par un aspirateur). Le dispositif par aspiration est à préférer à celui par soufflerie car l'air aspiré a moins tendance à emprunter des chemins préférentiels, ce qui serait préjudiciable à l'efficacité de l'aération. On prévoira cependant un filtre, qui peut être simplement un tas de compost mature, à la sortie de l'aspirateur afin d'éliminer les odeurs. La ventilation peut être combinée, si on le désire, avec le brassage des matériaux décrit plus haut.

Détermination de la fin du compostage

Un bon compost est un produit dont les constituants organiques ont subi une conversion biologique en des substances moins agressives et plus stables. Les processus de dégradation persistent cependant à un taux plus réduit au delà même de la phase de fermentation. Il faut donc savoir quand et pour quel usage on pourra utiliser un compost sans risque de **phytotoxicité**.

Un compost frais, c'est-à-dire ayant subi un début de fermentation (de l'ordre de 2 semaines), pourra être utilisé en **paillage** (*mulching*) ou en **champignonnières**. En fin de fermentation, le compost est stabilisé et pourra servir comme **engrais/amendement** organique. Une utilisation comme substrat de culture requiert quant à elle un compost ayant subi une longue période de maturation (d'autant plus longue que les plantes sont sensibles : jeunes **semis**, **laitue**, ...).

Évolution de la température du compost

Un moyen simple de suivre le déroulement du processus de compostage consiste, comme mentionné précédemment, à utiliser des sondes thermométriques plongeant dans la masse en fermentation. Cette méthode donne des informations sur le stade de fermentation mais peu sur le niveau de maturité du compost. Elle devra donc être complétée par une ou plusieurs autres méthodes.

Compost et rapport C/N

La consommation du carbone organique par la **microflore** libère une grande quantité de **CO₂**. La diminution progressive de la teneur en carbone du milieu a pour conséquence une diminution sensible de la valeur du rapport **C/N**. En effet l'**azote**, fixé dans les **protéines** microbiennes, reste dans la masse du compost (sauf pertes éventuelles par dégagement d'**ammoniac**). Selon le degré de fermentescibilité du carbone composant les résidus, on considérera comme favorable un rapport **C/N** de 20 à 40 en fin de maturation.

De nombreux auteurs citent un rapport **C/N** de 15 à 30 comme idéal. L'expérience pratique montre que, pour des substrats riches en **lignines** ou autres formes de **carbone** peu fermentescibles, un rapport de 40 voire 50 ne provoque pas de carence par immobilisation de l'**azote**. La dégradation de ces composés carbonés par les **micro-organismes** est en effet tellement lente que la faible consommation d'**azote** qui en résulte ne concurrence pas la culture.

Signalons enfin que le **C/N** est déterminé chimiquement (**méthode d'analyse du C/N**). Or, les réactifs chimiques ne correspondent pas au bagage enzymatique de la microflore présente dans le compost. D'autre part, l'**analyse chimique** dégrade complètement les particules de l'échantillon, c'est-à-dire bien plus que la surface d'attaque immédiatement accessible aux enzymes microbiennes. Le **C/N** idéal sera donc à déterminer dans chaque cas.

*** Chromatographie circulaire sur papier**

Elle fut mise au point par PFEIFER (Biochemical Research Laboratory, Spring Valley - USA) et testée par HERTELENDY. Son principe est basé sur le fait que des substances différentes, dissoutes dans un même solvant (solution de NaOH à 5%), présentent des affinités variables de migration capillaire sur une surface absorbante (feuille ronde de papier filtre). Cette surface absorbante est prétraitée au **nitrate d'argent**, qui sert de révélateur. La solution alcaline de compost est apportée goutte à goutte au centre du papier filtre. Après migration de la solution, on laisse le chromatogramme se développer en lumière atténuée. Un compost peu évolué est caractérisé par une image sombre à la périphérie et une tache centrale claire ; un compost mûr montre au contraire une tache centrale sombre avec traînées claires vers la périphérie.

*** Germination de plantes test**

Il s'agit incontestablement de la méthode la plus simple et la plus fiable. Les plantes test les plus couramment utilisées sont le **cresson alénois** (*Lepidium sativum*) et la **laitue** (*Lactuca sativa*). Des graines de la plante test sont semées sur le compost humidifié en bocal hermétiquement fermé. Après 3 jours, la maturité est évaluée d'après le pourcentage de germination et, éventuellement, la quantité de matière verte obtenue.

Autres méthodes pour le suivi du composte

De nombreuses autres méthodes existent, plus ou moins rapides, plus ou moins fiables, nécessitant un appareillage plus ou moins coûteux et un personnel plus ou moins qualifié. Parmi celles-ci, citons:

- des critères empiriques : couleur plus ou moins sombre, aspect du compost au toucher, à l'odeur, ...
- des méthodes respirométriques : O₂ consommé, CO₂ émis, ...

- des méthodes physico-chimiques : dosage de la Demande Chimique en Oxygène, dosage des formes de l'azote minéral (NH₄⁺ et NO₃⁻), dosage de la S.O.D et de la S.O.R. (Substance Organique Décomposable et Substance Organique Résistante), mesure du pH, ...

- des méthodes biologiques : dosage de l'ATP (Adénosine Tri-Phosphate), croissance de plantes ou de micro-organismes tests, ...

Usages du compost

Le compost peut être utilisé comme engrais sur prairie ou avant labour. Son usage améliore la structure des sols (apport de matière organique), ainsi que la biodisponibilité en éléments nutritifs (azote). Il augmente également la biodiversité de la pédofaune.

Au jardin, il sert à fertiliser les plates-bandes, les arbres fruitiers et le potager. Il peut également être utilisé comme terreau pour les plantes en pot.

Source : fr.wikipedia.org/wiki/Compostage

Cultures intercalaires : on parle aussi d'interculture lorsque deux ou plusieurs cultures sont produites simultanément dans un même champs. Les cultures intercalaires permettent de couvrir le sol et d'étouffer les mauvaises herbes. En général, la présence d'une culture intercalaire contribue à la répression des mauvaises herbes, mais avec des intensités très variables d'une espèce à l'autre.

Lors du choix d'une culture intercalaire, il est important de tenir compte de la profondeur du système racinaire. Ainsi, il vaut mieux choisir une espèce qui prélève son eau et ses nutriments à une profondeur différente de celle de la culture principale, pour ainsi réduire la compétition. Puisque l'azote est un élément limitant, les légumineuses présentent un intérêt certain. Les légumineuses, par exemple, couvrent le sol en automne et constituent un engrais vert peu coûteux à implanter qui fixe de l'azote et a un impact positif sur les cultures ultérieures. Cependant, les légumineuses sont sensibles à l'acidité du sol et exigent de bonnes conditions pour s'établir.

Le choix de la culture intercalaire devrait aussi se faire en fonction de la culture principale, du type de mauvaises herbes présentes, ainsi que des propriétés allélopathiques de certaines espèces. Puisqu'il n'existe pas de culture idéale, l'utilisation d'un mélange d'espèces pourrait être une solution possible.

Exemples de cultures intercalaires (Coleman, 1989)

Culture principale	Intercalaire
Fèves	Vesces
Tomates	Avoine
Famille des choux	Trèfle (rouge, blanc) Mélilot
Maïs	Soya
Pommes terre	de Vesces puis seigle en post-récolte
Courges	Mélilot, trèfle rouge
Légumes racines	Trèfle blanc

M. Eliot Coleman (The new organic grower, 1989), s'appuyant sur plusieurs années d'expériences en production maraîchère biologique, estime que la meilleure date pour établir une culture intercalaire tourne autour de quatre à cinq semaines après le semis ou la transplantation des cultures légumières.

Les cultures intercalaires permettent aussi une amélioration de la structure du sol, une augmentation du taux de matière organique, une propension moindre à la compaction, un effet anti-érosif, un recyclage plus complet des

nutriments, une infiltration de l'eau accrue, une amélioration de la fertilité du sol, ainsi qu'une vie microbienne du sol intensifiée.

Source : www.agentaac.ulaval.ca/viaagroecologie/jardin/inf_herbes.htm

L'établissement d'une culture intercalaire a pour effet d'étouffer les mauvaises herbes entre les rangs de la culture principale et de maîtriser de ce fait temporairement les mauvaises herbes. Il faut cependant faire preuve de prudence dans l'utilisation d'une culture intercalaire, car celle-ci peut abaisser considérablement le rendement de la culture principale, si elle entre en concurrence avec cette dernière pour l'eau et les éléments nutritifs.²²

Cette application permet une alternance entre une culture et des rangées d'arbres, plus ou moins éloignées entre elles. Cette pratique permet aux plantes d'être protégés des intempéries par les arbres. Par exemple, lors de violents orages, la force des vents et les pluies latérales diluviennes sont ralenties par les arbres, ce qui diminue le risque de couchage au sol des cultures. Les racines des arbres permettent de retenir l'eau, d'offrir une meilleure structure au sol, de recycler les éléments enfouis profondément. L'eau des champs est évaporé plus lentement, la compétition pour la lumière, l'eau et les éléments nutritifs entraîne les espèces végétales à être plus agressives. Diminue le risque de gel, apporte parfois une faune qui crée une guerre biologique avec les insectes nuisibles. Notons également, de façon importante, les revenus créés par le bois d'oeuvre ou les PFNLs qu'ils peuvent procurer.

Les cultures intercalaires apportent leur lot de problématiques. La machinerie est vouée à plusieurs contraintes, des débris ligneux peuvent se retrouver dans les champs, présence de racines ou d'appareils de reproduction végétatives et les arbres demandent beaucoup d'entretien pour arriver à un bois de qualité.

Les cultures intercalaires sont méconnues dans les zones tempérées. Elles font l'objet de recherches dans des zones plus clémentes (sud du Québec, de l'Ontario, États-Unis, Europe). Les résultats sont concluants pour certaines associations arbres-culture. Il pourrait être intéressant d'expérimenter ce mode de gestion au Nouveau-Brunswick. Les cultures intercalaires améliorent considérablement la qualité visuelle d'une région et le nombre d'interactions biologiques d'un site. Source : www.cuslm.ca/foresterie/agroforesterie/informations/culture.php

Énergie renouvelable : c'est une source d'énergie se renouvelant assez rapidement pour être considérée comme inépuisable à échelle humaine de temps. Les énergies renouvelables sont issues de phénomènes naturels réguliers ou constants provoqués par les **astres**, principalement le **Soleil** (rayonnement), mais aussi la **Lune** (**marée**) et la **Terre** (**énergie géothermique**).

Le caractère renouvelable d'une énergie dépend de la vitesse à laquelle la source se régénère, mais aussi de la vitesse à laquelle elle est consommée. Ainsi, le bois est-il une énergie renouvelable tant qu'on abat moins d'arbres qu'il n'en pousse, et que la forêt continue à jouer ses fonctions écologiques vitales. Le comportement des consommateurs d'énergie est donc un facteur à prendre en compte dans cette définition.

La notion d'énergie renouvelable est souvent confondue avec celle d'**énergie propre** et/ou sûre. Or, même si une énergie peut être à la fois renouvelable, propre et sûre, toutes les énergies renouvelables ne sont pas nécessairement propres ni sûres : par exemple, certains fluides frigorigènes utilisés dans les circuits des **pompes à chaleur** géothermiques sont des gaz qui, en cas de fuite, contribuent à l'**effet de serre** détruisant aussi la **couche d'ozone**. On ne sait toujours pas comment gérer à très long terme des **déchets nucléaires** à haute et moyenne activité.

Les énergies renouvelables de type **bois**, solaire, **hydroélectricité**... sont tous issues de l'énergie solaire. Seule la **géothermie** et les **marées** échappent à cette règle. Hormis l'**énergie marémotrice** provenant des forces d'attractions combinées du Soleil et de la Lune, toutes les énergies renouvelables et non renouvelables ont donc pour origine directe ou indirecte l'**énergie nucléaire** naturelle, provenant : soit du soleil, (due à la **fusion nucléaire** de l'**hydrogène**), soit de la Terre, (due à la **désintégration** naturelle des roches de la **croûte terrestre**).

Le **pétrole**, le **gaz naturel** et le **charbon** ne sont pas des énergies renouvelables car il faudra des millions d'années pour reconstituer les stocks d'énergie fossile que l'on consomme actuellement. De même, l'énergie nucléaire actuelle, issue de la fission des atomes d'**uranium**, ne peut pas être considérée une énergie renouvelable, la

²² www.omafr.gov.on.ca/french/crops/pub75/1cultura.htm

réserve d'uranium disponible sur Terre étant limitée. Seuls les réacteurs à fusions, en cours d'expérimentation, dont le carburant (des [isotopes](#) de l'hydrogène présents dans l'eau des océans de façon quasi illimitée à l'échelle humaine), seraient des moyens de productions d'énergie utilisant une énergie renouvelable. Pour lire la suite, consulter le site suivant : fr.wikipedia.org/wiki/Énergie_renouvelable

FAO : c'est un sigle, qui signifie : *Food and agriculture organization*, soit « Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture ». C'est une organisation spécialisée du [système des Nations unies](#), créée en 1945 dans la ville de [Québec](#). Son siège est à [Rome](#) depuis 1951. La FAO regroupe 190 membres (189 États plus l'[Union européenne](#))¹. Son objectif suprême affiché est « Aider à construire un monde libéré de la faim », sa devise, inscrite sur son logotype, est « Fiat panis » (« qu'il y ait du pain (pour tous) »).

Mission et activités de la FAO

* Fournir une assistance technique aux [pays en développement](#).

* Fournir des informations et harmoniser les normes dans les domaines de la [nutrition](#), l'[agriculture](#), les [forêts](#) et la [pêche](#), notamment par le biais de ses publications (par exemple : rapports périodiques sur l'agriculture, la pêche et les forêts), et de ses bases de données.

* Conseiller les gouvernements et leur fournir un espace de débat multilatéral.

* Organiser des forums neutres entre les États pour débattre des principaux problèmes relatifs à l'agriculture et l'alimentation.

* En collaboration avec l'[OMS](#), la FAO développe le [Codex alimentarius](#), système de normalisation internationale en matière alimentaire [1].

Secrétariat et maintenance du [Système de suivi des ressources halieutiques \(FIRMS\)](#).

La FAO a été allégée d'une partie de son mandat initial suite à la création du [PAM](#), d'une part, et du [FIDA](#), d'autre part, organisations également sises à Rome. Par suite, l'[aide alimentaire](#) ne relève plus de ses attributions principales.

FAO et Agriculture Biologique

Dans un rapport [2] sur la conférence internationale sur l'agriculture biologique et la sécurité alimentaire qui s'est tenu à Rome en mai 2007, la FAO constate que l'[agriculture biologique](#), étendue à grande échelle, serait à même de nourrir la planète. Elle souligne sa pertinence face à l'[agriculture intensive](#) usant des [pesticides](#), des engrais issus de la pétrochimie, voir des [OGM](#). Cette analyse est faite par rapport aux coûts, aux rendements obtenus à long terme, à une résistance accrue des écosystèmes face aux stress climatiques, à la réduction de l'utilisation des carburants fossiles et à l'indépendance qu'elle procure aux agriculteurs et aux états. Par ailleurs, elle constate que l'[agriculture biologique](#) est à même d'empêcher le gonflement des [bidonvilles](#), de maintenir les structures rurales, notamment grâce au fait qu'elle nécessite plus de main d'oeuvre.

Critiques formulées sur la FAO

La FAO a longtemps été critiquée dans la mise en place de ses plans d'aide alimentaire. Le principal reproche étant l'envoi massif de [nourriture](#) dans des pays pauvres empêchant le [commerce](#) local, en raison de la [concurrence](#) de la nourriture gratuite. Pour remédier à cette situation, la FAO s'engage maintenant à acheter prioritairement de la [marchandise](#) locale puis à la redistribuer. L'autre critique est plus [idéologique](#) : la FAO donne de la nourriture mais ne lutterait pas réellement contre ce que certains considèrent comme les véritables causes de la famine : les excès du [capitalisme](#), le manque d'[infrastructures](#), le manque de [ressources naturelles](#) ou les [guerres](#).

Crise au sein de la FAO

La FAO a commandé en 2005 à un groupe d'expert un audit d'évaluation Externe indépendante². Un pré-rapport³ (fin juillet 2007) estime que la FAO est "au bord du gouffre" ; son personnel étant démotivé par des « systèmes administratifs dépassés et rigides" et une "bureaucratie tatillonne". L'influence de la FAO « décline », ses services perdant de leur avantage comparatif, ce qui encourage les financeurs à diminuer son budget (de 370 millions d'USD/an, soit 270 millions d'€, mais qui a diminué de 20 % depuis 1995). Ses prises de position sont jugées parfois contradictoires et mal comprises ; promotion d'une agriculture productiviste après guerre, lutte contre la faim, puis promotion des OGM en 2004 avant d'inversement annoncer que l'agriculture biologique « avec une véritable volonté politique », pourrait contribuer à la sécurité alimentaire de la planète. Ce pré-rapport invite la FAO à se "réinventer", son existence restant nécessaire et ses objectifs initiaux n'étant pas atteints. Elle devrait se repositionner, notamment par rapport aux ONG qui occupent une place croissante dans le domaine de l'aide alimentaire et au développement d'une agriculture durable. Le pré-rapport se conclut par 110 recommandations pour s'adapter à un contexte qui a évolué. Le rapport final est attendu en novembre 2007. Source : fr.wikipedia.org/wiki/FAO

Fertilisation azotée et phosphorée

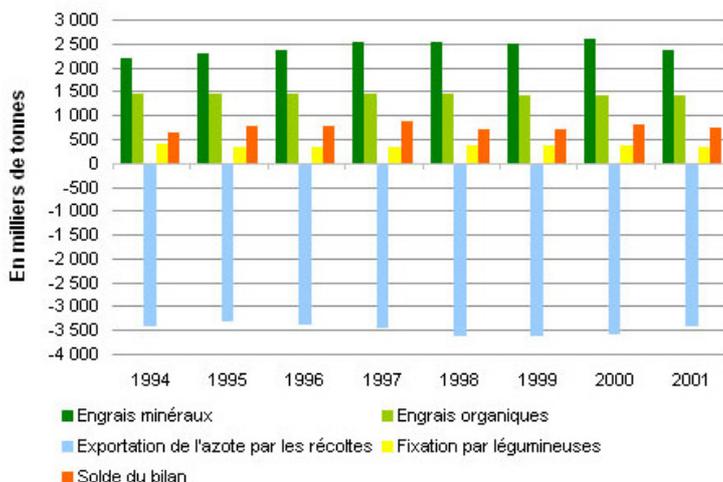
Une agriculture durable ne peut s'envisager sans le souci du maintien de l'équilibre des sols du point de vue des nutriments qu'il contient sous forme minérale ou organique (azote, phosphore, potassium, calcium, magnésium, soufre.). L'intensification de la production végétale consiste à augmenter le rendement de la biomasse prélevée pour la consommation animale et humaine par des apports supplémentaires en éléments fertilisants, tout particulièrement en azote, phosphore et potassium. Des excédents éventuels d'azote et de phosphore peuvent présenter des risques vis-à-vis de la qualité des eaux, tant pour la consommation humaine que pour la limitation des proliférations végétales dans les cours d'eau, lacs et eaux côtières.

L'utilisation des **engrais minéraux azotés**, après une période de forte augmentation de 1975 à 1990, a ensuite marqué le pas. La réforme de la politique agricole commune (PAC) en 1992 a probablement joué un rôle dans la baisse constatée lors de la campagne suivante. Depuis 1994, une légère reprise des ventes d'engrais minéraux azotés est observée. Elle s'explique par un développement relatif des grandes cultures au détriment des prairies et par une augmentation de la fertilisation minérale de ces dernières. Cependant, les quantités d'azote minéral appliquées à l'hectare semblent se stabiliser depuis 2000. La quantité d'engrais organiques utilisée, liée à l'importance du cheptel, varie peu d'une année sur l'autre.

Le Service central des enquêtes et études statistiques (Scees) du ministère de l'Agriculture et de la Pêche, en France, réalise régulièrement un bilan national de l'azote pour l'agriculture, selon une méthodologie proposée par le Comité d'orientation pour des pratiques agricoles respectueuses de l'environnement (Corpen). Il compare les quantités d'azote apportées par fertilisation aux quantités exportées par les cultures et prairies (prélevées, utilisées et non restituées au sol).

Le solde du bilan national ainsi estimé avoisine 700 000 tonnes en 2001, représentant environ 20 % des apports. Ceci correspond à une moyenne de 30 kg/ha de surface fertilisable. Toutefois, les situations sont très variables d'une région à l'autre. Un calcul par zone hydrographique prenant en compte les dépôts atmosphériques fait apparaître des surplus très importants dans les régions d'élevage intensif comme la Bretagne, la Basse-Normandie et les Pays de la Loire.

Évolution du bilan national d'azote agricole au sol - en milliers de tonnes



Note : bilan calculé hors dépôts atmosphériques et volatilisation de l'ammoniac lors de l'épandage.

Source : ministère de l'Agriculture et de la Pêche (Scees).



Télécharger les données au format PDF (taille : 11.3 Ko)



Télécharger les données au format Excel (taille : 25 Ko)

Densité de surplus d'azote en 2000

en kg/ha de surface de zones hydrologiques (unités de base du découpage hydrographique de la France)

http://www.ifen.fr/fileadmin/donnees_essentiels/agriculture/agriculture1c.htm

Note : y compris dépôts atmosphériques et volatilisation de l'ammoniac lors de l'épandage.

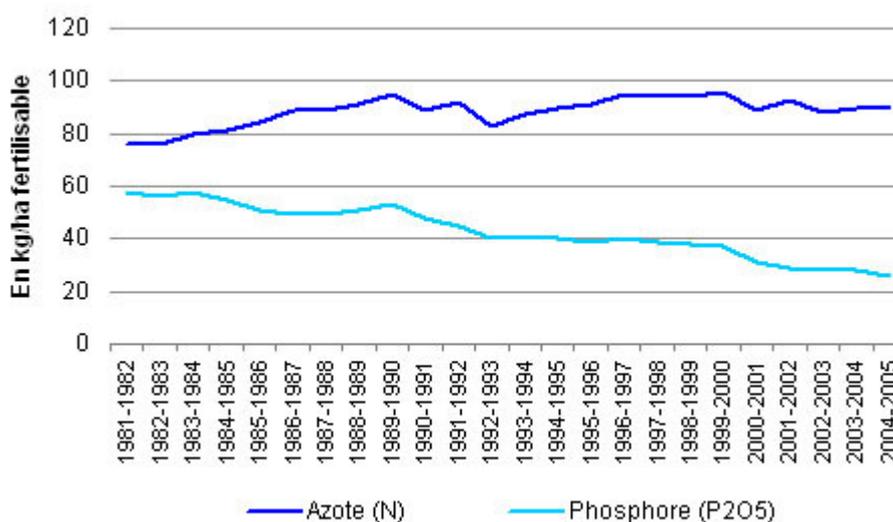
Source : Ifen - Bature-Cerec – Oieau – Solagro- agences de l'Eau (logiciel Nopolu System2).



Télécharger la carte au format PDF (taille : 66 Ko)

Évolution de la moyenne nationale des apports minéraux azotés et phosphorés

en kg/ha fertilisable



Source : Unifa (Union des industries de la fertilisation).



Télécharger les données au format PDF (taille : 11.0 Ko)



Télécharger les données au format Excel (taille : 23 Ko)

Le phosphore se fixe facilement sur les particules de sol. Les pertes vers les eaux sont liées à l'intensité du ruissellement et à l'érosion des sols. Les doses de phosphore minéral appliquées pour la fertilisation ont considérablement diminué depuis vingt ans grâce à un meilleur raisonnement. Seules les zones d'élevage intensif de porcs et volailles connaissent des apports en phosphore total (minéral et organique) parfois trop importants par rapport aux besoins des cultures. En effet, les épandages d'effluents organiques y sont encore souvent effectués sur la base des quantités d'azote apportées, sans tenir compte du phosphore. Le solde du bilan des flux de phosphore (différence entre apports et exportation par les récoltes et le pâturage) représentait 10 % en surplus des apports en 2002, contre 30 % en 1994.

Voir aussi...

www.agreste.agriculture.gouv.fr (Agreste, statistique agricole)

www.unifa.fr (Union des industries de la fertilisation)

www.ecologie.gouv.fr (ministère chargé de l'environnement)

Rubrique Corpen : Le ministère > Conseils et comités nationaux > Au près de la direction de l'eau > Corpen

Dernière mise à jour : juin 2006 - Source : www.ifen.fr/.../activites-humaines/agriculture-et-environnement/la-fertilisation-azotee-et-phosphoree.html

Engrais vert : c'est la mise en œuvre d'une technique qui utilise des plantes à croissance rapide, qui se développent même en fin de saison, en couvrant le sol de façon importante. Sur une courte période, elles constituent une forte quantité de matière organique récupérable pour enrichir naturellement la terre. Cette technique culturale consiste à cultiver des plantes sur un sol puis de les détruire et les enfouir sur place. Elle est pratiquée entre 2 cultures vivrières dans le but d'améliorer l'aptitude culturale du sol (propriété physique, chimique et biologique).

On utilise les plantes fourragères **légumineuses**, comme le **trèfle**, la **luzerne**, ou non légumineuse comme la **moutarde**, **phacélie** ou la **vesce** (commune dans les champs sans culture). Les légumineuses sont utilisées pour leur faculté à fixer l'**azote** de l'**air** et pour la masse de leur feuillage. En fermentant rapidement, ces engrais améliorent de façon certaine la structure du sol, en apportant humus et azote.

Rôles d'un engrais vert

* Protéger les sols de l'érosion

La couche de terre végétale (couche nourricière) est très fine et longue à se former. Il est donc indispensable de la protéger particulièrement dans les zones où les hivers sont pluvieux et dans les terrains pentus. L'implantation d'un engrais vert à croissance rapide protégera la surface du sol durant tout l'hiver

* Prévenir de l'enherbement des sols par les mauvaises herbes

Autre intérêt non négligeable : la lutte contre les **mauvaises herbes**. En effet, la concurrence entre les plantes est acharnée. La mise en place rapide d'un "engrais vert" après la récolte des légumes empêchera tout développement des herbes indésirables.

* Limiter le gaspillage et prévenir la pollution

Après toute culture, un certain nombre d'éléments minéraux restent disponibles dans les sols (excédant des apports d'engrais, minéralisation de l'humus) et sont donc, tels les nitrates, susceptibles d'être lessivés pendant l'hiver. La mise en place d'un « engrais vert » a donc pour objectif de faire consommer ces excédants mais aussi de les rendre à nouveau disponibles pour la culture suivante après broyage et enfouissement en fin d'hiver. Le choix d'une plante, autre qu'une **légumineuse** s'imposera lorsque le risque d'excédant azoté se présentera (apport en lisier ou fumier important). En effet, les **légumineuses** ont la particularité de synthétiser l'azote nécessaire à leur croissance à partir de l'azote de l'air. Elles sont donc peu consommatrices d'azote d'origine minérale.

*** Améliorer la structure des sols et limiter le drainage**

Décompacter le sol qui peut se faire par un labour profond ou encore par le semis d'un « engrais vert » ayant un développement racinaire important. En outre, ce décompactage améliore la vie microbienne ; au printemps, au moment du réchauffement du sol, cette flore microbienne participera à la restitution d'éléments fertilisants. L'importance du développement racinaire et du couvert végétal contribuera ainsi à limiter le lessivage qui conduit à l'accumulation des nitrates dans les ruisseaux et les nappes phréatiques

***] Comment choisir son engrais vert**

	Rapidité d'installation	Développement racinaire et effet sur la structure du sol	Masse du couvert végétal	Qualités apicoles (plantes mellifères)	Intérêt dans la lutte contre le lessivage des nitrates
Chou	+++	+++	++	+	++
Moutarde	+++	+++	+++	+++	++
Navet	+++	++	++	+	++
Colza	+++	+++	+++	+++	++
Sarrasin	+++	+	++	+++	++
Vesce	++	++	++	+	-
Trèfle violet	+	++	+++	+	-
Mélicot	+	++	+++	+++	-
Phacelie	+++	+++	+++	+++	++
Ray-grass	++	++	++	+	+++
Moha	++	++	++	+	+++
Seigle	++	++	++	+	+++

*** Quelques engrais verts utilisables et leurs caractéristiques**

Variétés	Hauteur	Dose de semis	Caractéristiques	Date et conseils de semis
Colza fourrager	80 cm à 1,80 m	150 à 200 grs / 100 m ²	Avantages : Très riche en azote, utilisable en engrais vert et en fourrage, couvre très bien le sol et le protège contre le lessivage des éléments fertilisants. Inconvénients : Assez difficile à enfouir du fait de ses racines puissantes. Végétation assez haute. Il est déconseillé de cultiver le colza avant une culture de radis, navets...	Mars à août. Valable pour une jachère rapide.
Luzerne	50 à 80 cm	250 grs / 100 m ²	Légumineuse Avantages : Très bon fourrage, excellent fixateur d'azote. Protège la terre contre l'érosion grâce à son système racinaire pivotant. Très résistant à la sécheresse. Enrichit le sol en humus. Inconvénients : Ne réussit pas dans toutes les terres. Risques de repousses. Craint l'humidité excessive..Lente à installer.	Mars à septembre. Terre très propre. Valable pour une jachère de 3 ans. Attention une vieille luzerne est difficile à détruire
Moutarde blanche	25 à 60 cm	200 à 300 grs / 100	Avantages : Croissance rapide. Action anti-nématode (vers nuisibles). Facile à enfouir.	Avril à septembre. Peut s'utiliser avant une culture tardive (haricots, tomates, courges...) Du fait de sa croissance

		m ²	Inconvénients : Délai pour remettre le terrain en culture (6 à 8 semaines). Arrive très vite à maturité. Il est déconseillé de cultiver la moutarde avant une culture de radis, navets.	rapide, éviter de semer trop tôt pour passer l'hiver (les plantes deviennent alors très difficiles à enfouir). Valable pour une jachère rapide.
Navette fourragère		150 à 200 grs / 100m ²	Avantages : Croissance rapide. Très riche en azote, utilisable en engrais vert et en fourrage. Fauchage facile. Résiste bien à la sécheresse. Inconvénients : Assez difficile à enfouir du fait de ses racines puissantes. Peu résistante au froid. Il est déconseillé de cultiver la navette avant une culture de radis, navets...	Juillet / août. Valable pour une jachère rapide.
Phacélia	80-100 cm	100 à 150 grs / 100m ²	Avantages : Action insecticide (nématodes). Fixe les nitrates au niveau de la racine. Etouffe vite les mauvaises herbes en particulier le chiendent. Belle fleur bleue, plante mellifère. Système racinaire dense et fin, améliore la structure des terres. Aucun parasite connu. Inconvénients : Délai pour remettre le terrain en culture (6 à 8 semaines). Arrive très vite à maturité (floraison 50 jours après semis selon conditions climatiques).	de mi-juillet à mi-septembre. Attention aux doses de semis, graines très fines. Valable pour une jachère rapide
Ray grass Anglais		250 à 300 grs / 100 m ²	Avantages : Idéal pour les terres en friche, peut s'utiliser en association avec du trèfle blanc. Pousse vigoureuse .Peut être semé tardivement. Se tond facilement. Protège la terre contre le lessivage des éléments fertilisants. Inconvénients : Attire de nombreux insectes nuisibles, en particulier les tipules et les vers gris	Mars à octobre. Valable pour une jachère de 3 ans en association avec du trèfle blanc nain
Ray grass d'Italie		300 à 400 grs /100 m ²	Avantages : Idéal pour les terres en friche, peut s'utiliser en association avec du trèfle violet. Pousse très vigoureuse .Peut être semé tardivement. Très bon fourrage. Faucher régulièrement. Protège la terre contre le lessivage des éléments fertilisants. Inconvénients : Croissance très rapide. Attire de nombreux insectes nuisibles, en particulier les tipules et les vers gris	Mars à octobre. Valable pour une jachère de 18 mois, (éventuellement en association avec du trèfle violet)
Trèfle violet	20 à 40 cm	200 à 250 grs / 100 m ²	Légumineuse Avantages : Apport d'azote à la terre. S'adapte à tout types de sols. Conseillé après des cultures de crucifères (choux, navets, colza...). Peut se tondre. Inconvénients : Peut repousser après enfouissage. Pousse mieux en association avec du ray grass. Démarrage assez lent si le sol est froid, peut se faire envahir par des mauvaises herbes. Déconseillé en cas de terrain infesté par le mouroon	Mars à septembre. Valable pour débiter une nouvelle culture en juin (tomate, courge, haricot... Durée de végétation : 6 mois à 2 ans. Attention un vieux trèfle est difficile à détruire
Trèfle incarnat	25 à 50 cm	250 à 300 grs / 100m ²	Légumineuse Avantages : Apport d'azote à la terre. Conseillé après des cultures de crucifères (choux, navets, colza...). Facile à enfouir Inconvénients : Démarrage lent, peut se faire facilement envahir	Juillet à mi-août. A réserver aux terrains propres. Valable pour une jachère rapide

			par des mauvaises herbes. Germination pas toujours très vigoureuse. Déconseillé en cas de terrain infesté par le mouron	
Trèfle blanc	10 à 50 cm	.	Légumineuse	.
Fénugrec	.	.	Légumineuse	Printemps-été. Durée de végétation : 3 mois. Sols plutôt calcaires. Craint le gel
Fèverole	.	.	Légumineuse	semis toute l'année. Durée de végétation : 3 mois ou 6 mois (hiver). Bien arroser en été
Lupin blanc	.	.	Légumineuse	semis toute l'année. Durée de végétation : 2 mois ou 4 mois (hiver).

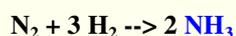
fr.ekopedia.org/Engrais_verts

Fixation symbiotique ou fixation biologique de l'azote : c'est un processus qui permet de produire des substances **protéiques** à partir de l'**azote** gazeux présent dans l'**atmosphère** et l'environnement. C'est le processus de réduction **enzymatique** de N₂ (azote moléculaire) en azote ammoniacal, ou **ammoniac** (NH₃) : cette forme de N combiné, appelée intermédiaire-clé, représente la fin de la réaction de fixation et le début de l'incorporation de l'azote fixé dans le squelette carboné. Dans le système biologique fixateur de N₂ les conditions optimales de la catalyse biologique correspondent à une pression de 0,2 à 1,0 atm de N₂ et une température de 30-35°C, alors que les conditions de la catalyse chimique sont très sévères : pression de 250-1.000 atm de N₂ et température de 450°C¹.

Ce processus est comparable à celui de la **photosynthèse** qui permet de produire des substances **glucidiques** à partir du **gaz carbonique** (CO₂) de l'atmosphère. Mais, alors que la photosynthèse est le fait de tous les **végétaux** (sauf les végétaux **saprophytes**), la fixation de l'azote ambiant n'est réalisée que par certaines espèces de **bactéries** et d'**algues cyanophycées**. Toutefois, de nombreuses **plantes**, principalement de la famille des **Fabacées** (**légumineuses**), la réalisent de façon indirecte, en **symbiose** avec des bactéries de leur **rhizosphère**, qui se localisent généralement dans des **nodosités** situées sur leurs racines.

Jusqu'à une date récente, on admettait que les champignons mycorrhiziens pouvaient fixer N₂. On sait maintenant que la propriété de fixer N₂ est strictement limitée aux **procaryotes**^{2,3} et n'a jamais été montrée chez les champignons filamenteux. La fixation de N₂ (mesurée par la réduction de l'**acétylène**-C₂H₂ en **éthylène**-C₂H₄ ou CH₂=CH₂) par une racine **mycorrhizée** ne devrait pas être imputée au champignon lui-même mais aux bactéries associées de la **mycorrhizosphère**. Cette activité de fixation de N₂ est d'ailleurs encore plus importante dans la **litière** forestière que dans la **mycorrhizosphère** elle-même⁴.

Ces organismes **procaryotes** produisent une **enzyme**, la **nitrogénase**, qui permet de réaliser la synthèse de l'**ammoniac** par une réaction de **réduction** fortement **endothermique** :



dans les conditions du sol, à l'opposé des 450 °C des procédés industriels qui requièrent aussi une pression moyenne de l'ordre de 400 atmosphères. L'ammoniac est ensuite transformé en **acides aminés** utilisables par les plantes.

Les bactéries fixatrices d'azote

Il existe des bactéries *libres* qui vivent dans le sol et assurent la fixation de l'azote, soit seules, soit en **symbiose** avec d'autres bactéries. Ce sont principalement:

- des bactéries **aérobies** : *Azotobacter*, *Azomonas* ;
- des bactéries **anaérobies** : *Clostridium*, *Citrobacter*...

D'autres bactéries vivent en symbiose avec des plantes :

- *Rhizobium* : légumineuses (fabacées);

- *Actinomycètes* : diverses espèces d'angiospermes, essentiellement arbres et arbustes, notamment les aulnes, l'argousier et le *Myrica gale*.

Le cas de la fixation de l'azote atmosphérique chez les légumineuses

Les différentes espèces de bactéries *rhizobiums*, qui sont capables d'infecter les racines des légumineuses (famille des Fabacées), sont spécifiques de certaines plantes-hôtes. Ainsi *Rhizobium phaseoli* infecte les haricots (*Phaseolus* sp).

Les bactéries provoquent la formation de nodosités sur les racines en pénétrant par les poils racinaires, et se transforment en « bactéroïdes » de plus grande taille. Les nodosités sont le siège d'une activité symbiotique dans laquelle la plante fournit les sucres et l'énergie issus de la photosynthèse, et bénéficie en retour des acides aminés qui y sont produits. Cette activité peut produire jusqu'à 300 kg d'azote à l'hectare, qui se retrouvent en partie dans les récoltes exportées (protéines des graines et fourrages) et en partie dans le sol, utilisable par les cultures suivantes. Au niveau mondial, on estime à 100 millions de tonnes par an le volume d'azote ainsi fixé, soit l'ordre de grandeur de la production d'azote de l'industrie chimique.

Dialogue moléculaire entre les Fabacées (Légumineuses) et les bactéries Rhizobiacés

La formation des nodules racinaires met en jeu un dialogue moléculaire complexe entre la plante-hôte et les Rhizobiacées. La plante secrète des signaux de type flavonoïdes, bêtaïnes ou strigolactones. La perception de ces signaux par la bactérie induit l'expression de nombreux gènes bactériens, dont une centaine sont connus. Les plus étudiés sont les gènes nod. (ou bien nol et noe). Les gènes nodD expriment des protéines régulatrices en réponse aux inducteurs végétaux. Une fois activées les protéines NodD se fixent sur des séquences nod-box, promoteur des gènes nod de structure et activent leur transcription. Ces gènes produisent des facteurs Nod essentiels dans l'établissement de la symbiose. Les facteurs NOD activent une voie de signalisation faisant intervenir une série de gènes de la plante-hôte, et provoquent finalement des modifications morphologiques et cytologiques de la racine, pour aboutir à la formation des nodules.

La voie de signalisation des facteurs NOD

De nombreux gènes ont été identifiés chez le pois (*Pisum sativum*), le lotus (*Lotus japonica*) et *Medicago tringatula*. Ce sont tous des récepteurs SYMRK (*symbiosis receptor like kinase*), possédant un domaine kinase coté intracellulaire (RLK, *Receptor like kinase*) et des motifs riches en LysM (interaction avec les facteurs NOD) coté extracellulaire. Les gènes sont appelés Nfr (*Nod factor receptor*) ou Sym (*symbiosis genes*). Il pourrait y avoir deux types de récepteurs, un contrôlant l'infection de la racine par la bactérie, l'autre permettant la courbure des poils absorbants. Quelques dizaines de secondes après l'application des facteurs Nod, on observe un influx rapide de calcium qui induit une dépolarisation de la membrane plasmique entraînant la courbure et la déformation de poils absorbants. Dix minutes après des oscillations périodiques et transitoires de la concentration de calcium cytosolique se produisent à proximité de la région périnucléaire. Ces oscillations calciques (*calcium spiking*) sont dues à deux protéines membranaires DMI1 et DMI2. Ce dernier est un récepteur de type RKL (*receptor like kinase*) présentant trois domaines riches en Leucine (LRR). La réponse à ces oscillations est due au gène DMI3 codant une protéine kinase qui est calmoduline et calcium dépendante. Cette protéine perçoit les variations de concentration en calcium à la fois par liaison à des calmodulines liées au calcium et au calcium libre. DMI3 est activé par l'autophosphorylation de son domaine kinase. De plus, DMI3 exerce un retrocontrôle négatif sur DMI1 et DMI2, et donc sur les oscillations calciques. DMI3 active l'expression des gènes ENOD (*early noduline genes*, gènes à nodulines précoces), protéines produites par la plante pendant les premières étapes de la symbiose, (comme la leghémoglobine) impliquées dans l'infection et l'organogenèse des nodules activant la division des cellules corticales. Cependant les substrats intermédiaires de DMI3 ne sont pas encore bien déterminés.

Evolution des symbioses fixatrices d'azote - Origine et apparition

Il semblerait que les Rhizobiacées ont recruté la voie de signalisation des mycorhizes et que l'organogénèse du nodule soit dérivée du programme génétique de l'organogénèse des racines secondaires. Les endosymbioses fixatrices d'azote seraient apparues il y a 65 millions d'années. L'ancêtre commun à toutes ces espèces aurait développé une endosymbiose bactérienne, grâce à une certaine prédisposition à l'organogénèse nodulaire (la formation de nodules étant un détournement du programme génétique de formation des racines secondaires). Il est probable que la capacité à former des nodosités soit apparue plusieurs fois et indépendamment au cours de l'évolution. Cette aptitude a aussi été perdue plusieurs fois, par exemple pour l'adaptation à des sols plus fertiles. Cela permet d'expliquer la présence de plantes sans nodules à l'intérieur du clade des plantes à nodules.

Spécificité symbioses fixatrices d'azote

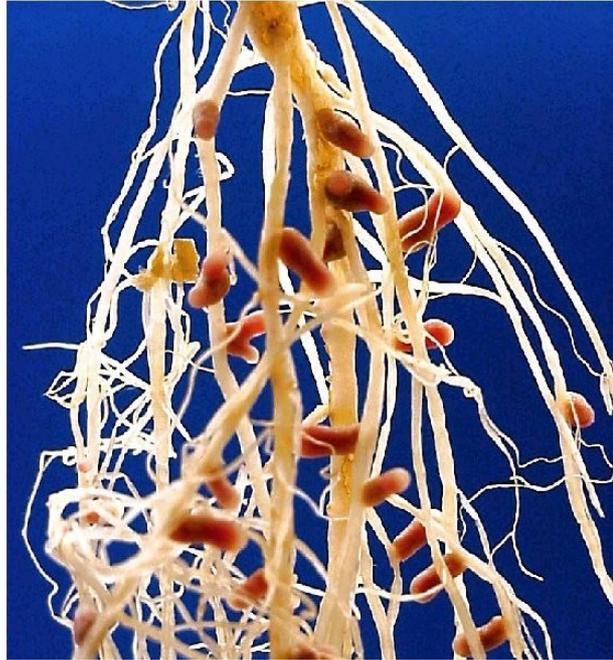
Deux forces de sélection antagonistes pourraient rendre compte de la spécificité des symbioses fixatrices d'azote. La première, positive, est l'augmentation du taux d'azote fixé par la plante hôte colonisée par le micro organisme fixateur d'azote. La seconde, négative, est l'invasion de la plante hôte par un pathogène non productif. De plus une spécificité faible semble se rencontrer dans les genres de plantes primitives, alors que la spécificité des symbiotes augmente au cours de l'évolution. Au niveau moléculaire on peut définir trois niveaux de spécificité lors du dialogue plante hôte rhizobium. Les gènes Nod sont portés par un plasmide bactérien. Des transferts horizontaux de gènes peuvent alors s'effectuer, ce qui transfère également les spectres d'hôtes. Ceci explique l'interaction entre des espèces de bactéries éloignées évolutivement et des plantes hôtes proches, et inversement. Ainsi il y a une co-évolution entre les gènes de la symbiose et les plantes hôtes, et non entre les Rhizobiacées et les plantes hôtes.

Autres plantes à la rhizosphère fixatrice d'azote

De nombreuses plantes ont des associations similaires : *Lobaria* - *Lobaria cuneifolia* (L.) Haw.; nom retenu: *Saxifraga cuneifolia* subsp. *cuneifolia*⁵, Désespoir-du-peintre, Saxifrage à feuilles en coin (famille des *Saxifragaceae*) avec certains lichens. *Azolla* (famille des *Azollaceae*). *Cycadacée* (famille des *Cycadaceae*). *Gunnera* (famille des *Gunneraceae*). *Alnus* ou Aulne (famille des *Betulaceae*). *Robinia pseudoacacia* (famille des *Fabaceae*). *Ceanothus* (famille des *Rhamnaceae*). *Myrica* (famille des *Myricaceae*). *Cercocarpus* (famille des *Rosaceae*). *Purshia tridentata* (angl. *antelope bitterbrush*) (famille des *Rosaceae*). *Shepherdia argentea* (angl. *silver buffaloberry*) (famille des *Elaeagnaceae*). *Casuarina* (famille des *Casuarinaceae*). *Allocasuarina* ainsi que d'autres genres de la famille des *Casuarinaceae*.

Source : fr.wikipedia.org/wiki/Fixation_biologique_de_l'azote

Des nodules de rhizobium sur des racines



www.interet-general.info/article.php3?id_arti...

Depuis l'Antiquité, les Fabacées, ou légumineuses, (haricots, trèfle, luzerne ...) sont connues pour leur faculté d'améliorer les sols, car elles fixent l'azote de l'air par symbiose. En réalité, cette fixation est due à des bactéries du genre *Rhizobium leguminosarum*, présentes dans les **nodosités** des racines.

L'observation au microscope de ces bactéries montre 3 aspects morphologiques différents :

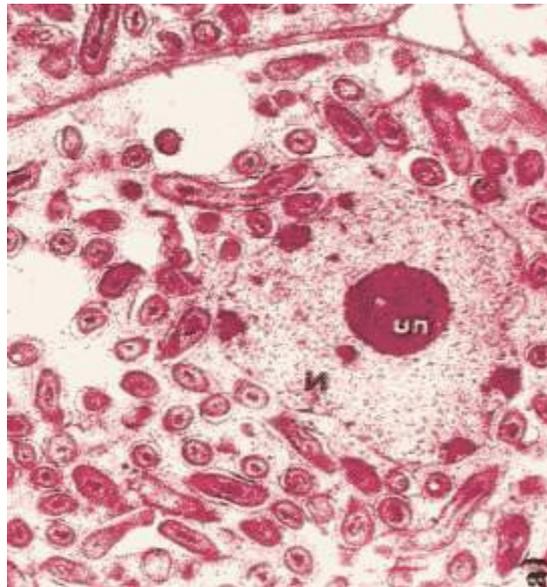
- des formes jeunes, allongées, très mobiles
- des formes adultes, ramifiées en Y, qui fixent activement l'azote de l'air et produisent des sécrétions azotées utilisées par la plante
- des formes vieilles, ovoïdes, progressivement digérées par la plante.

La **symbiose** est une association entre 2 êtres vivants, *à bénéfique réciproque*. Dans le cas que nous étudions, *Rhizobium* prélève dans la plante les glucides nécessaires à sa nutrition carbonée, tandis que la plante profite des substances azotées produites par la bactérie.

Une **nodosité** : renflement présent sur les radicelles, dont le parenchyme central est fait de cellules géantes envahies par des bactéries (tissu bactérien).



Nodosités dans des racines de glycine (© G. Dolisi)



Bactéries du genre *Rhizobium* vues au microscope (x 1 000)
georges.dolisi.free.fr/Microbio/TP/Rhizobium.htm

Les différentes voies de la fixation de l'azote en général

L'azote gazeux (N_2) peut se transformer en azote assimilable par les plantes (c'est ce qu'on appelle la **fixation de l'azote**) par trois processus naturels différents :

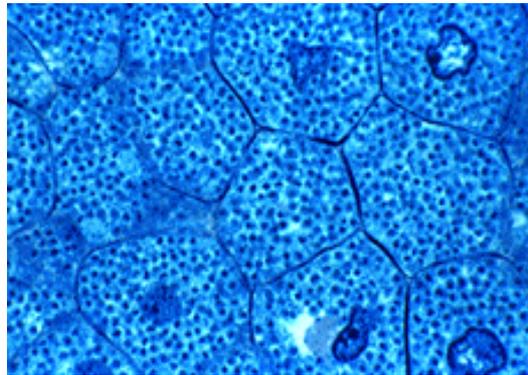
- **Les orages**
 Au voisinage des éclairs, les hautes températures et pressions engendrées permettent la formation d'oxydes d'azote qui retombent au sol avec la pluie. Il y a 45 000 orages par jour sur notre planète.
- **Les bactéries et cyanobactéries fixatrices d'azote du sol**
 Le sol contient de nombreuses espèces de bactéries et de [cyanobactéries](#) (appelées aussi *algues bleues*) pouvant transformer l'azote atmosphérique en ammoniac. Plusieurs de ces microorganismes vivent à la surface des racines des plantes (un environnement appelé la **rhizosphère**) ou même dans les tissus de certains végétaux. L'ammoniac est rapidement transformé en nitrates par les bactéries du sol.

- **Les bactéries des nodules de légumineuses**

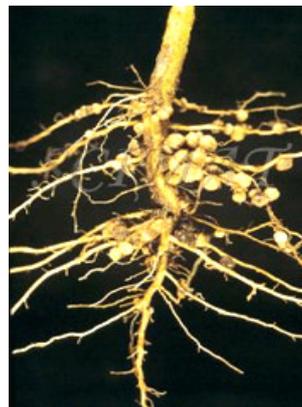
Les plantes de la famille des **légumineuses** vivent en association étroite avec des bactéries fixatrices d'azote appartenant au genre **Rhizobium**.

Les légumineuses constituent l'une des familles les plus abondantes et diversifiées des plantes supérieures (plus de 17 000 espèces). Les **Rhizobium** peuvent fixer l'azote grâce à une enzyme qui ne fonctionne qu'en absence d'oxygène, la **nitrogénase**.

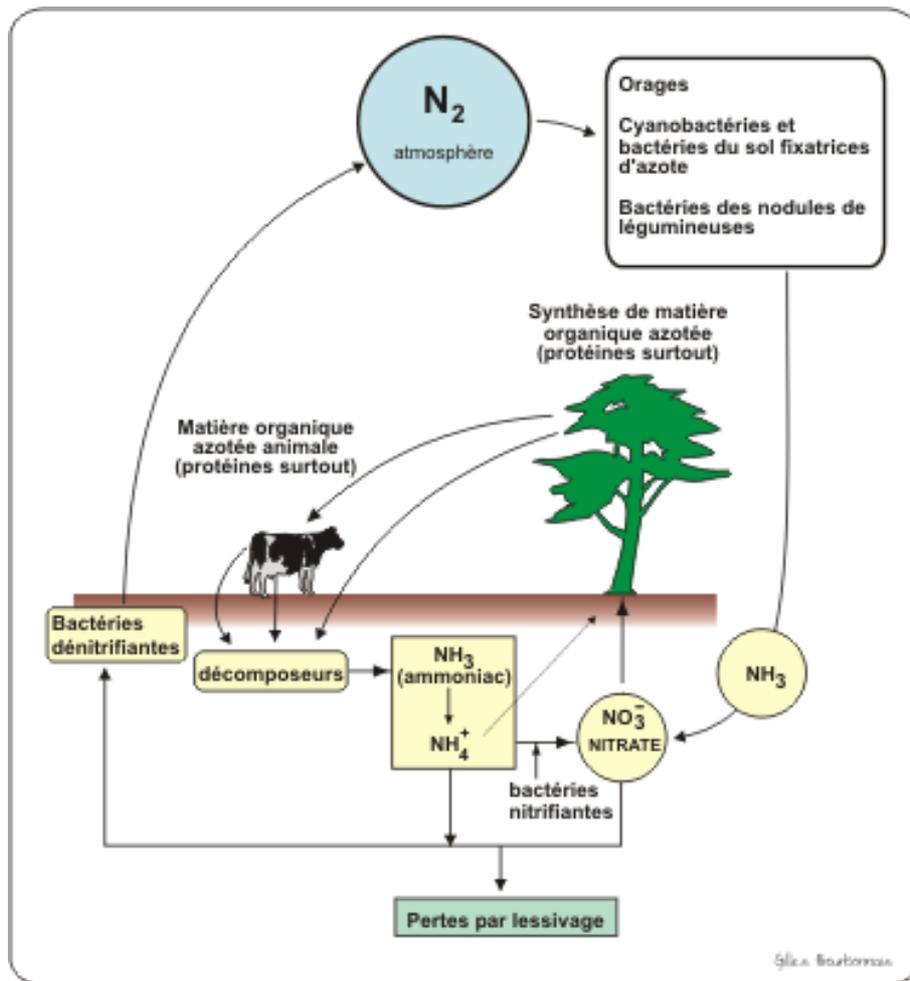
Les bactéries associées aux légumineuses produisent **plus d'azote assimilable par les plantes que ce que la plante n'en utilise**. Les légumineuses sécrètent donc de l'azote dans le sol! La culture de légumineuses enrichit le sol en azote (surtout si on enfouit, à la fin de la saison, une partie de la récolte dans le sol). Il y a toujours un avantage en agriculture à procéder à la **rotation des cultures**, c'est à dire faire alterner la culture d'une légumineuse avec celle d'une autre plante qui, elle, nécessite beaucoup d'azote pour croître. ex. alternance maïs – luzerne. La luzerne est une légumineuse et le maïs une céréale. La culture de la luzerne enrichit le sol en azote ce qui permet ensuite de cultiver le maïs. La culture de la luzerne peut apporter au sol plus de 300 Kg d'azote par hectare (45 fois ce qui est produit par les bactéries fixatrices d'azote).



Cellules des nodules de la racine d'une légumineuse contenant des bactéries du genre *Rhizobium* (les petits points noirs visibles dans les cellules). Les bactéries envahissent les cellules des nodules des racines.

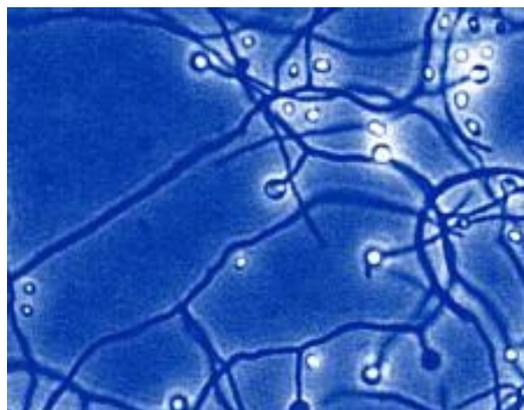


Nodules sur les racines d'une légumineuse



Quelques espèces qui n'appartiennent pas à la famille des légumineuses ont aussi développé une association avec des bactéries fixatrices d'azote. C'est le cas, par exemple, de l'Aulne, *Alnus crispa*, un petit arbuste qui a été utilisé à la Baie James, au Canada, pour reboiser les espaces où la végétation avait été détruite.

Source : ici.cegep-ste-foy.qc.ca/.../notesnutrition4.htm.



Culture de *Frankia alni* présentant des hyphes (filaments) ramifiées et septées (pourvues de cloisons transversales nommées septum) et des diazovésicules, cellules spécialisées dans la fixation de l'azote (photo Y. Hammad)



Section longitudinale d'un nodule ramifié de racine d'aulne, coloré de façon à mettre en évidence les grandes cellules corticales remplies de diazovésicules. Le diamètre basal est de l'ordre de 2 millimètres. (Photo P. Normand).



Aulne glutineux (*Alnus glutinosa* L.) sur les berges du Rhône à Lyon. Au premier plan à gauche se trouvent des inflorescences mâles (bas) et des infructescences (haut). L'aulne conserve un feuillage vert à l'automne alors que les arbres voisins remobilisent l'azote. La litière de l'aulne est donc riche en azote, ce qui permet de démarrer des successions écologiques. (Photo P. Normand)



Test de nodulation de *Frankia alni* souche ACN14a sur des semis d'*Alnus glutinosa* croissant sur un substrat artificiel sans azote. Les semis de gauche sont des témoins non inoculés dont la croissance est fortement diminuée (photo [B. Mullin](#)).

[Frankia alni, Une actinobactérie symbiotique fixatrice d'azote](http://www.cns.fr/.../Projet_HF/organisme_HF.html) . Source : www.cns.fr/.../Projet_HF/organisme_HF.html.

Institut Rodale : 2007 marks 60 years since J.I. Rodale founded The Rodale Institute to scientifically prove his philosophy of "Healthy Soil = Healthy Food = Healthy People." Here are ten ideas to help you improve your own health, and the health of the environment



www.rodaleinstitute.org/ et www.fadr.msu.ru/rodale/gp/torodale.html

La Pennsylvanie est un État des États-Unis, bordé au nord-ouest par le Lac Érié, au nord par l'État de New York, à l'est par le New Jersey, au sud par le Delaware, le Maryland et la Virginie-Occidentale et à l'ouest par l'Ohio.
Source : fr.wikipedia.org/wiki/Pennsylvanie



Lutte biologique ; c'est une méthode de lutte contre un ravageur ou une plante adventice au moyen d'organismes naturels antagonistes de ceux ci, tels que des phytophages (dans le cas d'une plante adventice), des parasitoïdes (arthropodes...), des prédateurs (nématodes, arthropodes, vertébrés, mollusques...), des agents pathogènes (virus, bactéries, champignons...), etc... dans le cas d'un ravageur phytophage.



Larve de coccinelle se nourrissant de pucerons

Les organismes utilisés en lutte biologique

Les auxiliaires qu'on cherche à utiliser sont le plus souvent des **insectes entomophages** ou des **acariens entomophages** ou **parasites**. Un prédateur bien connu est par exemple la **coccinelle** qui se nourrit de **pucerons**. Contre la **pyrale**, *Ostrinia nubilalis* ravageur du **maïs**, on utilise couramment une espèce de **trichogramme** qui est un micro-**hyménoptère** *Trichogrammatidae* (0,5 mm) dont les larves se développent au détriment des œufs de pyrale.

D'autres auxiliaires peuvent aussi être des **bactéries** ou des **virus** qui provoquent certaines maladies chez les insectes nuisibles. On parle de **muscardines** dans le cas de **champignons**.

Dans certains cas on a même utilisé des **poissons**. Ainsi, exemple pris hors de l'agriculture, pour lutter contre la prolifération des **anophèles**, **moustiques** vecteurs du **paludisme**, l'**Institut Pasteur d'Algérie** introduisit avec succès dans ce pays en 1926 un petit poisson du **Texas**, la gambouse (*Gambusia*) qui se nourrit des **larves** de **moustiques** dans les eaux stagnantes.

Les diverses formes de lutte biologique

Une forme particulière est la lutte « autocide » : on fait appel à des **mâles stériles**, qui lâchés en grand nombre concurrencent les mâles sauvages et limitent très fortement la descendance des femelles. Cette méthode est bien adaptée aux cultures sous serre.

Une méthode proche est celle qui consiste à utiliser des **phéromones** (hormone sexuelle) pour attirer les mâles dans des pièges ou tout simplement les désorienter par confusion.

L'utilisation de ces méthodes est encore limitée à cause des difficultés techniques qu'elle rencontre, pour identifier les auxiliaires utiles, qui soient spécifiques des objectifs de lutte, et ensuite assurer leur production en masse pour permettre une mise en œuvre à grande échelle.

De plus en plus la lutte biologique entre dans un cadre plus large, la **lutte intégrée** qui associe tous les moyens de lutte disponibles, chimique, biologique, mécanique, thermiques... et qui vise non pas à éliminer totalement les ravageurs, mais à maintenir leur population en dessous d'un seuil supportable économiquement parlant.

Les Hyménoptères et la lutte biologique

A l'exception de quelques groupes supérieurs prédateurs (*Formicidae*, *Sphecidae*, *Vespidae*), les Hyménoptères utilisés en **lutte biologique** sont avant tout des parasites, utilisés contre des **phytophages**.

Parmi les insectes parasitoïdes, les **Hyménoptères** sont, de loin, les plus fréquemment utilisés en lutte biologique contre des ravageurs avec 88% des essais de lutte contre 12% pour les Diptères, essentiellement des *Tachinidae*.

La plupart des tentatives de lutte biologique par Hyménoptères ont été faites avec des insectes appartenant aux 2 super familles suivantes : les *Chalcidoidea* (58%) et les *Ichneumonoidea* (31%).

Deux formes de lutte biologique sont envisagées :

A. Augmenter artificiellement les populations de parasites par des apports extérieurs.

B. Faciliter leur multiplication spontanée par un aménagement judicieux de leur environnement, en supprimant toute cause susceptible de nuire à leur survie.

On peut intervenir :

- soit en **diversifiant le nombre d'espèces entomophages** (intervention qualitative) par l'introduction et l'acclimatation dans le milieu d'entomophages nouveaux d'origine exotique.

La lutte biologique classique consiste en l'introduction d'espèces exotiques capable de réguler à long terme les

populations d'un ravageur, ce dernier ayant été lui même le plus souvent introduit accidentellement.

- soit en **augmentant le niveau de population d'espèces présentes** par multiplication (intervention quantitative) en insectarium et lâchers périodiques dans les cultures. La production et la **libération massive** d'entomophages efficaces,

- soit par **libération inoculative** (lutte préventive), soit par **lâchers inondatifs** (lutte curative) le plus souvent répétitif.

Les **avantages** d'une lutte biologique par utilisation de parasites sont :

* Une grande autonomie et une importante mobilité se traduisant par de bonnes capacités de dispersion, de découverte du ravageur et de survie dans le milieu.

* Une bonne capacité d'autopropagation, avec un effet durable, voire permanent et modérément amplifié du moment que l'hôte soit disponible.

* Une sécurité exceptionnelle pour la santé humaine et le respect de l'environnement. ne spécificité élevée permettant le ciblage précis d'un ravageur donné ou d'un groupe apparenté.

Par contre, les **désavantages** de leur utilisation sont :

* Le coût élevé de leur production en masse qui nécessite un mode d'alimentation particulier.

* La difficulté de leur transport sur les lieux d'intervention ainsi que leur stockage.

* La longueur relative de leur délai d'action.

* L'incertitude quant au niveau de contrôle atteint, lié à leur environnement.

* Leur spécificité élevée qui limite la gamme de ravageurs visés et leur possibilité d'autopropagation quand leur hôte est faiblement présent.

Exemples de lutte biologique

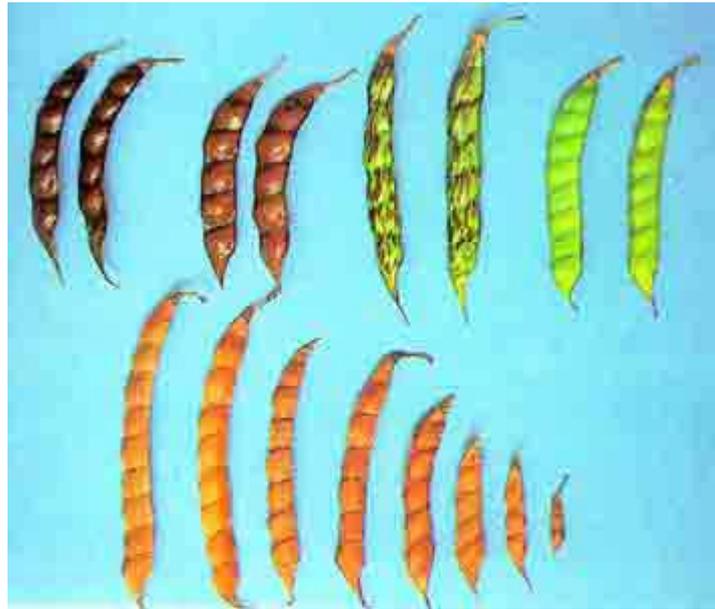
Le parasitoïde *Gonatocerus ashmeadi* (Hymenoptera : Mymaridae) a été introduit en **Polynésie française** pour lutter contre la cicadelle pisseuse *Homalodisca vitripennis* (Homoptera: Cicadellidae). Il s'est établi avec succès et a contrôlé 95% des populations de cicadelles pisseuses sans impact collatéral sur la faune locale. **Lutte biologique contre la cicadelle pisseuse en Polynésie française.**

Source : fr.wikipedia.org/wiki/Lutte_biologique

Modification ou manipulation ou transformation génétique ou transgénèse : ensemble de manipulations de laboratoire qui consistent à intégrer de l'ADN recombiné d'origine(s) diverse(s) dans du matériel vivant receveur, pour donner naissance à un Organisme Génétiquement Modifié ou OGM.

Pois d'Angole ou pois d'Ambrevade ou encore **pois de bois** ; nom vernaculaire (nom qu'on lui donne suivant le pays, ici les Comores) : N'Tsuzi (Grande Comores), Mtsongi (Anjouan) ; en latin *Cajanus indicus* ou *Cajanus cajan* : est un arbrisseau à fleurs produisant des gousses. L'arbrisseau peut atteindre deux à trois mètres de haut.

Gousses du Pois de bois



In Gene Symbols in Pigeonpea

Source : www.icrisat.org/PigeonPea/Archives/gsp.htm

Le pois d'Angole ou pois d'Ambrevade possède des tiges et des feuilles couvertes de poils blancs. Les fleurs sont de couleur jaune vif parfois striées de rouge.



Le fruit est une gousse linéaire oblongue renfermant des graines arrondies de couleur crème, qui sont comestibles.

Conditions de culture du pois d'Angole

Cette espèce est largement cultivée dans les zones tropicales du monde car elle tolère les hautes températures et les sécheresses. Par contre, elle ne supporte ni les gelées, ni un haut taux de salinité dans le sol. Aux Comores, elle est cultivée entre octobre et novembre. Les fleurs apparaissent entre février et mars et les gousses entre avril et mai. La récolte se fait de juin à juillet.



Champs d'embrevade - shamba la ntsuzi

Les graines contiennent 19 à 20 % de matières azotées, 62 à 64 % de matières hydrocarbonées et près de 1,10 à 1,12 % de matières grasses.

Utilisation du pois d'Angole ou pois d'Ambrevade

Bois de chauffage : la tige principale et les branches sont utilisées comme bois de chauffe pour la cuisine.

Alimentation : bonne source de protéines, les pois sont utilisés le plus souvent comme substitut de protéines animales (viande ou poisson) dans la cuisine. Aux Comores, on les associe à d'autres aliments, bananes vertes (Ndrovi na ntsuzi za nazi), manioc, patate douce, etc... avec du lait de coco. Mais ils peuvent aussi être consommés comme un plat de légume accompagné d'une viande ou en sauce (Mtuzi wa ntsuzi) pour accompagner le riz.



Assiette d'embrevade au lait de coco

Les cosses, l'enveloppe et les feuilles sont destinées à la nourriture des cabris.

Emploi de *Cajanus cajan* comme Engrais vert : c'est une légumineuse, et, comme telle, elle est très riche en azote du fait de son association avec des bactéries fixatrices d'azote. La bactérie provoque la formation d'une niche écologique à l'intérieur de laquelle elle se multiplie et fixe l'azote. La plante fournit à la bactérie les substrats carbonés issus de la photosynthèse et en échange les bactéries alimentent la plante en composés azotés. Ainsi, cette espèce devient intéressante dans l'utilisation comme engrais vert en remplacement d'engrais azotés chimiques. Des programmes d'études ont été mis en place afin de lutter contre l'érosion et inciter les cultivateurs à renoncer à leurs pratiques de défrichage et de brûlis. Le principe est de planter des buissons de légumineuses tel que *Cajanus cajan* dans les régions tropicales autour des cultures.

Usage médical de *Cajanus cajan* : la tisane de feuilles vertes est utilisée contre les coliques et maux de ventre, et les graines fraîches agissent contre l'incontinence urinaire. Aux Comores, le décocté des feuilles fraîches est utilisé comme bain de vapeur dans le traitement des conjonctivites.

Cajanus cajan (syn. *Cajanus indicus*), en anglais : **pigeon pea** : it is a member of the [family Fabaceae](#). Other common names are **arhar, red gram, toovar/toor**(Hindi/Gujarati/Marathi), **togari** (Kannada), **Kandi** (Telugu), **gandul, guandul, Congo pea, Gungo pea, Gunga pea, and no-eye pea**.

The cultivation of the pigeon pea goes back at least 3000 years. The centre of origin is most likely [Asia](#), from where it travelled to [East Africa](#) and by means of the slave trade to the American continent. Today pigeon peas are widely cultivated in all tropical and semi-tropical regions of both the [Old](#) and the New World.



Il peut se développer sur un petit arbre



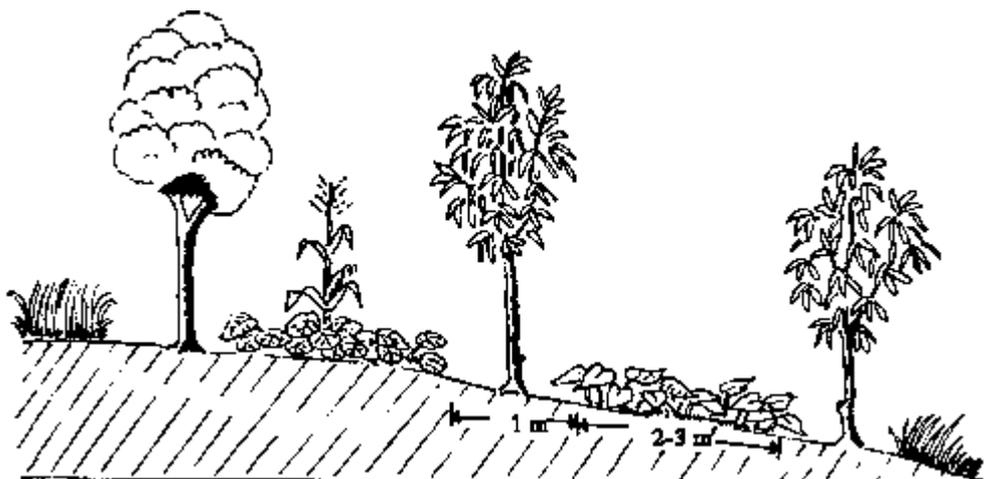
en.wikipedia.org/wiki/Pigeon_pea

Plantes de couverture ou plantes couvre-sol : ce sont des plantes rampantes, telles que les patates douces, les melons, les citrouilles, les haricots ou les pois, peuvent servir de plantes de couverture, de même que bon nombre de légumes quand on sème leurs graines à la volée afin qu'ils recouvrent le sol en poussant (voir la figure). Les cultures de couverture aident à empêcher que le sol ne soit emporté par les eaux de pluie. L'érosion de la couche d'humus et de la couche arable dans un jardin potager nuit grandement à la croissance des cultures et réduit leur rendement.

Les cultures de couverture permettent également de lutter durablement contre les mauvaises herbes du jardin potager. Contrairement au paillage, qui est surtout utilisé pour retenir l'humidité et empêcher certaines mauvaises herbes de pousser, la culture des plantes de couverture permet de contrôler aussi bien les mauvaises herbes que l'érosion du sol, et d'améliorer également la structure et la fertilité du sol.

Rôle des plantes de couverture

Les plantes de couverture telles que les plantes rampantes fournissent de l'ombre au sol et le protègent contre les effets de la pluie et du vent, ou du passage des animaux et des personnes. Un épais tapis de plantes de couverture fait une forte concurrence à toute graine de mauvaise herbe.



Cultures de couverture entre des arbres

Certaines plantes alimentaires peuvent servir de plantes de couverture (voir le tableau 1). La culture multiple, qui consiste à faire pousser ensemble différentes plantes alimentaires, est une bonne méthode pour couvrir le sol.

Les légumineuses non alimentaires peuvent également être cultivées comme plantes de couverture et utilisées ensuite comme engrais vert pour améliorer la fertilité du sol. Les plantes de couverture occupent l'espace laissé libre entre des plantes plus hautes, ce qui permet d'accroître l'espace destiné à la production vivrière et d'utiliser au maximum la terre disponible. La figure ci-dessus montre comment pratiquer des cultures de couverture entre des cultures arbustives.

Plantes de couverture utilisables

Cultures	Etablissement et soins
Plantes alimentaires	
Niébé Patate douce	Mettre du compost pour stimuler la croissance des plantes alimentaires de couverture
Citrouille, concombre, melon	La plupart de ces plantes peuvent être cultivées en association avec d'autres plantes alimentaires
Autres plantes	
<i>Pueraria</i> sp. Vétiver	Déracinez une poignée d'herbes et divisez-les en petits bouquets qui comprennent des racines et des feuilles. Plantez-les à environ 30 cm les uns des autres (plus près pour des herbes courtes, par exemple le chanvre)
<i>Calopogonium mucunoides</i> <i>Centrosema</i> sp. <i>Mucuna</i> sp. (durée de vie: 4-7 mois) <i>Stylosanthes guianensis</i>	Semez à la volée les graines de légumineuses ou enfoncez-les dans le sol à une profondeur de 2 cm, en les séparant de 30 à 50 cm. Il faut parfois scarifier les graines dures et sèches (inciser la peau) avant de les planter

Source : www.fao.org/docrep/005/x3996f/x3996f0y.htm

Plantes de couverture : plantes utilisées simultanément avec une culture principale. Le fait d'inclure dans l'assolement des cultures de couverture comme le seigle, le trèfle rouge, le sarrasin et le radis oléagineux ou des cultures qui restent sur pied l'hiver comme les fourrages ou blés d'automne peut retarder la croissance des mauvaises herbes. Les cultures à croissance rapide ou les cultures qui affichent des propriétés allélopathiques peuvent aussi maîtriser temporairement les mauvaises herbes. On peut aussi produire pendant une courte durée des cultures offrant une forte concurrence afin d'étouffer les mauvaises herbes. De plus, les résidus des cultures de couverture laissées à la surface du sol retardent la croissance des plantes adventices en gardant le sol plus frais et protégé des rayons du soleil. La destruction temporaire des mauvaises herbes dans une culture et après

une culture réduit le nombre de graines de mauvaises herbes viables dans le sol. Au moment de choisir une culture de couverture, toujours se demander quels effets la culture de couverture peut avoir sur la culture qui la suit. Source : www.omafra.gov.on.ca/french/crops/pub75/1cultura.htm

Les plantes de couverture en verger : [Résumé]

Auteurs : Damas O., De Roffignac L., Le Bellec F., Tournebize O., Cabidoche Y.M., Ozier Lafontaine H.

In : « ***La production fruitière intégrée en Guadeloupe. Intégration de la biodiversité dans les systèmes de culture*** » : résumés des interventions, Vieux-Habitants (Guadeloupe), 9 novembre 2006. - Montpellier : CIRAD, 2006, 1 page. Journée sur la Production Fruitière Intégrée en Guadeloupe, 09/11/2006, Vieux-Habitants, Guadeloupe

Comme leur nom l'indique, les plantes de couverture assurent une couverture du sol. L'intérêt de cette pratique est multi-fonctionnelle. Elle constitue en premier lieu un outil de gestion de l'enherbement mais peuvent contribuer à certaines améliorations aussi bien agronomiques qu'environnementaux (apport de matière organique, éventuellement d'azote, lutte contre l'érosion, refuge de faune auxiliaire, usage moindre d'herbicides). En terme de gestion de l'enherbement, le principe d'action des plantes de couverture diffère de celui des herbicides. Tout verger, comme toute parcelle agricole est soumis à une pression de recolonisation par des plantes pionnières indésirables, qualifiées communément de « mauvaises herbes » ou « d'adventices ». Avec un herbicide, on élimine la population d'adventices. Toutefois le sol mis à nu constitue un terrain favorable à une nouvelle recolonisation du milieu. Il faudra renouveler l'usage d'herbicides périodiquement. Quant aux plantes de couverture, elles interfèrent directement sur la dynamique de recolonisation du milieu, principalement par un effet permanent d'occultation (réduction de la quantité et de la qualité de la lumière au sol).

D'autres facteurs jouent également un rôle, à savoir compétition pour les nutriments, phénomènes d'allélopathie (synthèse de molécules inhibitrices de la croissance des plantes voisines et de la germination des semences), température, humidité, etc. Le CIRAD et l'INRA ont mis en place (i) une démarche de prospection en plantes de couverture adaptée aux besoins spécifiques des vergers guadeloupéens, (ii) accompagnée par la mise en place d'essais en station et chez les agriculteurs. La spécificité des vergers (climats, culture pérenne, interventions dans le verger) nécessite une prospection cadrée et précise des plantes de couverture susceptibles d'être utilisées.

Les critères suivants ont ainsi été retenus : plante pérenne ou autorégénérante, hauteur limitée à 40 cm, tolérante à la sécheresse, non volubile au possible, port non érigé, essence dé à présente en Guadeloupe. Trente essences parmi les graminées (Poacées) et légumineuses (Fabacées) ont ainsi été recensées. Beaucoup d'entre elles ne sont pas disponibles commercialement ou présentent des difficultés d'utilisation. A ce jour, les principaux intérêts en terme d'expérimentation se tournent vers *Macroptilium atropurpureum*, *Neonotonia wightii*, *Stylosanthes guianensis* et *S. hamata*, *Desmodium intortum*, *Vigna unguiculata*, *Cassia rotundifolia* (Fabacées) et *Cynodon dactylon* (Poacées). Ce travail de prospection et de collecte est toujours en cours. Chaque essence collectée est implantée en parcelle conservatoire pour observation, démonstration et multiplication. En parallèle de cette prospection, deux types d'essais de longue durée (plus de 5 ans) sont mis en place. Le premier, chez un agrumiculteur de Vieux-Habitants, compare l'usage d'une couverture végétale de *Macroptilium atropurpureum* avec la pratique actuelle de l'agriculteur (herbicide Glyphosate tous les deux mois, verger avec forte pente). L'objectif ici est d'appréhender l'impact de cette couverture végétale sur la population d'adventices (suivi de l'enherbement), sur les fruits (rendement et qualité), les arbres (concurrence en eau et sels minéraux) et le verger (suivi des ravageurs et maladies, suivi des propriétés agronomiques des sols, suivi de l'érosion). Cet essai récent (moins d'un an) ne révèle pas à ce jour de différence significative entre les deux modes de gestion. Il dresse pour l'heure l'état initial du verger, référence nécessaire pour exploiter au mieux les résultats à venir. Toutefois en terme de gestion de l'enherbement, la plante de couverture montre déjà son efficacité malgré une tendance à la volubilité. La plante occupe la presque totalité de la surface. La colonisation par les adventices est inhibée et les adventices déjà présentes cèdent peu à peu leur place à la plante de couverture. Le deuxième type d'essai cherche à définir quelles plantes de couverture sont les mieux adaptées aux différentes conditions pédoclimatiques que l'on peut rencontrer en Guadeloupe. Pour ce faire, des essais multi locaux sont mis en place chez des agriculteurs sur 5 sites et 4 écologies différents. Ces essais viennent tout juste d'être mis en place. (Texte intégral)²³

²³ publications.cirad.fr/une_notice.php?dk=535126



Rolling cover crop



Rolling hairy vetch and rye

www.cedarmeadowfarm.com/.../RollingStalk.html

« *Les plantes de couverture pour améliorer la fertilité des sols en Afrique* » (Bulletin du CRDI) 1999-04-23.
Article de John Eberlee

L'épuisement et la dégradation du sol sont des problèmes énormes qui contribuent à la faim et à la pauvreté en Afrique subsaharienne. La région compte une population de plus de 500 millions de personnes (dont près de la moitié vivent avec moins de 1 \$ US par jour), qui augmente d'environ 3 % par année. Depuis les années 1970, la production alimentaire dans la majeure partie de l'Afrique subsaharienne n'a pas suivi la courbe démographique. Une extrême fatigue des terres, le dépérissement des sols et l'accélération de la désertification en ont été les résultats désastreux.

Jadis, de nombreux agriculteurs africains conservaient au sol sa fertilité en pratiquant la culture sur brûlis ou en épandant des engrais chimiques et des herbicides dans leurs champs. *Mais les conditions ont changé au cours des dix dernières années*, fait remarquer [Daniel Buckles](#), administrateur de programme au Centre de recherches pour le développement international (CRDI). Par exemple, dans de nombreux pays, la productivité des systèmes agricoles traditionnels tels que la culture sur brûlis a chuté, tout comme l'accès aux subventions pour l'achat de produits chimiques agricoles.

* *De nouvelles méthodes de fertilisation des sols*

Aujourd'hui, les nouvelles méthodes employées pour améliorer la fertilité du sol comprennent le recours au compost, aux débris végétaux, aux engrais organiques, à la biomasse, aux copeaux de bois, aux cultures intercalaires en couloirs (ou cultures en bandes) et aux plantes de couverture, comme certaines variétés de légumineuses. Grâce au financement du programme *Des gens, des terres et de l'eau* du CRDI, un centre d'information établi au Bénin cherche à intéresser les agriculteurs à la culture des plantes de couverture afin de mettre un frein au dépérissement des sols en Afrique.

Créé en 1997, le [Centre d'information et d'échanges sur les plantes de couverture en Afrique](#) (CIEPCA) s'occupe, d'une part, de la collecte et de la diffusion de l'information sur les plantes de couverture ainsi que sur les organismes et les particuliers qui pratiquent la culture de couverture en Afrique et, d'autre part, de l'identification, du pré-tamassage, de la multiplication et de la distribution des semences. Le CIEPCA a été mis sur pied à l'issue d'un atelier sur les plantes de couverture et les engrais verts tenu à Cotonou, au Bénin. L'atelier a été organisé conjointement par l'Institut international d'agriculture tropicale (IIAT), le projet d'aide du Bénin Sasakawa Global 2000 et le CRDI.

* *Un exemple d'agriculture durable*

Depuis longtemps déjà, l'IAT reconnaît que les plantes de couverture sont indispensables à la durabilité de l'agriculture, affirme Robert Carsky, agronome de l'IITA et directeur du projet au CIEPCA. Mais il est difficile de convaincre les agriculteurs de leurs avantages parce qu'ils doivent renoncer à planter des cultures vivrières pour adopter les cultures de couverture.

Lorsque les agriculteurs optent pour les plantes de couverture, ce n'est pas toujours en vue d'améliorer la fertilité des sols, ajoute Carsky. Par exemple, plus de 10 000 cultivateurs du sud du Bénin se sont mis à utiliser *Mucuna pruriens* (ou pois mascate), une plante à croissance rapide qui couvre densément les champs en jachère, en partie parce qu'elle élimine le chiendent, *Imperata cylindrica*, une adventice tenace. Comme on peut le lire dans *Plantes de couverture en Afrique de l'Ouest : Une contribution à l'agriculture durable*, une publication récente du CRDI fondée sur l'atelier qui a eu lieu au Bénin, les petits agriculteurs sont plus enclins à adopter les plantes de couverture si :

- elle sont cultivées sur des terres dont le coût d'opportunité est faible (par exemple, des champs où les cultures intercalaires comprennent des cultures vivrières et commerciales, des parcelles en jachère, des cultures arbustives ou encore des terres cultivées durant des périodes où l'on s'attend aux sécheresses, aux inondations ou au gel);
- leur culture requiert très peu de main-d'œuvre supplémentaire (ou en nécessite moins parce qu'elles luttent contre les adventices);
- les semences sont facilement accessibles sans frais supplémentaires pour les agriculteurs;
- leur biomasse (graines, feuilles, tiges) procure des avantages outre l'amélioration de la fertilité du sol.

* *Le CIEPCA*

Le CIEPCA a notamment pour objectif de favoriser la recherche et de diffuser l'information sur les nombreux autres avantages que comportent les plantes de couverture (les possibilités qu'elles présentent comme source de nourriture - pour consommation humaine ou animale - ou de combustible) afin d'inciter les agriculteurs à les adopter. *Plusieurs légumineuses utilisées depuis toujours dans les cultures de couverture sont appréciées non seulement parce qu'elles contribuent à la fertilité du sol, mais aussi parce leurs graines ou gousses sont comestibles*, lit-on encore dans *Plantes de couverture en Afrique de l'Ouest*.

En Afrique, des semences de *Mucuna* sont parfois récoltées pour servir de nourriture ou de pâture. Des études indiquent toutefois que certaines variétés contiennent de la lévodopa, une substance chimique utilisée dans le traitement de la maladie de Parkinson, et d'autres composés potentiellement toxiques. En 1989, plus de 200 personnes ont été atteintes de troubles neurologiques graves pendant une période de sécheresse au Mozambique après avoir bu de l'eau qui avait servi à faire bouillir des semences de *Mucuna*. Et tandis que le gros bétail se régale de pois mascates, de nombreux rapports font état de poulets, de porcs et d'autres animaux d'élevage qui tombent malades ou meurent après avoir mangé du *Mucuna*.

* *La sécurité nutritionnelle*

Des scientifiques, en Afrique et au Canada, ont entrepris une étude sur la composition chimique des espèces populaires de plantes de couverture relativement à leur sécurité nutritionnelle. Ainsi, des études menées par des chercheurs de l'IITA indiquent que les concentrations de lévodopa peuvent être réduites à des niveaux acceptables pour la consommation humaine si les semences de *Mucuna* sont concassées, trempées dans de l'eau pendant toute une nuit, bouillies pendant 20 minutes, puis trempées de nouveau pour la nuit. *Toutefois, les toxicologues recommandent de soumettre les semences de Mucuna à plusieurs autres tests de toxicité afin de déterminer d'autres facteurs antinutritionnels avant de mettre la farine de la plante sur le marché*, fait valoir *Plantes de couverture en Afrique de l'Ouest*. Certains de ces travaux sont présentement en cours à l'Université d'Ottawa.

De récentes expériences donnent à penser que l'utilisation des plantes de couverture peut être rentable et extrêmement bénéfique pour bien des systèmes culturaux, conclut le livre. *Bien que le défi le plus important consiste sans doute à inciter les agriculteurs à découvrir les vertus alimentaires des plantes de couverture, pour la consommation humaine ou animale, en favoriser l'utilisation constitue aussi une occasion unique de parfaire les pratiques d'amélioration du sol afin d'assurer la durabilité de l'agriculture.*

John Eberlee est rédacteur en chef d'Explore en ligne. (Photo : D. Buckles, CRDI). Source : www.idrc.ca/fr/ev-5554-201-1-DO_TOPIC.html

Plantes de couverture (ici une graminée) dans une culture d'une espèce de chou



weblog.clagettfarm.org/pictures/index.html



Cover crops in an orchard reduce soil erosion. NRCS photo by Gary Kramer, 2001.
www.newfarm.org/.../features/cover_print.shtml



Expérimentation de plantes de couverture en été - Summer Cover Crop (7/27/01)



Incorporation d'un engrais vert dans le sol - Cover Crop Incorporation (8/22/01)
www.newfarm.org/.../features/cover_print.shtml.

Enfin, concernant les **plantes de couverture** ou plantes couvre-sol, il ne faut pas manquer une étude incontournable intitulée : « *Gestion du sol et usage de fertilisants : Cultures couvre-sol* »²⁴

Révolution verte ; c'est une politique d'amélioration des agricultures du Tiers-Monde fondée sur l'intensification et l'utilisation de variétés de céréales à hauts rendements. Le terme révolution verte désigne le bond technologique réalisé en **agriculture** au cours de la période **1944-1970**, à la suite de progrès scientifiques réalisés durant l'**entre-deux-guerres**. Elle a été rendue possible par la mise au point de nouvelles **variétés à haut rendement**, notamment de **céréales (blé et riz)**, grâce à la **sélection variétale**. L'utilisation des **engrais minéraux** et des produits phytosanitaires, de la **mécanisation**, de l'**irrigation** y ont aussi contribué. Elle a eu pour conséquence un accroissement spectaculaire de la **productivité** agricole, et a permis d'éviter des **famines** catastrophiques, qui auraient été la conséquence naturelle de l'augmentation sans précédent de la **population mondiale** depuis **1950**.

²⁴ www.omafr.gov.on.ca/french/crops/pub811/2cover.htm

Le Mexique, premier pays à s'engager dans cette voie en 1944, est ainsi passé entre 1956 et 1964 d'un statut d'importateur net de blé (pour la moitié de sa consommation) à un statut d'autosuffisance, permettant l'exportation de 500 000 tonnes par an. La Révolution verte a connu ses plus grands succès en Inde et au Pakistan, où l'on estime qu'elle a permis de sauver un milliard de personnes de la faim. Norman Borlaug, considéré comme le « père » de la Révolution verte, a reçu le Prix Nobel de la paix en 1970.

La révolution verte est le modèle de développement le plus efficace à moyen terme dans le Tiers-Monde. L'Inde en est l'exemple le plus connu et évident : en effet, elle a multiplié par 10 sa production de blé, et par 3 sa production de riz. Mais la révolution verte connaît aussi des limites : les productions demandent beaucoup d'eau, d'engrais, de pesticides (d'éléments chimiques en général), ce qui entraîne des sols moins fertiles, et très pollués. Elle a entraîné un usage excessif de pesticides et un appauvrissement de nombreux sols.

Cette révolution a de nombreux effets non agricoles. Elle a causé de profonds changements culturels : exode rural massif, déperdition du savoir traditionnel agricole. Elle a par ailleurs été accusée de contribuer à réduire la biodiversité et de mettre les agriculteurs sous dépendance de l'industrie agro-pharmaceutique.

La révolution verte profite surtout aux paysans aisés, qui ont des terres. En revanche, si l'État s'engage pour les petits paysans, elle peut aussi leur profiter. L'État s'engage alors sur les réseaux d'irrigation, sur la formation de techniciens, la mécanisation, va favoriser les crédits, et va également garantir aux agriculteurs des prix d'achat élevés. Malgré cet engagement de l'État, les paysans ne sont pas équipés pour ce genre d'agriculture : ils n'ont pas des terres assez grandes et doivent souvent s'endetter. Source : [fr.wikipedia.org/wiki/Révolution_verte](http://fr.wikipedia.org/wiki/R%C3%A9volution_verte)

Dès 1996, lors d'un Sommet Mondial de l'Alimentation qui s'était tenu à Rome, en Italie, du 13 au 17 novembre 1996, la FAO tirait les « Leçons de la révolution verte – vers une nouvelle révolution verte ». Résumé analytique selon les documents d'information technique, © FAO, 1996

La révolution verte, qui a commencé dans les années 60, est généralement considérée comme une réalisation technologique mondiale dont les effets se font encore sentir aujourd'hui. L'introduction de variétés améliorées, l'irrigation, les pesticides et les engrais minéraux utilisés pour les principales cultures de base, joints à des investissements dans l'infrastructure institutionnelle et dans les programmes de recherche en cours, ont augmenté la production vivrière et la productivité sur une vaste échelle. Si en Asie les gains de productivité pour le riz et le blé ont été particulièrement importants, dans d'autres régions beaucoup d'agriculteurs ont obtenu aussi des améliorations durant les 30 dernières années. Mais, face à l'accroissement démographique constant et à la réduction des terres agricoles disponibles, nous restons confrontés au défi de continuer à augmenter la productivité et à donner aux pays les plus pauvres, souffrant d'insécurité alimentaire, les moyens nécessaires pour le faire.

Durant la révolution verte et jusqu'à nos jours, les sciences et les technologies ont eu un rôle capital pour parvenir à fournir les moyens nécessaires pour accroître la production vivrière. Aujourd'hui, dans le cadre d'un processus d'amélioration constante des connaissances, nous sommes également en mesure d'affronter une série de facteurs sociaux, économiques et environnementaux qui affectent le processus de production vivrière. L'expérience et les connaissances acquises durant ces 30 dernières années confirment la forte influence des forces du marché, des politiques des gouvernements et des courants sociaux et culturels sur les innovations technologiques. Ces considérations doivent être prises en compte si l'on veut que les progrès obtenus soient durables.

En fait, l'élargissement de la recherche à de plus nombreuses espèces végétales et animales, y compris aux systèmes de cultures, l'attention accrue à la lutte intégrée contre les ravageurs et à la nutrition des plantes, l'adoption d'approches écorégionales à la recherche afin de tenir compte des principales contraintes biologiques et physiques, sont déjà en cours.

En Afrique et en Amérique latine, l'accroissement de la production vivrière a été obtenu en partie par une expansion des terres cultivées, souvent jusque dans des zones marginales dont le potentiel de rendement durable est faible. Les incitations aux agriculteurs pour accroître la productivité ont été minimales, en raison de la faible productivité de la main-d'œuvre, du mauvais fonctionnement des marchés et de l'accès limité à la mécanisation et aux sources d'énergie.

Les instituts de recherche peuvent encore obtenir des accroissements sensibles des rendements par des outils de recherche traditionnels, de nouveaux outils sont à présent disponibles et beaucoup d'autres cultures et espèces animales peuvent encore être améliorées. Un objectif important, entre beaucoup d'autres, consiste à réduire l'écart entre les rendements produits lors des programmes de recherche et ceux que les agriculteurs obtiennent sur le terrain. On pourrait y parvenir en s'efforçant de trouver de nouveaux moyens de communiquer avec les agriculteurs, en rajeunissant les systèmes de vulgarisation, en menant des recherches qui associent plus activement la population et en dispensant une formation constante.

Le rôle des biotechnologies fait encore l'objet d'un débat international intense sur les questions d'éthique, d'innocuité et de droits de propriété intellectuelle. L'expérience montre qu'il faudra peut-être attendre encore 10 à 20 ans pour que les résultats des biotechnologies se fassent pleinement sentir sur le terrain, parmi les agriculteurs des pays en développement.

L'évolution continue de la nouvelle révolution verte sera centrée sur les caractéristiques suivantes:

- réaménagement des liens entre les centres de recherche et les services de vulgarisation nationaux et internationaux pour assurer une participation plus active et une sensibilisation aux priorités nationales et communautaires en matière de sécurité alimentaire;
- progrès continus des sciences et des technologies pour produire les aliments de base dont la population a besoin, mais en insistant davantage sur l'agriculture mixte, les cultures de base, l'élevage, la volaille et le poisson;
- réforme des politiques portant sur l'accès aux capitaux, les incitations pour investir dans la recherche et les systèmes d'exploitation qui augmentent la productivité;
- répartition plus efficace des avantages par l'élaboration de stratégies d'amélioration de la productivité qui exploitent les avantages comparatifs des hommes et des femmes et bénéficient aux groupes à faible revenu exposés à l'insécurité alimentaire.

Une question stratégique importante dont on débat encore aujourd'hui consiste à savoir comment aider au mieux les gens qui vivent dans des zones où il est impossible d'obtenir une production vivrière suffisante. Les modèles à suivre sont rares mais les besoins sont grands. Les considérations économiques et écologiques incitent à investir dans les terres où il est possible d'accroître au mieux la production durable. Mais les stratégies doivent permettre aussi d'améliorer les conditions de vie et le bien-être de l'homme dans les zones défavorisées.

Les stratégies incluent une priorité accrue à l'éducation et à la formation en cours d'emploi, une diversification de l'agriculture vers d'autres secteurs, des investissements dans la capacité de transformation et de commercialisation agricoles pour donner une valeur ajoutée aux produits qui peuvent être fabriqués, et des programmes spéciaux de soutien du gouvernement. Un réseau de transport national et régional amélioré peut faire partie des stratégies d'aide aux zones à faible potentiel en permettant d'acheminer des aliments vers les marchés en échange de biens ou de services produits dans ces régions. La plupart des options sont liées aux conditions politiques et culturelles et sont difficiles à mettre en œuvre, mais il faut essayer de nouvelles approches et trouver des solutions.

L'expérience montre que les sciences et les technologies sont essentielles mais qu'elles ne peuvent résoudre, à elles seules, les problèmes de sécurité alimentaire des pays en développement. Il faut tenir compte aussi des facteurs sociaux, économiques et institutionnels pour préserver ce qui a été accompli jusqu'à présent²⁵.

Dans un article intitulé ***Pas si rose, la Révolution verte!***, Kumkum Dasgupta, journaliste basée à New Delhi, collaboratrice du bimensuel écologique et scientifique *Down to Earth*, s'exprime ainsi à propos de la Révolution Verte : « *En Inde, la Révolution verte a peut-être enrichi le Pendjab, mais elle ruine les terres et les petits paysans, acculés à s'endetter et à migrer vers les villes* ».

Le soleil tombe sur l'horizon lorsque Ram Pal commence à raconter son histoire : « *Que la terre s'ouvre et nous engloutisse! Mes quatre hectares sont stériles tellement ils sont gorgés d'eau. Partout des mauvaises herbes. J'ai trois bouches à nourrir et 1 100 dollars de dettes à rembourser* ». A 60 ans, ce paysan du village de Kalawala, au Pendjab, en est réduit à aller en ville pour faire des travaux de force payés à la journée. Comme tant d'autres, il a été happé par la crise agraire. Dans cet Etat

²⁵ www.fao.org/docrep/003/w2612f/w2612f6a.htm

du nord de l'Inde, l'un des plus riches greniers du pays, de nombreux paysans risquent aujourd'hui de perdre tout moyen de subsistance. Lentement, les terres deviennent stériles à cause des pratiques culturales employées pour doper les rendements.

Au Pendjab, le revenu moyen a été multiplié par plus de sept en 20 ans

Il y a 40 ans, l'Etat s'est lancé dans une révolution agraire visant à accroître la productivité, la fameuse Révolution verte. Il fallait absolument garantir la sécurité alimentaire du pays, et donc réduire la dépendance de l'Inde à l'égard des importations venues d'Occident, qui s'élevaient à 10 millions de tonnes en 1967. Pendant les deux décennies qui ont suivi la Révolution verte, la productivité agricole au Pendjab s'est accrue d'environ 6% par an. Au milieu des années 80, les rendements du blé et du riz avaient triplé.

Incontestablement, cette révolution a fait du Pendjab, où 70% de la population active travaille dans l'agriculture et les secteurs voisins, l'un des Etats les plus riches de l'Inde. Le revenu annuel par tête (en prix courants) est passé de 60 dollars en 1980-1981 à 440 dollars en 1997-1998, soit un niveau bien au-dessus de la moyenne nationale de 240 dollars. Mais il y a un revers à cette prospérité. Toujours soucieux de produire plus, les agriculteurs ont abusé des engrais chimiques et des pesticides, changé les assolements et puisé sans réserve dans les nappes phréatiques. Dès la fin des années 60, le père de la Révolution verte, M.S. Swaminathan, avait tiré la sonnette d'alarme (voir p. 36). «L'irrigation sans dispositif de drainage risque de rendre les sols alcalins ou salins. Et l'usage excessif des pesticides et des herbicides peut perturber l'équilibre biologique», avait-il prévenu devant le Congrès de la science indienne en 1968.

Mais ses mises en garde n'ont pas été entendues. Aujourd'hui, les sols sont en piteux état; le niveau des nappes phréatiques a baissé dans les districts centraux; dans d'autres, les terres, mal drainées et subissant des moussons très violentes, sont saturées d'eau. Et si aucun rapport officiel n'a encore signalé que l'exode rural s'amplifiait ni que les rendements déclinaient, plusieurs études récentes ont montré que le taux de croissance de la productivité agricole était en baisse dans la plupart des régions du Pendjab.

«La Révolution verte n'était pas une stratégie intégrale mais elle était au contraire très réductrice, estime Pramod Kumar, directeur de l'Institut pour le développement et la communication, basé au Pendjab. Les pratiques non durables auxquelles elle a donné lieu ont appauvri les sols et les gens.»

Selon un rapport officiel, l'usage croissant des engrais chimiques (5 000 tonnes utilisées en 1960-1961; 1,3 million de tonnes en 1998-1999) a provoqué dans les sols de graves déficiences en oligo-éléments. De plus, privées de matière organique, les espèces vivantes comme les bactéries, les champignons ou les vers de terre, se sont faites beaucoup moins nombreuses ou ont totalement disparu. «Puisque le sol a perdu son aptitude naturelle à nourrir les cultures, il faut bien continuer à ajouter des engrais!», s'exclame Jitender Pal Singh, agriculteur du district de Ropar. Et bien sûr, le coût de production augmente.» Celui de la tonne de blé a presque triplé en 12 ans, passant de 30 dollars en 1984-1985 à 80 dollars en 1997-1998. Dans le même temps, le passage de cultures économes en eau, comme les légumineuses, au blé et au riz a mis les nappes phréatiques à rude épreuve. «Les paysans sèment le riz en mai pour pouvoir récolter avant le 1er septembre, date à laquelle l'Etat cesse de garantir les prix d'achat. Or, durant cette saison chaude, il faut beaucoup d'eau», explique S.P. Mittal, directeur scientifique de l'Institut de recherche central sur la conservation des sols et de l'eau de Chandigarh, la capitale du Pendjab. De fait, le niveau de la nappe phréatique a baissé d'un à trois mètres sur plus de 75% du territoire de l'Etat. Par ailleurs, le manque d'efficacité des infrastructures de drainage et les moussons ont gorgé d'eau 2 350 kilomètres carrés de terres, estime un rapport de 1999. Beaucoup de paysans ont ainsi été contraints d'émigrer vers les villes où ils se font hommes de peine, ou de solliciter l'aide de l'Etat en attendant que la terre retrouve sa fertilité, ce qui demande plusieurs années.

Un million et demi d'hectares seraient déjà dégradés. Si la tendance se poursuit, les rendements moyens par hectare vont décroître, tandis que les engrais, toujours plus nécessaires, feront monter les coûts de production. Une équation mortelle pour les petits paysans, qui possèdent plus de la moitié des 1,2 million de fermes du Pendjab. Plusieurs enquêtes ont montré que pour continuer à produire, la majorité des agriculteurs du Pendjab s'endettent à court terme à des taux d'intérêt très élevés. Du coup, en 10 ans, selon une étude réalisée en 1999 par l'Université du Pendjab, le taux de suicide des paysans a quadruplé alors qu'il baisse dans le reste de l'Inde.

Face à l'aggravation de la crise, diverses mesures ont été proposées. Selon le très respecté S.K. Sinha, du Conseil indien de la recherche agricole, l'une des plus urgentes serait de réduire la salinité des sols. Il préconise aussi d'inciter les agriculteurs à choisir l'agriculture biologique, à utiliser des engrais organiques et à réduire leur dépendance à l'égard de cultures trop gourmandes en eau.»²⁶

Rotation des cultures ou assolement : c'est une pratique culturale qui consiste à produire en alternance sur une même terre différentes cultures suivant une séquence systématique. Il s'agit d'une stratégie importante et efficace dans le cadre d'un programme à long terme de lutte contre les mauvaises herbes. Les mauvaises herbes ont tendance à prospérer dans les cultures qui ont les mêmes exigences de croissance qu'elles et lorsque les pratiques culturales destinées à profiter à la culture sont également favorables à leur croissance et à leur propagation. La monoculture, c.-à-d. la culture de la même espèce dans le même champ, année après année, amène une accumulation des espèces de mauvaises herbes qui se sont adaptées aux conditions de croissance de la culture. Lorsque la rotation comprend une diversité d'espèces, la germination des graines et les cycles de croissance se

²⁶ www.unesco.org/courier/2001_01/fr/doss22.htm

trouvent perturbés par les variations dans les pratiques culturales associées à chaque culture (travail du sol, dates de semis, concurrence exercée par la culture, etc.)²⁷.

La rotation des cultures, ou variation des cultures dans le temps sur un espace donné, aide à diminuer l'infestation d'une espèce dominante de mauvaises herbes très adaptables. L'utilisation de mélanges d'espèces ou de cultivars dans une même culture donne de plus grandes possibilités d'adaptation et un potentiel de meilleure couverture du sol, tant à cause des variations qu'on y trouve, que des variations dans les conditions climatiques. Par exemple, des mélanges de céréales accompagnées d'une petite quantité de pois, des mélanges de cultivars de luzerne dans une culture pure, ou une diversité de légumineuses et de graminées dans un mélange de prairie. L'intégration d'engrais verts à la rotation permet aussi de couvrir le sol et d'étouffer les mauvaises herbes.

Les céréales, si elles ne reviennent pas trop d'années de suite, sont généralement très compétitives pour les mauvaises herbes. Par exemple, une avoine ou un blé réussis contrôlent efficacement les annuelles, de même que le seigle d'automne qui domine bien des graminées, entre autre par des exudats racinaires allélopathiques. Les cultures semées tôt au printemps auront une longueur d'avance sur les mauvaises herbes qui germent plus tard; les cultures semées tard permettent le nettoyage préalable des parcelles. (Denis LaFrance, La gestion des mauvaises herbes, 1991)

Niveau d'exigence de certains légumes

<i>Haute exigence</i>	<i>Exigence moyenne</i>	<i>Faible exigence</i>	<i>Rénovatrice</i>
Maïs	Courge d'hiver	Navet	Pois
Épinard	Piment	Carotte	Féverole
Tomate	Laitue	Radis	Haricot
Aubergine	Concombre	Betterave	
Chou		Oignon	
Chou-fleur		Poireau	
Brocoli		Pomme de terre	
Chou de Bruxelles			

Exemple de rotation des cultures potagères



²⁷ www.omafr.gov.on.ca/french/crops/pub75/1cultura.htm

Exemple d'aménagement de parcelles :

Parcelle A : tomates, piments, oignons, persil et aubergines

Parcelle B : haricots, pois, céleri, radis et endives

Parcelle C : pommes de terre, carottes, choux, laitue et épinards

Parcelle D : courges d'hiver, concombres et melon

Séquence de rotation : D - C - B - A - D

www.agetaac.ulaval.ca/viaagroecologie/jardin/inf_herbes.htm

En grandes cultures, l'**assolement** est la division des terres d'une **exploitation agricole** en parties distinctes, appelées *soles* ou *pies*, consacrées chacune à une culture donnée pendant une saison culturale. Dans chaque sole, les cultures peuvent varier d'une année (voire d'une saison) à l'autre : c'est la **succession culturale** ou rotation, qui est une notion différente. L'assolement est la diversité géographique des cultures à un moment donné, la rotation est la succession des cultures sur une même parcelle au fil du temps.

L'assolement d'une **exploitation agricole** résulte de différentes contraintes, tant techniques qu'économiques, et cherche à optimiser le résultat global. Les critères économiques à prendre en compte sont le marché, le prix de vente, les investissements à mettre en œuvre, éventuellement des limites de contingentement pour les cultures réglementées ou des subventions. Les facteurs techniques, au sens large, incluent les règles de **rotation des cultures**, l'organisation du travail, la disponibilité du matériel, ainsi que les facteurs écologiques (sol, climat, etc.). Enfin l'agriculteur doit prendre en compte les moyens humains, en quantité, qualification et **savoir-faire**.

Un **agriculteur** exploite dix **parcelles** ; trois pour cultiver du blé, cinq pour cultiver du maïs, deux pour cultiver du tournesol. Il a donc trois soles : une sole de **blé**, une sole de **maïs**, une sole de **tournesol**. On peut par extension parler d'assolement au niveau d'une commune ou d'une région. Source : fr.wikipedia.org/wiki/Assolement

Sécurité alimentaire : c'est un concept qui fait référence à la disponibilité ainsi qu'à l'accès à la **nourriture** en quantité et qualité suffisante. La sécurité alimentaire comporte quatre dimensions:

- * Disponibilité (production intérieure, capacité d'importation, de stockage et aide alimentaire)
- * Accès (dépend du pouvoir d'achat et de l'infrastructure disponible)
- * Stabilité (des infrastructures mais aussi stabilité climatique et politique)
- * Salubrité, qualité (hygiène, principalement accès à l'eau)

La sécurité alimentaire dépasse la notion d'autosuffisance alimentaire. La notion de sécurité alimentaire est toutefois à distinguer de celle de **sécurité sanitaire des aliments**, qui a trait à l'hygiène, la salubrité et l'innocuité des aliments.

Selon l'**Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture** (FAO) le concept de **sécurité alimentaire** est apparu dans les années 70. Il a évolué de considérations plutôt quantitatives et économiques vers une définition tenant compte du qualitatif et de la dimension humaine.

Ainsi une définition de 1975 : « capacité de tout temps d'approvisionner le monde en produits de base, pour soutenir une croissance de la consommation alimentaire, tout en maîtrisant les fluctuations et les prix » (ONU, 1975), et une définition de 1990 : « la capacité d'assurer que le système alimentaire fournit à toute la population un approvisionnement alimentaire nutritionnellement adéquat sur le long terme » (Statz, 1990).

Cette évolution de la conception a influencé les stratégies prônées par la FAO pour assurer la sécurité alimentaire pour tous, et spécialement les pays du Sud.

Sécurité alimentaire sous l'angle de la quantité suffisante et nécessaire

Au cours de la deuxième moitié du XX^e siècle, la production alimentaire mondiale par habitant a augmenté de 25 %, alors que les prix diminuaient d'environ 40 %. Par exemple, entre 1960 et 1990, la production totale de **céréales** est passée de 420 à 1 176 millions de tonnes par an.

Cependant, la sécurité alimentaire demeure d'actualité au début du XXI^e siècle. En dépit de la baisse de **fertilité** observée dans la majorité des pays, certains estiment qu'il devrait y avoir environ 8,9 milliard d'habitants en 2050. En 2000, 790 millions de personnes dans le monde souffraient de la **faim**. Les habitants de 33 pays consomment moins de 2 200 **kcal** par jour.

Il est généralement admis que les **besoins alimentaires** augmenteront dans les décennies à venir pour les raisons suivantes :

- augmentation de la **population** ce qui implique une augmentation de la demande ;
- augmentation du **pouvoir d'achat** de nombreux humains ;
- augmentation de l'**urbanisation**, impliquant fréquemment un changement de la **pratique alimentaire**, en particulier une augmentation de la consommation de **viande** (on estime que 7 kg de nourriture pour animaux est nécessaire pour produire 1 kg de **bœuf**, 4 kg pour produire un **porc** et 2 kg pour une **volaille**).

Bien entendu, une offre suffisante et bien gérée est une condition indispensable pour faire disparaître la **famine** et la **malnutrition**.

Cependant, la sécurité alimentaire n'est pas nécessairement acquise lorsque l'offre alimentaire est suffisante, et pose des questions telles que « qui produit la nourriture », « qui a accès aux informations nécessaires à la production agricole » et « qui a un pouvoir d'achat suffisant pour acquérir la nourriture » et enfin, « qui a un pouvoir d'achat suffisant pour acquérir les informations nécessaires à une bonne production ».

Ainsi, les pauvres et les affamés ont besoin de technologies et de pratiques peu coûteuses et disponibles immédiatement pour augmenter la production alimentaire locale. D'une façon générale, les femmes et les enfants sont ceux qui souffrent le plus de déficit alimentaire. En effet, un faible poids de naissance est une cause de **décès** prématuré et de malnutrition infantiles. Le faible poids à la naissance est souvent dû à une **sous-alimentation** de la mère elle-même.

En 2000, 27 % des enfants en âge préscolaire dans les **pays en voie de développement** étaient ainsi atteints de **rachitisme** (lié à une alimentation insuffisante et/ou peu variée et de faible qualité. Les femmes sont aussi souvent désavantagées, car elles possèdent peu de terres et bénéficient moins de conseils et de crédits pour l'amélioration des techniques.

Différentes options sont possibles pour augmenter la production **agricole**, par le biais d'adoption de **systèmes de production agricole** spécifiques :

- augmentation des **surfaces agricoles** (avec comme effet négatif la perte de **surfaces forestières**, des **prairies**, et d'une façon générale, de lieux riches en **biodiversité**);
- augmentation de la productivité (quantité à l'hectare) dans les pays **exportateurs** (et exportation des surplus vers les pays déficitaires) ;
- augmentation de la productivité globale dans les pays déficitaires, lesquels pourront devenir auto-suffisants.

L'**agriculture péri-urbaine** ou l'**agriculture urbaine** peuvent également aider à résoudre le problème de la sécurité alimentaire, en permettant aux citadins à revenus limités de cultiver des **légumes** ou des **fruits** par exemple, en pleine **ville**. Elle permet également d'assurer une meilleure **conservation** des **aliments** et de leurs **qualités nutritionnelles**.

Sécurité alimentaire sous l'angle de la qualité suffisante et nécessaire

La **qualité** exige d'avoir identifié les **risques** et **dangers** et de prendre les mesures de précaution et d'évaluation pour limiter tant que faire se peut l'expression des risques (par exemple, d'**intoxication alimentaire**)

En Europe, la Directive 93/43/CE relative à l'**hygiène** des denrées alimentaires préconise la méthode **HACCP** (Analyse des dangers et points critiques pour leur maîtrise) de manière à "*identifier tout aspect déterminant pour la sécurité des aliments et pour veiller à ce que des procédures de sécurité appropriées soient établies, mises en œuvre, respectées et mises à jour.*"

La nouvelle réglementation européenne dite « paquet hygiène » vise à prévenir les dangers avec une obligation de résultat, "*de la fourche à la fourchette*", tout en laissant plus de liberté aux responsables d'établissements de Production ou de Restauration sur les moyens d'y arriver. Les *guides de bonnes pratiques* mis en place par les filières professionnelles, avec ou sans l'aide d'administrations peuvent y contribuer aussi, de même que les Normes et référentiels utilisés par l'agroalimentaire (BRC, **IFS**, **ISO 22000**, Eurepgap, norme NF V0 1-002 incluant un « Glossaire sur l'Hygiène des Aliments », fascicule de documentation FD VO1-OO6 (« Système HACCP : principes, notions de base et commentaires »).

Toutefois, ces outils, méthodes et guides sont interprétés de manières diverses, parfois en contradiction avec le *Codex alimentarius* qui est la principale référence internationale. » Source : fr.wikipedia.org/wiki/Sécurité_alimentaire

Soutenabilité ou **durabilité** : ces termes sont utilisés depuis les **années 1990** pour désigner la configuration de la **société** humaine qui lui permette d'assurer sa **pérennité**. Cette organisation humaine repose sur le maintien d'un **environnement** vivable, sur le **développement économique** à l'échelle planétaire, et, selon les points de vue, sur une **organisation sociale** équitable. La période de transition vers la durabilité se fait par le **développement durable**.

La **durabilité** est la qualité de ce qui est durable (définition du Petit Larousse). En **droit**, c'est la période d'utilisation d'un **bien**. Dans le domaine de la **sûreté de fonctionnement**, c'est l'aptitude d'un bien à accomplir une fonction jusqu'à ce qu'un état limite soit atteint (voir la norme NF X 60-500).

Les termes de durabilité et de **développement durable** ont été popularisés dans les **années 1990**. En **1987**, le **Rapport Brundtland** définissait le **développement durable** comme l'objectif de développement compatible avec les **besoins** des générations futures. Il doit inclure trois piliers : **économique**, **environnemental**, et d'équité sociale. Le terme de soutenabilité est également employé dans ce sens : le néologisme « **soutenabilité** » est construit sur un mot anglais (voir *sustainability*). On parle quelquefois de « développement soutenable » (voir l'article *sustainable development*)²⁸.

Selon Léo Dayan, « *le concept de durabilité ouvre un nouveau champ d'étude : **le lien - le lié - le liant**. Il induit donc un nouvel objet de science et introduit l'idée de limites au développement (sustainability = soutenabilité), celles que le maintien du lien organise et requiert. Il invite à remettre en question les partages disciplinaires, l'idée dominante de la spécialisation du travail, les cloisonnements des savoirs et la prévalence des verticalités organisationnelles. Il commande de s'écarter de l'individualisme méthodologique, des insularismes économiques et des sommations disciplinaires pour reconstruire, dans le transdisciplinaire, le concept de développement et pouvoir relier l'éthique, le politique et la science* »²⁹.

Trèfle violet ou **trèfle des prés**, *Trifolium pratense* L. en latin, synonymes Trèfle rouge, Trèfle commun. En: Red clover, Purple clover, Cowgrass, Chilian clover ; De: Rotklee, Wiesenklee, Kopfklee ; Es: Trebol rojo, Trebol violeta, Trebol de los prados ; Pt: Trevo-dos-prados. C'est une plante herbacée vivace de la famille des **Fabacées**. Cette espèce botanique est à l'origine des **variétés fourragères** de trèfle violet cultivé.

²⁸ fr.wikipedia.org/wiki/Durabilité_faible

²⁹ Pour lire la suite, voir le site suivant : www.apreis.org/docs_vf.html . On peut également consulter le diaporama qui commence ainsi "**Tout portait à croire que l'humanité avait l'intention de créer**" www.ineris.fr/index.php?module=doc&action=getFile&id=2319



Trifolium pratense L.

Trèfle des prés

Source : fr.wikipedia.org/wiki/Fourrage

C'est une plante vivace, à racine pivotante, à pérennité courte (1 à 3 ans), très répandue, véritablement cultivée en Europe que depuis 2 siècles. On distingue les variétés à une coupe, tardives, cultivées en Europe du Nord et continentale et les variétés à 2 coupes, précoces et cultivées en Europe du Sud. - Elle est semée en culture pure ou, plus fréquemment, en association avec une [graminée fourragère](#) telle que le [Ray-grass](#). Le semis a lieu en avril-mai ; la première coupe s'effectue à la première floraison (juillet) et la seconde coupe à la deuxième floraison (début septembre). Dans le cas d'un semis en septembre, une seule coupe est effectuée la première année. Les tréflières sont fréquemment détruites après la 2e coupe, car la plante épuise rapidement le sol. Les années suivantes, on peut effectuer un ensilage (au stade bourgeonnement). Le trèfle violet est difficile à faner pour faire du fourrage³⁰.

Le **trèfle** a une durée germinative, 2 ans. On sème à raison de 20 kilos à l'hectare ; de préférence en automne dans le Midi de la France, ou bien au printemps, plus au Nord. On le sème seul ou associé à d'autres graminées, ou simultanément avec l'avoine, l'orge ou le sarrasin. Une terre fraîche, argileuse, bien perméable à l'eau lui convient excellemment. Le trèfle fleurit deux fois l'an, en mai-juin ou en septembre. Il donne deux bonnes coupes produisant 6,000 kilos de foin sec à l'hectare et 25.000 kilos de fourrage vert. C'est un très bon fourrage qui entre dans la composition des prairies naturelles et artificielles³¹.

Université du Michigan An Harbor : établie en 1837 dans le sud-est de l'état du Michigan, sur la rivière Huron, à 55 km à l'ouest de Détroit.

³⁰ Source : www.inra.fr/internet/Produits/HYPPZ/CULTURES/3c--053.htm

³¹ environnement.ecoles.free.fr/Jardin_jardinage/trefle_violet.htm



Pour lire la suite, consulter le site suivant : www.britannica.com/ebc/art-8481/Law-quadrangl



www.stateuniversity.com/universities/MI/Unive...

Le **Michigan**³² est un **État** du **nord** des **États-Unis**, presque entièrement entouré par les **Grands Lacs** qui forment une **frontière naturelle** avec la **province canadienne** de l'**Ontario**. Il est bordé au nord par le **Lac Supérieur**, à l'ouest par le **lac Michigan** et le **Wisconsin**, à l'est par le **lac Huron** et le **lac Érié** et au sud par l'**Indiana** et l'**Ohio**. La capitale du Michigan est **Lansing**.

³² Source : fr.wikipedia.org/wiki/Michigan



Vesce velue ou *Vicia villosa* en latin : plante de la famille des Fabacées (Légumineuses), Sous-famille des Papilionoïdées.

Cueillette : jeunes pousses, avril-mai ; fleurs, mai-juillet ; graines, juillet-août. Les jeunes pousses doivent être ramassées bien tendres.

Habitat : prairies, champs de blé, buissons, lisières des bois, bords des chemins, talus.

Particularités de la plante :

- fleurs violet en longues grappes,
- les fruits sont des gousses glabres, brunes.

Toxicité :

les graines de la Vesce ont un net goût d'amande amère, indice de la présence d'acide cyanhydrique, potentiellement dangereux. Il faudrait les faire cuire à plusieurs eaux.

Utilisations culinaires :

- les jeunes pousses peuvent être mangées comme légumes,
- les graines peuvent être consommées après une longue cuisson,
- les fleurs sont utilisables en décor.



Source : yoann.hue.free.fr/Japon/HerbierJapon/Vesce.html

Pour qu'elle constitue une bonne **plante de couverture** ou plante couvre-sol durant l'hiver, la **vesce velue** doit être semée au plus tard à la mi-août au Canada. Elle croît lentement jusqu'aux gelées et forme un réseau de racines fasciculées très vigoureux; sa partie aérienne est de taille moyenne. La vesce velue peut être semée dans le blé d'automne lorsque ce dernier atteint environ 20 cm (8 po) de hauteur. Semée à ce stade tardif, la vesce velue ne risque pas d'entraver la récolte du blé d'automne. Évidemment, une telle pratique permet d'obtenir, avant les gelées, une masse végétale plus abondante que si les semis avaient eu lieu au mois d'août.

Les tiges rameuses reprennent leur croissance tôt au printemps (à la même époque que le blé d'automne) et peuvent atteindre une longueur de 150 cm (60 po) si on ne les coupe pas avant la maturité. Les peuplements servant d'engrais vert sont habituellement détruits par le travail du sol ou par désherbage chimique. Le système racinaire fasciculé de cette vesce améliore la structure du sol, et la plante entière constitue une source importante de matière organique pour le sol³³.

Selon le **GNIS** : «La **vesce** est une plantes exigeante pour le type de sol. Les terres convenant aux protéagineux conviennent aussi très bien aux vesces ; les sols à faibles potentiels, les limons battants mal aérés, les terres trop poussantes sont à éviter.

Les terres argileuses à faibles réserves hydriques peuvent éventuellement convenir si l'irrigation est disponible. Ce type de sol est même souhaitable dans les régions où l'exubérance végétative est à craindre avec la régularité et la fréquence des pluies d'été. Les sols crayeux à forte réserve en eau sont particulièrement adaptés à cette production. Les parcelles trop infestées de mauvaises herbes sont à déconseiller, comme les précédents légumineuses.

Les espèces de vesce autres que *Vicia sativa* peuvent s'accommoder de sols difficiles : vesce velue pour terres sablonneuses, vesce de Cerdagne pour les sols sableux et pauvres, vesce de Pannonie pour les sols lourds et humides »³⁴.

³³ Source : *Gestion du sol et usage de fertilisants : Cultures couvre-sol*. www.omafr.gov.on.ca/french/crops/pub811/2cover.htm

³⁴ Source : www.gnis-pedagogie.org/pages/plantaprotein/vesce/8.htm