



## Révolution Verte, Révolution Doublement Verte

**Quelles technologies, quelles institutions et quelle recherche  
pour les agricultures de l'avenir ?**

ooOoo

Michel Griffon  
CIRAD

## Résumé

Pour passer de 3 milliards d'habitants dans les années 50 à 6 milliards au seuil du XXI<sup>ème</sup> siècle, l'agriculture a dû profondément se transformer. Dans le monde tropical, cette grande transformation a été celle de la Révolution Verte. Pour accueillir sur la planète les 3 milliards qui vont arriver dans les 50 prochaines années, on ne peut appliquer les mêmes méthodes car elles ne sont pas viables, ni écologiquement, ni économiquement. Il faut inventer une nouvelle Révolution Verte pour l'agriculture mais qui pollue le moins possible et permette de réduire la pauvreté. Elle sera donc "doublement verte" car alliant la productivité et la durabilité écologique, économique et sociale.

Jamais sans doute la Recherche Agricole n'aura autant à faire ni autant d'importance que dans les cinquante prochaines années.

Avec peu de recherche agricole institutionnelle, mais surtout avec de longs apprentissages accumulés pendant des siècles, les sociétés humaines ont réussi à exploiter les écosystèmes et les ressources naturelles pour permettre à près de 3 milliards d'habitants de vivre au milieu du XX<sup>e</sup> siècle. Pendant les cinquante dernières années, la population a crû de 3 milliards supplémentaires et la recherche a mis au point un ensemble technologique qui a beaucoup contribué à faire face aux nouveaux besoins. Cet ensemble - ce modèle - a pris le nom vers 1970 de Révolution Verte. Il a été très utile mais, il est aujourd'hui périmé ; ses limites sont atteintes et il recèle des dangers. Pour accueillir une population supplémentaire de 3 milliards pendant les 50 prochaines années, il faut donc changer de modèle. C'est ce que cet article veut évoquer. Il veut aussi décrire sommairement les bases d'un modèle alternatif, celui de la Révolution Doublement Verte.

Le raisonnement est fondé sur deux nécessités :

- L'accroissement de la population entraîne une exploitation de plus en plus importante de la biosphère, la mince sphère de vie comprenant les êtres vivants et leur milieu terrestre et aquatique, dont les sociétés tirent alimentation, énergie, produits industriels et artisanaux pour l'habillement, le cadre bâti, la santé et de très nombreux usages.. L'utilisation de la biosphère telle qu'elle est faite dans de nombreux lieux aujourd'hui mène à des crises environnementales majeures. Il faut donc inventer des technologies nouvelles assurant la viabilité des écosystèmes de la biosphère tout en répondant à l'accroissement des besoins humains alors que l'espace productif est limité.
- La pauvreté ne se réduit que lentement à l'échelle historique. Elle est héréditaire. Et les pauvres, pour les trois quarts d'entre eux, vivent en milieu rural. Ainsi, l'avenir de la biosphère dépend largement du comportement des paysans, et ceux-ci comptent parmi ceux qui ont le moins de capital. Ils ne peuvent souvent éviter d'utiliser des techniques de production qui consomment les ressources naturelles sans les renouveler, fertilité, bois de feu, faune sauvage, atteignant ainsi l'environnement. Il faut donc que les nouvelles technologies s'inscrivent aussi dans un modèle destiné à réduire la pauvreté des ruraux.

## **La Révolution Verte : Succès et limites.**

Dans l'histoire, la course entre la population et la production alimentaire a déjà beaucoup inquiété. Le risque de pénurie alimentaire est périodiquement évoqué lors des sommets de la FAO. Il a souvent été mis en avant par René Dumont.

Mais c'est surtout dès après la deuxième Guerre mondiale que les interrogations ont été fortes. Elles ont entre autres été à l'origine de la création de la FAO et des initiatives des fondations Ford et Rockefeller pour financer une recherche agricole au service des pays en développement.

Les famines et pénuries alimentaires des années 50 au Brésil, en Inde et en Chine ont amené les pouvoirs publics occidentaux à dépasser le stade des interrogations et à agir avec résolution. Ces pénuries créaient les conditions de révoltes des paysannes et des urbains. Dans un contexte de Guerre froide, la Révolution chinoise ayant montré par ailleurs que les paysannes pouvaient constituer la base sociale d'un régime communiste, le monde occidental ne pouvait que faire un lien direct entre l'accroissement de la production agricole, la sécurisation des paysannes pauvres et la lutte contre l'extension du communisme. Ce même raisonnement a prévalu dans les années 60 dans toute l'Asie, et dans les années 70 en Amérique latine suite aux guérillas rurales, puis en Afrique suite aux sécheresses et à la pénétration de l'influence soviétique.

En Asie comme en Amérique latine, la réforme agraire était un préalable à toute action technique. Assurer l'alimentation des ruraux les plus pauvres, c'était d'abord leur donner accès à la terre. De même que la Révolution chinoise avait opéré une réforme agraire radicale, les Etats-Unis avaient suscité une réforme tout aussi radicale au Japon mais dans le but de créer une paysannerie de petits propriétaires. L'Inde de Nehru est allée dans la même voie. Plus tard, en Amérique latine, les Etats-Unis avec l'Alliance pour le Progrès ont suscité et appuyé des réformes agraires, mais celles-ci ont souvent entraîné l'hostilité violente des oligarchies terriennes.

Une fois assuré l'accès à la terre pour les petits producteurs, le raisonnement se poursuivait par la nécessité de faire accéder les paysannes au progrès. Dans les années 60 et 70, le progrès agricole était fondé sur l'utilisation de variétés améliorées, sur l'utilisation d'engrais et éventuellement de produits phytosanitaires. Pour que les producteurs adoptent ces techniques, il fallait qu'ils aient eu l'information et la formation qu'ils aient accès au crédit, que les prix agricoles soient rémunérateurs et qu'ils parviennent à une certaine sécurité de revenu. La Révolution Verte a été à la fois ce paquet technologique et ce paquet de politique incitative réunis. Voyons de plus près.

La Révolution Verte a démarré en Inde en 1966. A la demande de la Fondation Rockefeller, des chercheurs nord-américains avaient préalablement essayé d'acclimater des blés d'Amérique du Nord aux climats tropicaux. La création de ces blés dits « à haut rendement » a valu un Prix Nobel à l'un d'entre eux, Norman Borlaug. Presque simultanément, en Inde, le généticien M.S. Swaminathan mettait au point des riz améliorés. Blé et riz à haut rendement ont rapidement été cultivés en Inde. L'extension des surfaces semées avec ces variétés et leur succès auprès des producteurs ont été extraordinairement rapides dans les périmètres irrigués du Punjab. Cette extension a suivi le développement de l'irrigation dans la vallée du Gange, puis dans toutes les basses vallées irriguées de l'Inde.

Ce succès s'explique certes par les performances de ces blés et de ces riz en termes de rendements, mais il provient aussi - et peut-être surtout - des politiques agricoles qui ont été appliquées. Tout d'abord, les semences étaient subventionnées, ainsi que les engrais et souvent les produits phytosanitaires. Ensuite, les prix agricoles étaient garantis et stables ;

l'achat des récoltes était assuré par l'Etat qui contrôlait ainsi les circuits des céréales et revendait celles-ci dans des boutiques où les prix étaient eux aussi subventionnés. Par ailleurs, les agriculteurs avaient accès à un crédit pour l'achat des semences et fournitures, ainsi que pour les investissements (motoculteurs, creusement de puits et achat de pompes). Enfin, l'Etat finançait la vulgarisation agricole. Cette politique puissamment incitative est à l'origine d'un accroissement exceptionnel de la production. Ce même modèle s'est diffusé peu à peu dans toute l'Asie : Taiwan, Indonésie, Philippines, Thaïlande puis Vietnam. La Chine a pratiqué peu ou prou la même politique.

En Amérique latine, le modèle a été adapté à la culture du maïs et au développement de l'élevage à viande et laitier (amélioration génétique, amélioration sanitaire, amélioration des pâturages). Il a permis surtout aux agriculteurs de taille moyenne d'améliorer leurs revenus. Presque simultanément, au Zimbabwe, les producteurs africains de taille moyenne adoptaient les maïs hybrides issus de la recherche locale et bénéficiaient de politiques équivalentes.

Ce modèle de progrès technique et de développement agricole (quelquefois qualifié de "développementiste") a été enseigné de manière universelle. Il puisait ses sources dans le modèle technologique du progrès agricole nord-américain et européen (amélioration génétique, engrais) mais n'en retenait pas l'aspect motorisation agricole car les agricultures pauvres des pays en développement disposaient d'assez de main d'œuvre pour ne pas nécessiter la motorisation.

Seules quelques voix, dont celle de René Dumont, ont mis en cause la Révolution Verte pour les risques qu'elle pouvait entraîner de ne s'adresser qu'à une fraction de la paysannerie, laissant une grande partie des plus pauvres sur le bord du chemin et contribuant par là-même à créer de nouvelles inégalités.

Près de 30 ans après, ces craintes n'ont été que partiellement vérifiées. En Asie, il y a bien eu une réduction notable de la pauvreté et une amélioration nette de la sécurité alimentaire et d'une manière assez répandue dans la population. Cependant, il reste encore beaucoup de populations pauvres ne disposant pas de terre, pas seulement en Asie mais aussi en Amérique latine. Autrement dit, la Révolution Verte n'a pas touché tous les pauvres et en particulier les plus pauvres. En Afrique, elle a presque échoué ; dans les pays de la zone tropicale humide, elle a certes été appliquée aux plantations paysannes de café, cacao, palmier et hévéa avec quelques succès, mais le champ principal d'application était de développer les productions irriguées en zone de savane et en zone aride où, pendant longtemps, la coopération internationale a financé des grands périmètres irrigués rizières modernes et mécanisés où les producteurs étaient généralement transplantés et où ils devaient totalement s'adapter au modèle technique imposé. Les performances ont été faibles, les coûts élevés. Les réticences sociales sont venues à bout de cette formule. Tous ces périmètres ont été transformés en "petits périmètres" où chacun a eu la liberté de cultiver ce qu'il souhaitait avec ses techniques propres. Ils y utilisent d'ailleurs partiellement des techniques du type Révolution Verte. Au total cependant, les surfaces concernées restent marginales.

Toujours en Afrique, l'échec a été plus net dans l'agriculture pluviale des zones sèches. La variabilité du climat rend trop risquée l'utilisation de variétés à haut rendement et d'engrais. Les grands programmes d'introduction de ces techniques ont eu des résultats très faibles. Dans les zones de savane plus arrosées, elles ont eu plus de succès, notamment avec l'introduction de cultures pour le marché comme le coton et le maïs.

En 1994, alors que la grande majorité des spécialistes de la production agricole tropicale comptaient toujours sur la Révolution Verte pour faire face aux besoins du futur, une nouvelle a profondément modifié les réflexions : dans le Punjab, là où la Révolution Verte avait commencé 20 ans auparavant, des signes inquiétants de plafonnement des

rendements étaient visibles. Très vite, les causes en ont été analysées : salinisation des sols due à l'excès d'utilisation des eaux d'irrigation issues des nappes phréatiques, réduction des doses d'engrais due à l'accroissement des prix (résultant lui-même de la baisse des subventions aux engrais imposée par les politiques d'ajustement et de libéralisation). Par ailleurs, deux grands problèmes environnementaux apparaissaient : la baisse rapide et généralisée des nappes phréatiques entraînant la nécessité de recreuser les puits et d'acheter des pompes plus puissantes, et les niveaux élevés de pollution des eaux par les intrants chimiques.

Pour ces raisons, les interrogations sur la capacité d'accroître la production dans les agricultures pauvres sont revenues sur le devant de la scène. Comment en effet, sachant que les gains en surfaces nouvelles seront de plus en plus difficiles, pourra-t-on accroître significativement les rendements - c'est-à-dire en Afrique, les doubler ou les tripler - si les techniques de la Révolution Verte ne sont plus rentables et si, de surcroît, elles posent de difficiles problèmes environnementaux ?

Ces inquiétudes sont aussi alimentées par la prise de conscience de problèmes environnementaux peut-être plus graves encore :

- les risques de changement climatique, avec des épisodes extrêmes (sécheresses, intempéries plus fréquentes et plus intenses) ;
- les risques de perte de diversité biologique liés à la destruction irréversible de milieux et d'espèces qui pourraient receler des ressources utiles ;
- les risques de pollution grave due aux agricultures périurbaines utilisant intensivement les engrais chimiques et les pesticides.

### **La Révolution Doublement Verte : les approches écologiquement intensives.**

En 1994, les dirigeants du Système de Recherche Agricole Internationale, conscients de ces risques, alors même que les gouvernements des pays industriels réduisaient fortement leurs budgets, ont entrepris une réflexion destinée à proposer un modèle alternatif et à relancer l'intérêt des donateurs.

Le raisonnement en est simple :

- S'il faut par précaution limiter l'extension des terres cultivées et limiter la déforestation en zone tropicale humide, l'agriculture tropicale devra accroître ses rendements.
- Les pays concernés devront compter avant tout sur leur propre production pour nourrir leurs populations futures, car rien n'indique aujourd'hui qu'ils auront une capacité d'exportation suffisante pour payer des importations agricoles venant des pays industriels. Par ailleurs, ces derniers, s'ils devaient exporter plus, et durablement, vers les pays en développement, devraient aussi prendre en charge eux-mêmes une partie du coût.
- S'il faut accroître les rendements, il faudra le faire avec des techniques moins polluantes et moins onéreuses, car les subventions à l'agriculture disparaissent et on ne reviendra sans doute pas facilement en arrière.
- Dès lors, la solution qu'il convient d'explorer est celle d'une approche où l'on a recours à une intensification des fonctions naturelles des écosystèmes, afin d'en tirer le meilleur

parti : intensification des fonctions permettant d'améliorer la fertilité, de mieux conserver l'eau dans les écosystèmes cultivés, ou de mieux contrôler les maladies et les ravageurs. C'est une approche écologique et environnementale de la production. Plusieurs grandes voies sont ainsi explorées.

La première est celle des approches écologiques de la fertilité. Elles reposent sur l'intensification du cycle de la matière organique, en augmentant la part de la biomasse restituée au sol, et en favorisant les conditions d'humidité et de température pour dégrader la biomasse. La technique utilisée est celle des cultures de couverture végétale et des *mulchs* végétaux. En ce sens, l'agriculture s'inspire des phénomènes naturels qui assurent la viabilité et la fertilité des grands écosystèmes pérennes comme la forêt tropicale humide et la prairie. Plus classiquement, on peut utiliser les matières organiques, les effluents d'élevage et déchets organiques urbains. On peut aussi espérer, par la recherche génétique, doter les principales céréales alimentaires de la capacité de fixer l'azote de l'air de manière naturelle, comme le font les légumineuses, ou de mieux utiliser le phosphore des sols.

La deuxième voie est celle de la gestion de l'eau dans l'ensemble d'un écosystème. Il s'agit de conserver l'eau pour faire face aux sécheresses, et de mieux organiser les flux hydriques violents – réguler les crues - afin de limiter l'érosion et d'éviter les pollutions. Cela suppose l'aménagement des paysages selon des principes écologiques.

La troisième voie est celle de la gestion intégrée des grands cycles biogéochimiques comme le cycle du carbone et le cycle de l'azote. L'agriculture et la foresterie sont de puissants moyens de séquestrer du carbone dans les sols et dans la biomasse afin de réduire les concentrations en gaz à effet de serre dans l'atmosphère. De plus, sous forme de matière organique dans les sols, le carbone contribue à la fertilité. On peut aussi attendre de la recherche génétique qu'elle permette d'intégrer dans les principales plantes cultivées les capacités de contenir plus de carbone ou d'en limiter les pertes. Plus simplement, la combinaison des plantes cultivées dans un même espace et leur succession rapprochée dans le temps (agroforesterie, cultures associées) peuvent faciliter le recyclage des éléments minéraux qui, sinon, sortiraient du système.

La quatrième voie est celle de la lutte intégrée contre les maladies et les ravageurs, et notamment son volet lutte biologique. Beaucoup de ravageurs sont eux-mêmes contrôlés par des prédateurs, beaucoup d'insectes sont la proie d'autres insectes ou d'oiseaux. Les écosystèmes rassemblent en grand nombre des relations très complexes entre hôtes et pathogènes (bactéries, champignons microscopiques, insectes, vers, ...). La connaissance fine de ces relations permet d'intervenir par des méthodes de lutte intégrant toutes sortes de stratégies possibles : lutte biologique, lutte chimique ciblée, résistance des plantes aux maladies. La génétique peut aussi permettre d'identifier des voies naturelles de contrôle des populations de ravageurs et de les systématiser. Dans le domaine de la médecine vétérinaire, on commence de la même manière à utiliser des méthodes "d'écopathologie", s'inspirant d'une approche écologique des maladies.

La cinquième voie est celle de l'utilisation de la biodiversité. On sait que la dégradation des écosystèmes (leur régression écologique) s'accompagne de pertes de biodiversité. La présence dans des écosystèmes de *pools* d'espèces liées de manière complexe avec le milieu donne à ces écosystèmes des propriétés intéressantes : capacités de recyclage et de limitation des pertes de nutriments, résistance aux perturbations, haute productivité. Au fur et à mesure que les connaissances avancent, on sera en mesure de préciser comment, en agissant sur la biodiversité, on pourra contribuer à l'amélioration de la productivité et à la résistance des écosystèmes aux chocs climatiques ainsi qu'aux maladies et aux ravageurs.

Au total, penser une agriculture qui soit plus productive, plus économe en intrants chimiques, et utilisant les fonctionnements des écosystèmes comme base pour les techniques de production, amène à avoir recours à une véritable ingénierie écologique, domaine technique qui intègre les apports de l'agronomie, science à partir de laquelle s'était construite l'agriculture moderne pendant le XX siècle.

Ce grand changement est lié à l'évolution des sciences, en particulier de l'écologie qui permet de mieux comprendre la complexité des écosystèmes. Et la compréhension de cette complexité est permise par les progrès dans le domaine de la modélisation mathématique et de l'imagerie scientifique. Parallèlement, la connaissance du vivant progresse rapidement. La connaissance des gènes, de leurs fonctions et des mécanismes d'expression de leurs fonctions, permet déjà d'aller beaucoup plus vite pour améliorer les plantes et leur conférer les caractères dont on a besoin.

Mais en même temps que progresse la connaissance scientifique doit s'organiser le recueil de l'expérience ancestrale des producteurs. En effet, qui mieux que les producteurs connaît aujourd'hui les caractéristiques spécifiques des milieux dans lesquels ils vivent et les caractères utiles des plantes qu'ils cultivent et des animaux qu'ils élèvent ? La Révolution Doublement Verte étant fondée sur une approche écologique, et la diversité des écosystèmes et des usages qu'on en fait étant immense, il faudra donc inventer une grande diversité de solutions afin qu'elles soient adaptées aux situations locales. Dans ces conditions, l'apport des connaissances autochtones sera décisif. La recherche doit donc elle aussi entreprendre une révolution : mieux se nourrir des connaissances locales, travailler de concert avec les producteurs, et apprendre à hybrider les savoirs et les méthodes de l'expérience paysanne et les pratiques scientifiques.

La Révolution Doublement Verte s'inscrit aussi dans un paysage économique et institutionnel nouveau. D'abord, elle apparaît dans un contexte où l'agriculture est de moins en moins aidée et les marchés de plus en plus libéralisés. Mais il est clair que si l'on souhaite que les sociétés rurales soient en mesure de mieux gérer les écosystèmes et l'environnement, les politiques économiques doivent d'abord ne pas les désavantager. Si l'on veut qu'elles réhabilitent les écosystèmes dégradés (lutte contre l'érosion, dépollution, ...), il faut organiser des transferts financiers à leur profit. Il faut aussi faciliter l'épanouissement de la démocratie locale et la décentralisation des pouvoirs, car les décideurs locaux (si la démocratie locale fonctionne bien) sont en meilleure position pour prendre les décisions d'intérêt local que les pouvoirs centraux. Or, un développement local durable suppose un grand nombre de décisions à caractère collectif.

Le mouvement d'évolution vers ce nouveau modèle est en cours. Depuis longtemps déjà la recherche a proposé des systèmes de production allant dans le même sens ; par exemple en Australie, avec l'utilisation de couvertures végétales comme les luzernes annuelles qui permettent de protéger les sols soumis à l'érosion liée à l'extension de la culture du blé. Mais les sociétés rurales qui n'ont pas connu la Révolution Verte et qui ont dû accroître fortement leur production pour faire face aux besoins des populations ont depuis longtemps aussi imaginé des solutions compatibles avec l'environnement dont on peut aujourd'hui s'inspirer ; par exemple, l'agroforesterie qui combine diverses productions agricoles, souvent avec l'élevage et l'arboriculture. Enfin, aujourd'hui se développe à très grande vitesse l'agriculture de semis direct (sans labour) sous couverture végétale, fondée sur des principes d'agro-écologie mis au point au CIRAD et s'inspirant de pratiques locales observées au Brésil et en Amérique centrale. Des dizaines de millions d'hectares utilisent déjà ces techniques. Elles intéressent particulièrement les petits agriculteurs car elles limitent l'utilisation d'engrais, d'herbicides (les couvertures végétales empêchent les mauvaises herbes de pousser), et le travail du sol toujours difficile et coûteux en énergie. Par ailleurs, elles conservent l'eau du sol, limitent l'érosion des pentes et surtout augmentent et stabilisent les rendements. Les

approches écologiques de la production constituent donc une voie d'innovation d'un très grand intérêt à la fois pour la sécurité alimentaire, la lutte contre la pauvreté et la réhabilitation des écosystèmes tropicaux.

## **En conclusion**

L'agriculture, l'élevage, la foresterie, l'horticulture, l'arboriculture sont autant d'activités qui exploitent la biosphère, cette pellicule de vie à la surface de la planète dont nous tirons notre alimentation et un grand nombre de produits et de services. Avec 9 milliards d'habitants, ces activités ne devront plus simplement "exploiter" la biosphère, mais la "gérer" afin que les mécanismes de son équilibre et de son renouvellement ne soient pas altérés ou même détruits. L'écologie est la science qui nous permet de comprendre ces mécanismes et de les gérer avec précaution. La Révolution Doublement Verte est un des moyens qu'il faut mettre en œuvre pour assurer un développement économiquement, écologiquement et socialement durable de nos sociétés, en particulier les sociétés des pays du Sud, car ce sont elles qui vont accueillir les 3 milliards de personnes supplémentaires et ce sont elles qui cumulent la presque totalité des pauvres.

## **Bibliographie**

Conway G., Carsalade H., Griffon M., et al. Une agriculture durable pour la sécurité alimentaire mondiale. Paris. CIRAD-URPA/ECOPOP, 1994.

Conway G., The Doubly Green Revolution. Food for all in the 21<sup>st</sup> Century. Londres. Penguin Books, 1997.

Griffon M. Towards a Doubly Green Revolution. Proceedings of a seminar. Poitiers. Futuroscope. CIRAD-FPI. Paris, 1995.

Mazoyer M., Roudart L. Histoire des agricultures du monde. Paris. Seuil, 1997.

Swaminathan M.S. Ecotechnology and sustainable food security in Planetary Garden 99. Proceedings. Prospective 2100. Paris, 1999.

Swaminathan M.S. Sustainable Agriculture, towards an evergreen revolution. Delhi. Konark Publishers, 1996.