

## L'ANALYSE ECONOMIQUE DE LA DIFFUSION DES PLANTES TRANSGENIQUES

**Pierre-Benoit JOLY**

INRA/SERD

Université Pierre Mendès France

B.P. 47

38040 GRENOBLE Cedex 09

### 1. INTRODUCTION

C'est à la fois un plaisir et un honneur de m'exprimer devant cette assemblée sur un sujet d'une telle importance. Je dois néanmoins vous faire part de mes hésitations lorsque ce sujet me fut proposé. On me demande en effet d'analyser une histoire qui n'est pas encore faite devant les acteurs qui vont l'écrire. Nous sommes devant la même bouteille à encre : j'essaie de lire dans cette bouteille alors que vous vous apprêtez à y tremper votre plume.

Toutefois, ma position devient plus confortable si l'on admet deux postulats de base :

1. s'agissant de la diffusion des plantes transgéniques, nous sommes face à un processus émergeant dont les possibilités d'évolution sont donc largement indéterminées ;
2. l'évolution de ce processus ne dépend pas seulement des caractéristiques initiales (connues aujourd'hui) mais également des caractéristiques de la phase de transition.

Cela étant admis, la tâche qui m'incombe est à présent envisageable. Il s'agit donc tout d'abord de rappeler les conditions de la situation initiale : aujourd'hui, de quelles données objectives disposons-nous pour décrire la diffusion des plantes transgéniques (Section 2) ? La prudence voudrait que l'on s'en tienne là mais vous seriez bien déçus. Pour aller plus loin, il faut se doter d'un cadre analytique qui va nous permettre, certes de spéculer, mais de le faire dans un cadre relativement rigoureux (Section 3). Il convient ensuite d'indiquer les principales implications d'une telle analyse pour la diffusion des plantes transgéniques (Section 4) avant de conclure. L'idée principale que je développerai vous paraîtra sans doute un peu iconoclaste. Il s'agira en effet de renverser une causalité qui vous est familière : on considère en effet généralement qu'un produit n'est pas utilisé parce qu'il n'est pas efficace. Je développerai l'argument inverse, à savoir que c'est en fonction des conditions de la diffusion que l'efficacité d'un nouveau produit se construit (ou ne se construit pas). Concernant les plantes transgéniques, une telle analyse suggère que le chemin qu'il faut encore parcourir est très long. Si les premières applications (les plus évidentes) sont prêtes pour une diffusion commerciale rapide, dans l'ensemble, une utilisation plus importante des plantes transgéniques nécessite encore des efforts importants qui doivent conduire, d'une certaine façon, à la construction de la demande pour ces nouveaux produits.

## 2. LA SITUATION D'ETAT : QUELQUES INDICATEURS

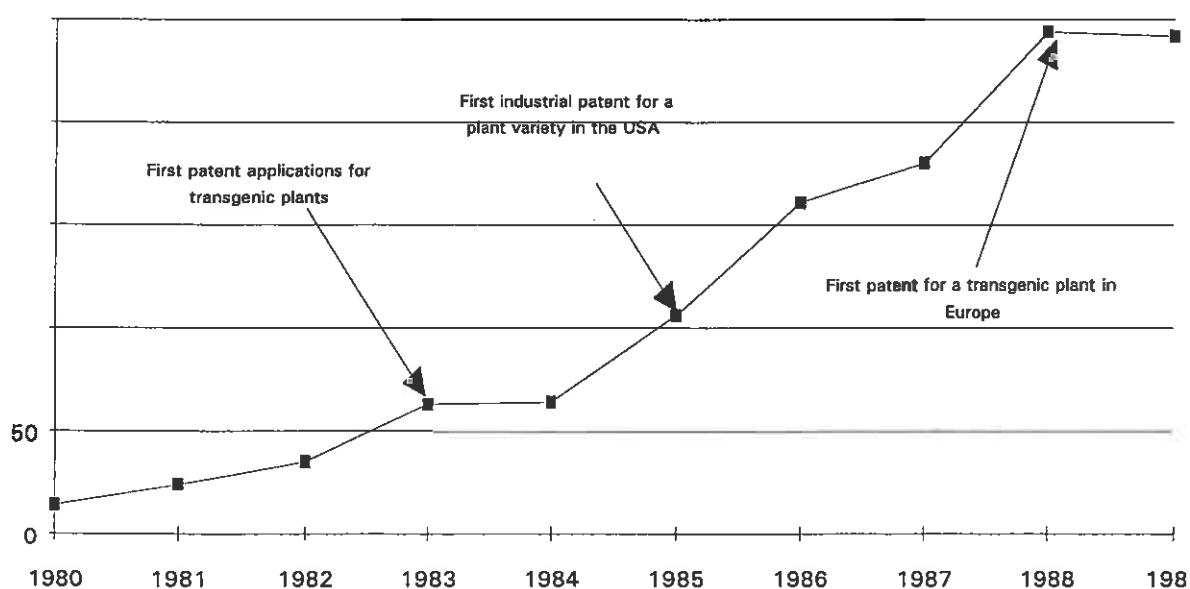
Jusqu'en 1995, la diffusion des plantes transgéniques était pour l'essentiel à l'état de projet puisque seule la tomate Mac Gregor de Calgene était produite et commercialisée aux Etats-Unis (Tableau 1). En Europe, la culture d'un tabac tolérant au bromoxynil était autorisée, mais cet herbicide n'étant pas homologué sur cette espèce, l'autorisation n'a pas été utilisée. La situation change rapidement, principalement aux Etats-Unis puisque, dès 1996, les plantes transgéniques devraient occuper plus de 500 000 ha. Il s'agira principalement du maïs et du coton résistants aux insectes (gène du *Bacillus thuringiensis*) et du soja tolérant au glyphosate. La diffusion des plantes transgéniques en Europe a un retard indéniable puisqu'en dehors du tabac, une seule culture est autorisée (depuis février 1996) : un colza résistant au Basta<sup>1</sup>.

Tableau 1 : Autorisation de mise sur le marché (bilan sept. 95, USA)

	Cultures	Caractères	Autorisation
AGREVO	Maïs	Tolérance phosphinotricine	juin 95
CALGENE	Canola	Teneur acide laurique	oct. 94
	Coton	Tolérant aux oxynils	févr. 95
	Tomate	Maturité du fruit	oct. 92
CIBA	Maïs	Résistance lépidoptères	mai 95
DNA Plant Tech	Tomate	Maturité fruit	janv. 95
MONSANTO	Coton	Tolérance glyphosate	juillet 95
	Coton	Résistance lépidoptères	juin 95
	Pomme de terre	Résistance coléoptères	mars 95
	Soja	Tolérance glyphosate	mai 95

Source : d'après des informations fournies par G. FREYSSINET et S. ROGERS

Pour saisir les possibilités d'évolution de l'utilisation des plantes transgéniques, il convient donc de remonter vers la R&D en s'appuyant principalement sur deux indicateurs : (i) le nombre de brevets déposés (Graphique 1) et (ii) les essais de plantes transgéniques.



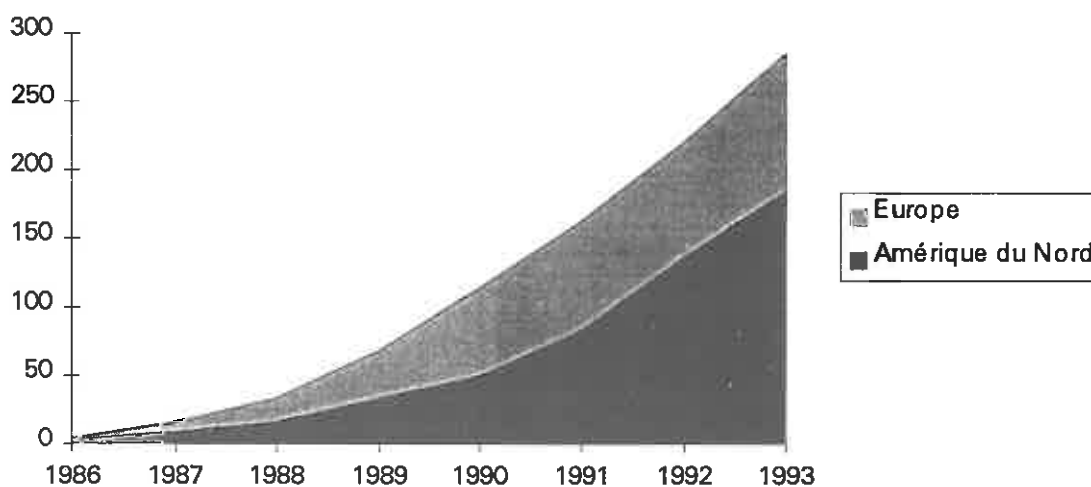
Graphique 1. Le nombre de brevets déposés par an (1980 - 1989)

Source : JOLY, de LOOZE (1996)

<sup>1</sup> L'utilisation de ce colza n'est autorisée ni en alimentation humaine ni en alimentation animale.

Partant d'un niveau négligeable en 1980, les dépôts de brevets en biotechnologie végétale se stabilisent à 250 par an environ en 1989. Les essais de plantes transgéniques sont décalés puisqu'ils ne débutent qu'en 1986 (Graphique 2). En 1993, (dernière donnée dont nous disposons) on compte près de 300 demandes d'essais et, autant que l'on puisse en juger à partir de la forme de la courbe, ce chiffre devrait être plus important encore par la suite. Notons que, à partir de 1991, l'augmentation du nombre d'essais tient surtout aux demandes faites en Amérique du Nord. En 1993, l'Amérique du Nord réalise deux fois plus d'essais que l'Europe alors que, de 1986 à 1990, les deux zones avaient une contribution équivalente. Ce décalage croissant dans le nombre d'essais correspond aux différences d'intensité de recherche révélées par l'analyse des brevets :

- . les firmes américaines représentent 40% de l'ensemble des brevets déposés entre 1980 et 1989 contre 25% pour les firmes européennes ;
- . si l'on considère seulement les 53 brevets les plus importants, les firmes américaines représentent 70% des dépôts contre 25% pour les firmes européennes.



Graphique 2 : Evolution du nombre d'essais de plantes transgéniques  
Source : d'après GOY et DUESING (1995)

L'analyse des essais donne également des indications précieuses concernant les principales orientations actuelles des biotechnologies végétales :

- . on observe un mélange d'espèces dont la transformation est facile (le tabac en est le meilleur exemple) et d'espèces sur lesquelles le travail est plus récent compte tenu des difficultés techniques mais qui bénéficient d'investissements très élevés du fait de leur importance économique (le maïs par exemple) ;
- . les objectifs poursuivis sont ceux pour lesquels l'identification des cibles était la plus aisée dans un premier temps : résistance aux herbicides, aux insectes et aux virus pour lesquels des solutions génétiques simples et efficaces sont connues depuis le début des années 1980. Par contre, les critères qualitatifs sont beaucoup moins visés car les déterminismes sont plus complexes. Pour l'heure, il s'agit essentiellement de travaux sur le contrôle de la maturation, la teneur en matière sèche, la composition en protéines ou le profil d'acides gras (Tableau 2).

Tableau 2. *Les axes actuels de développement des plantes transgéniques (d'après les essais)*  
(Répartition des essais selon les espèces et les objectifs)

	<i>Pomme de terre</i>	<i>Colza</i>	<i>Tabac</i>	<i>Maïs</i>	<i>Tomate</i>	
Tolérance aux herbicides	16	94	29	54	21	29%
Amélioration de la qualité	31	57	13	15	39	21%
Résistance aux virus	60	2	24	10	20	16%
Résistance aux insectes	34	3	19	24	16	13%
Gènes marqueurs	23	17	28	8	4	11%
Résistance aux champignons	9	5	9	2		3%
Plusieurs caractéristiques	8	2	4	0		2%
Résistance bactérienne	9	1	0	0		1%
Non spécifié	3	1	5	5	3	2%
<b>Total</b>	<b>193</b>	<b>182</b>	<b>131</b>	<b>118</b>	<b>103</b>	<b>100%</b>
<b>% du total des essais</b>	<b>19%</b>	<b>18%</b>	<b>13%</b>	<b>12%</b>	<b>10%</b>	<b>71%</b>

Source : établi à partir de GOY & DUESING (1995)

### 3. UN CADRE D'ANALYSE POUR SPECULER SUR L'AVENIR : LA DIFFUSION COMME PROCESSUS D'APPRENTISSAGE

Nous l'avons évoqué dans l'introduction, la perspective que nous nous donnons dans cet article est différente de celle des analyses classiques de la diffusion. Sans vouloir trop entrer dans les détails, quelques explications générales sont nécessaires à ce niveau.

#### 3.1. La représentation traditionnelle de la diffusion : le modèle épidémiologique

La tradition classique de l'analyse de la diffusion des innovations se fonde sur une analogie avec le modèle épidémiologique. Le modèle de base est simple. A chaque période, le nombre ( $\Delta n/\Delta t$ ) de nouveaux adopteurs d'une innovation dans une population de taille  $N$  est fonction du produit de la proportion des adopteurs dans cette population ( $n/N$ ) par le nombre d'individus qui ne l'ont pas encore adoptée ( $N-n$ ), soit :

$$\Delta n/\Delta t = a * (n/N) * (N-n)$$

le coefficient  $a$  exprime dans cette équation le « taux d'imitation »

Les économistes qui, comme Zvi GRILICHES ou Edwin MANSFIELD, ont abondamment travaillé sur ce type de modèle, montrent que la cinétique de la diffusion s'explique par deux paramètres : la rentabilité et le risque de l'innovation. Ainsi, dans un tel modèle, tout se passe comme si l'innovation était un objet inchangé qui se diffuse dans un milieu lui-même inchangé. Si l'on connaît parfaitement les conditions initiales (rendement et risque de l'innovation, caractéristiques de la population d'adopteurs) on peut aisément déduire les caractéristiques de la diffusion.

Dans les années 1980, la plupart des études qui visaient à prédire le marché potentiel des biotechnologies sont fondées sur ce type de représentation de la diffusion. Or, si un tel raisonnement est tout à fait acceptable dans le cas de la diffusion d'un nouveau produit, il est inadapté dans le cas d'une innovation radicale. C'est l'une des sources des erreurs systématiques de prévision.

### 3.2. Les nouvelles représentations : la diffusion comme processus d'apprentissage

Dans le cas d'une innovation radicale, le produit subit souvent de profondes modifications lors de sa diffusion. De même, il transforme l'environnement dans lequel il se diffuse. Pour ne prendre ici qu'un seul exemple, la diffusion de la micro-informatique ne peut s'expliquer que si l'on prend en compte les interactions entre la création des objets et la transformation de l'environnement au cours de la diffusion (nouvelles compétences, organisation du travail, standardisation des tâches,...). Dans les laboratoires de recherche, par exemple, l'utilisation des logiciels de traitements de texte a certes permis de réaliser plus efficacement les fonctions de la machine à écrire (possibilités de correction, mise en page,...) ; elle a surtout conduit à une véritable transformation de l'économie de la production d'un article : la fin de la division du travail entre écriture et dactylographie permet une imbrication des deux fonctions qui change l'organisation du travail dans le temps ; la gestion automatique des références introduit une nouvelle logique dans l'organisation des bases de données bibliographiques... Mais, bien sûr, rien de cela ne serait possible si l'utilisation massive de la micro-informatique n'avait conduit à une très forte réduction des coûts (les coûts des semi-conducteurs sont divisés par deux tous les deux ans) qui permet elle-même l'utilisation de capacités massives de mémoires vives, de disques durs et de microprocesseurs performants. Rien de tout cela n'était prédéterminé lorsque les premiers ordinateurs personnels furent commercialisés en 1981.

Comment concevoir la diffusion des innovations lorsque les conditions de stabilité de l'objet technique et de l'environnement ne sont pas satisfaites ?

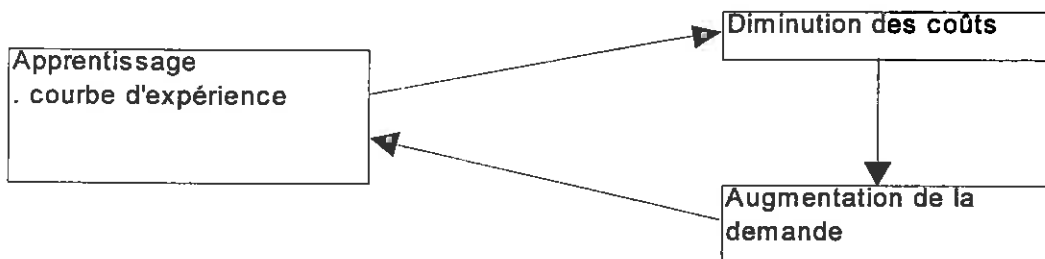
C'est en fait un problème qui a été abondamment étudié tant sur le plan théorique qu'empirique :

- des technologies comme le téléphone ou le fax se caractérisent par le fait qu'à tout instant l'utilité que retire un utilisateur de leur usage dépend du nombre d'utilisateurs qui en sont équipés. Cela correspond au cas d'un objet stable qui se diffuse dans un environnement transformé par le processus de diffusion. Sous ces conditions, les modèles développés font apparaître une propriété singulière : la dépendance de sentier (« path dependency ») des processus de diffusion. Le résultat de la diffusion ne dépend pas des seules conditions initiales mais il est affecté par les caractéristiques de la phase de diffusion ; notamment, de petits événements qui apparaissent au début du processus pèsent fortement sur un tel processus (ARTHUR, 1989). Mais, plus généralement, on conçoit aisément qu'un processus de diffusion est entretenu par une boucle d'auto-renforcement : l'accroissement de la demande provoque une baisse des coûts de production suivie d'une diminution des prix qui entraîne une extension de la demande (...) (Graphique 3). Dans le cas de nouvelles technologies, cette dynamique vertueuse a une dimension supplémentaire : la progression des connaissances permet de définir des objectifs plus complexes et, donc, dans l'interaction avec les utilisateurs potentiels, de *révéler* de nouvelles applications. De telles applications n'étaient pas concevables *ex ante*, sans l'amorce du processus de diffusion<sup>2</sup> (Graphique 3). On considère alors que la technologie recèle un potentiel qui ne peut pas être connu en avance car il sera progressivement révélé, selon les conditions de son exploitation ;

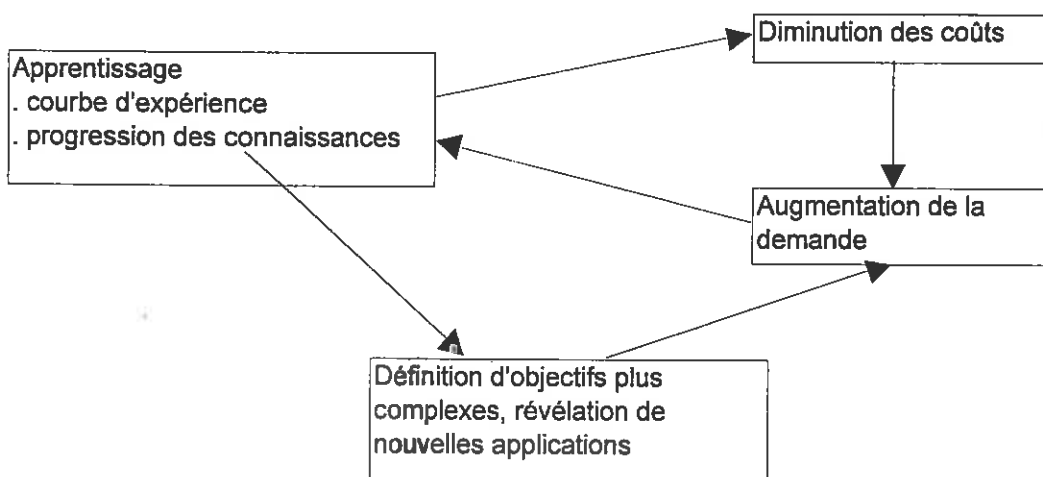
<sup>2</sup> On pourra se référer à l'analyse de COHENDET, LEDOUX, ZUSCOVITCH [1987] pour une excellente illustration du phénomène dans le cas des matériaux nouveaux.

- ces analyses économiques ont leur pendant dans le domaine de la gestion ou de la sociologie de l'innovation. Partant du constat de l'importance des interactions entre producteur et « utilisateur » dans la construction des objets techniques au cours de leur diffusion, E. Von HIPPEL met l'accent sur les modalités d'insertion des utilisateurs pionniers dans les processus d'innovation qui permettent d'en améliorer l'efficacité (Von HIPPEL, 1986). Ces dimensions « hors technique » du processus d'innovation dépassent largement l'adjonction du marketing de produit. Lorsque le produit est radicalement nouveau, il s'agit de créer de nouveaux marchés, de construire la demande, ce qui prend du temps et nécessite des investissements considérables (pour une telle analyse dans le cas des biotechnologies, voir [GREEN, 1991]). De telles conceptions font partie des postulats de base de la sociologie de l'innovation. On considère en effet que l'innovation procède de la construction de nouveaux réseaux qui se développent au gré de l'entre-définition des nouveaux objets et de l'environnement économique. Formellement, une telle conception peut être représentée par une co-évolution des objets techniques et des acteurs qui les adoptent. Le processus modélisé a les mêmes propriétés de « path dependency » que celui évoqué dans le paragraphe précédent (CALLON, 1992).

*La diffusion en simple boucle*



*La diffusion en double boucle*



Graphique 3. Les différentes dimensions de l'apprentissage, moteur de la diffusion : progression sur la courbe d'expérience et création de nouveaux marchés

Bien qu'un peu longues, ces explications étaient nécessaires pour étayer le point central de notre argumentation. On comprend mieux à présent pourquoi nous proposons de renverser la causalité : ce n'est pas parce qu'elle est efficace qu'une technique se diffuse mais parce qu'elle se diffuse qu'elle devient efficace. Bien sûr, dans la réalité, les choses ne sont pas aussi tranchées et l'on n'a pas forcément à choisir qui, de la poule ou de l'oeuf, est à l'origine du phénomène observé. Il n'en reste pas moins que la diffusion n'est pas déterminée par les seules conditions initiales mais qu'elle dépend également des caractéristiques du processus de diffusion lui-même.

#### 4. IMPLICATIONS POUR LA DIFFUSION DES PLANTES TRANSGENIQUES

Cette mise au point générale nous permet à présent de spéculer sur le devenir des plantes transgéniques sans être piégés dans le débat entre les partisans et les opposants. Trois observations s'imposent.

##### 4.1. A l'amont des plantes transgéniques, les biotechnologies végétales sont encore dans une phase d'accumulation exponentielle des connaissances

Même si beaucoup a été fait depuis la première transformation génétique d'un plant de tabac en 1983, la progression des connaissances sera probablement au moins aussi rapide au cours des 10 ou 20 prochaines années. Cela tient au fait, notamment, que les biotechnologies sont devenues un fantastique outil au service de la recherche. Les possibilités d'identifier des gènes et de les activer (ou de les désactiver) permettent de tester des hypothèses très rapidement et d'acquérir des connaissances fondamentales sur les mécanismes biologiques ainsi que sur la physiologie de la plante. Avec les nouveaux moyens techniques et les nouvelles stratégies utilisées (carte physique, séquençage de l'ADN-c,...) on peut actuellement identifier, cloner et séquencer un gène en quelques semaines alors qu'il fallait plusieurs années pour le faire il y a 5 ou 6 ans seulement.

Tableau 3. *Diffusion des plantes transgéniques et apprentissage : les trois sources*

	Connaissances de base	Apprentissage	
		Courbe d'expérience	Cognitif
. identification	Cartes (génétique, physique) } « genomics » } bio-informatique*		
. clonage			
. séquençage			
. construction	nouveaux promoteurs	<i>Diminution du coût des opérations liée à l'utilisation des techniques</i>	<i>Meilleure identification des objectifs liée aux interactions avec les utilisateurs</i>
. transfert	recombinaison homologue		
. sélection/ tests agronomiques	gène marqueurs, maîtrise de l'expression		

\* mais aussi :

utilisation des plantes transgéniques comme outil pour la recherche : par exemple, banque des « transformants » d'*A. thaliana* par insertion de T-DNA.

Compte tenu de cette progression rapide, il ne faut donc pas négliger le rôle des connaissances de base dans les processus d'apprentissage. Cependant, il ne faut pas non plus le surestimer. En effet, d'autres mécanismes sont à l'oeuvre dans la diffusion d'une innovation (Tableau 3). On n'a jamais vu d'innovation réussie qui soit le pur produit de la recherche fondamentale. Même dans les cas où celle-ci joue un rôle déterminant, l'utilisation courante dans la sphère socio-économique passe par une phase de mise à l'épreuve qui va permettre de gagner en efficacité dans l'élaboration et la mise en oeuvre de solutions pratiques : tel problème sur lequel buttent les chercheurs peut être négligé car un processus industriel simple permet de le résoudre, par contre, on a complètement négligé l'obstacle du passage à grande échelle (...)<sup>3</sup>. Dans le cas des biotechnologies végétales, il apparaît en outre que l'activation de la seconde boucle d'apprentissage (Graphique 3) nécessite dans de nombreux cas un apprentissage cognitif. Les scientifiques disposent d'outils puissants mais ont des difficultés à identifier des cibles qui ont un intérêt technico-économique. Il faut, pour ce faire, combiner leurs connaissances à celles des utilisateurs.

Alors que l'apprentissage par la progression des connaissances de base est alimenté par les seuls investissements dans la recherche, les deux autres mécanismes d'apprentissage sont plus liés à l'utilisation. Seconde différence, alors que les connaissances peuvent être utilisées dans des contextes éloignés de celui où elles ont été produites (aux brevets prêts), les effets des deux autres mécanismes sont beaucoup plus localisés. Si ces effets jouent de façon importante, les zones qui bénéficient d'une avance dans la diffusion des plantes transgéniques pourraient se trouver durablement avantagées du fait qu'elles bénéficieraient d'un progrès cumulatif et localisé.

La démarche est ici très qualitative mais le raisonnement en termes de processus conduit à poser deux questions :

1. comment les stratégies actuelles influencent-elles la diffusion à long terme des plantes transgéniques ?
2. le décalage actuel entre l'Europe et les Etats-Unis aura-t-il des conséquences à long terme sur le différentiel de compétitivité ?

Pour répondre à ces questions, il faudrait être capable d'apprécier l'importance relative des mécanismes qui ouvrent la seconde boucle d'apprentissage, ce qui n'est pas le cas. Du moins est-il possible d'en identifier deux dimensions critiques :

- . le jeu sur les caractéristiques qualitatives impose des changements organisationnels propres à favoriser l'extension des réseaux d'innovation vers les utilisateurs ;
- . l'évolution de la perception de biotechnologies par le public est l'une des principales composantes du contexte de diffusion des plantes transgéniques. Elle est très influencée par les caractéristiques de la diffusion.

---

<sup>3</sup> Pour ne prendre qu'un seul exemple, il fallut plus de 20 ans pour transformer le concept de maïs hybride de Shull et East en réalité commerciale. Celle-ci doit entre autres à Jones l'idée de contourner le verrou des coûts de production de la semence par la production d'hybrides doubles.



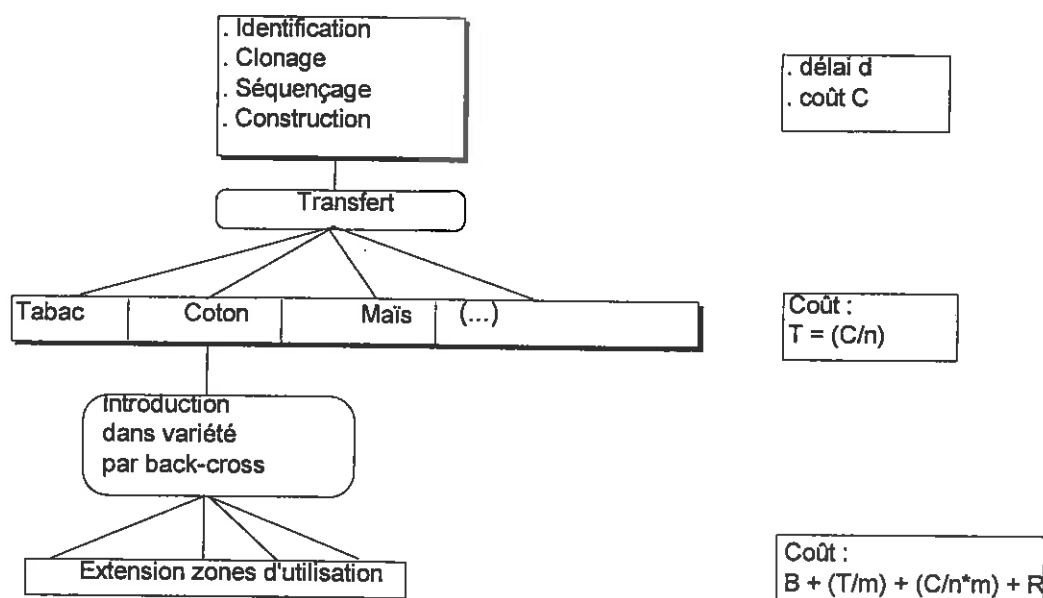
#### 4.2. La nécessaire construction de la demande : le cas des caractères qualitatifs

Au risque d'être un peu caricatural, considérons deux types de caractères introduits dans les plantes transgéniques : les caractères agronomiques et les caractères qualitatifs.

Les premiers (tolérance aux herbicides, résistance aux virus ou aux insectes,...) sont plus développés et se distinguent des autres par les trois traits suivants :

- . ils sont peu complexes (même si l'identification et la construction des premiers gènes fut une affaire d'années plutôt que de mois) ;
- . ils peuvent être utilisés dans des espèces et dans des systèmes de culture variés ;
- . leur effet n'est pas tel qu'ils imposeraient aux utilisateurs des efforts d'apprentissage ou des reconfigurations des systèmes de production.

Même dans ce cas très simple, on perçoit clairement que l'efficacité est fonction de l'utilisation. En effet, de la même façon qu'on connaît le coût d'un nouvel avion *ex post*, lorsque l'on sait combien d'unités il a été possible de produire et de vendre, les coûts unitaires spécifiques d'une plante transgénique sont très faibles si le caractère est utilisé dans une large gamme d'applications<sup>4</sup> (Graphique 4).



Graphique 4. La diffusion des plantes transgéniques : le cas des caractères agronomiques

Dans le cas des caractères qualitatifs, le problème est généralement plus difficile :

- . l'identification des objectifs n'est pas évidente car, dans la plupart des filières, l'habitude est de transformer une matière première indifférenciée par des process adéquats. Rechercher systématiquement la solution d'un problème de transformation (ou l'innovation de produit à l'aval) par une adaptation de la matière première n'est pas une habitude très répandue ;

<sup>4</sup> Aux coûts réglementaires (R) près. Ceux-ci sont d'autant plus limitants que, pour un caractère donné, ils s'appliquent à chacune des variétés et non à l'espèce.

. les caractères qualitatifs sont non seulement peu connus mais aussi, par nature, assez complexes car ils sont très imbriqués dans le métabolisme général de la plante (pour un développement de cet argument, voir le papier de A. DESHAYES dans ce volume) ;

. passer d'un approvisionnement en produit banalisé à un produit spécifique implique, pour l'industriel utilisateur, une perte de flexibilité (on devient dépendant d'une source d'approvisionnement). Cela entraîne également une augmentation des coûts unitaires liés aux nécessaires changements d'organisation pour préserver l'identité du produit de la semence jusqu'au produit final.

De telles difficultés expliquent que, du point de vue des utilisateurs potentiels que sont les entreprises agro-alimentaires, l'attitude à l'égard des plantes transgéniques soit plutôt négative : « on ne les utilise pas car elles ne donnent pas des solutions efficaces ». Et pour cause : les contraintes et les besoins des utilisateurs n'ont été que rarement intégrés dans une dynamique d'innovation dominée par l'offre scientifique et technique de l'amont de l'agriculture (voir la communication d'A. DESHAYES sur ce point). Très largement négligée, cette dimension doit aujourd'hui être intégrée dans les stratégies d'innovation. Car c'est précisément dans le cadre des interactions entre producteurs et utilisateurs que peuvent se construire des marchés qui n'existent pas aujourd'hui. Si cela n'est pas fait, on risque de dire demain encore : on n'utilise pas cette technique car elle n'est pas efficace. Comment donc favoriser une utilisation de telle sorte qu'elle devienne efficace ? Comment amorcer les boucles d'apprentissage et créer un effet « boule de neige » ?

Les travaux de Von HIPPEL évoqués précédemment suggèrent différentes méthodes pour sélectionner et pour intégrer des utilisateurs pilotes dans les processus d'innovation. La sociologie de l'innovation utilise pour aborder de tels problèmes la métaphore de la traduction dans le double sens de :

. *la traduction des concepts* d'un domaine technique à l'autre : de la génétique végétale à la technologie des pâtes alimentaires, la communication n'est pas aisée ; il faut construire un cadre de référence commun, créer des équivalences,...

. *la traduction des intérêts* : l'innovateur doit créer des points de passage obligés en montrant comment la solution des problèmes des utilisateurs potentiels passe par son innovation. Il doit donc *intéresser* des alliés potentiels qui vont pouvoir intégrer leurs propres préoccupations dans son projet. Il ne s'agit pas seulement ici d'affaires de communication puisque le projet se transforme avec l'intégration de nouveaux utilisateurs. Dans une telle conception, l'objet technique se construit en même temps que le réseau d'acteurs qui en constitue le support stratégique.

Tableau 4 . *La diffusion des plantes transgéniques : le cas des caractères qualitatifs*

Obstacles	Solution
. identification de la cible	. extension du réseau d'innovation (partenariat, intégration verticale), « traduction »
. investissements spécifiques, perte de flexibilité	. passage à une logique de niche (organisation internationale, modes de gestion)

N'allons pas plus loin dans l'ébauche de solutions, ce n'est pas notre objet. Le raisonnement illustre cependant notre argument central : pour les caractères qualitatifs, la diffusion passe par la construction de la demande. Or, celle-ci est faite d'apprentissage des utilisateurs, de modification de leurs processus de production, de construction de nouvelles relations, de reconfigurations organisationnelles,... Ces évolutions qui jouent un rôle essentiel dans le processus de diffusion ont des effets cumulatifs et très localisés. Il ne s'agit pas ici de minimiser le rôle des connaissances de base mais de le relativiser. Ces dernières circulent assez librement; par contre, les capacités de mise en oeuvre dépendent de l'expérience acquise. Dans ce domaine, un retard peut avoir des conséquences assez graves.

#### **4.3. Opinion publique et « acceptabilité » : briser le cercle vicieux de la non-utilisation?**

Il n'est pas question ici de traiter cette question difficile en quelques lignes<sup>5</sup>. On attirera simplement l'attention sur trois points qui montrent combien il est important d'intégrer cet aspect dans notre analyse :

1. de plus en plus, dans les pays industrialisés, la diffusion des innovations est soumise aux réactions de ce qu'il convient d'appeler l'opinion publique. Une telle opinion est très influencée par la perception des risques (pour le consommateur ou pour l'environnement) et de l'intérêt de la technique. La perception du risque ne se fonde pas sur une analyse rationnelle. Ainsi donc, toute controverse publique sur une technique a un caractère imprévisible et non maîtrisable (LIMOGES *et al.*, 1993) ;
2. on ne sait pas grand chose de l'opinion publique si ce n'est qu'elle s'organise lors des controverses et que les sensibilités qui s'expriment peuvent être très différentes selon les pays. Alors qu'aux Etats-Unis la diffusion à grande échelle ne semble pas poser de problèmes, il en est bien autrement en Allemagne. Récemment, les controverses ont rebondi avec la publication de travaux qui démontrent la transmission du gène de tolérance au glufosinate de *Brassica napus* à *Brassica campestris* (MIKKELSEN *et al.* 1996). Les Verts allemands demandent l'arrêt des essais de plantes transgéniques et, compte tenu des attaques de certains groupes activistes, il est difficile de réaliser de tels essais en Allemagne (ABBOTT, 1996).

Sauf à considérer que les normes internationales s'alignent sur les positions les plus prudentes, les pays dont l'opinion publique sera la plus favorable disposeront d'un avantage important. Comment l'attitude vis-à-vis de la diffusion des plantes transgéniques peut-elle influencer la formation de l'opinion publique ? La question est complexe. Tentons néanmoins, à titre didactique, l'exercice suivant. Supposons que l'on soit dans une situation où le risque « objectif » est raisonnablement connu et où on peut considérer qu'il est très faible<sup>6</sup>. La perception du risque dans le public peut être bien différente. A-t-on avantage à accélérer ou à retarder la diffusion :

<sup>5</sup> Nous renvoyons au papier d'A. KAHN pour les principes de base de l'analyse des risques et à celui de J. MARROU pour la description des réglementations française et européenne concernant la dissémination des plantes transgéniques.

<sup>6</sup> Nous reprenons ici la définition donnée par A. KAHN : le risque est le produit de la fréquence d'un événement par sa dangerosité.

un retard permet de prendre une garantie plus grande face à un risque résiduel qui n'est jamais nul. Par contre, elle peut conforter l'idée qu'il y a des problèmes potentiels car, sans eux, on ne comprendrait pas les précautions excessives que prennent les instances officielles. Le « risque » est ici d'amplifier un sentiment de défiance et d'entrer dans de nouveaux cycles de controverse dont on ne voit pas bien l'intérêt *a priori* ;

. accélérer le mouvement peut provoquer des accidents. Mais nous nous situons sous l'hypothèse où les risques sont très faibles. Par contre, si le contrôle de ces premières expériences est bien conçu, cela peut permettre d'obtenir des données supplémentaires sur les phénomènes étudiés. Cela doit conduire, en outre, par des effets de démonstration, à une plus grande confiance du public dans ces nouvelles techniques ;

. à moyen et long terme, la *crédibilité des instances réglementaires* est probablement l'aspect le plus important du problème. C'est en effet la meilleure façon de réduire les écarts entre le risque objectif et la perception du risque par le public. La crédibilité des institutions peut être renforcée par un fonctionnement transparent. C'est l'optique qui a été choisie en France avec l'élargissement de la composition de la Commission du Génie Biomoléculaire.

Ainsi, sous l'hypothèse d'un risque objectif faible, l'argument qui consiste à dire qu'un retard dans la diffusion augmente l'acceptabilité doit être considéré avec prudence. En dehors du rôle décisif que joue la crédibilité des institutions, un élément peut jouer favorablement dans l'amorce d'une utilisation : le choix de plantes transgéniques qui suscitent *a priori* le moins de controverses (celles pour lesquelles le rapport utilité/risque est très favorable). On comprend aisément qu'un colza tolérant à un herbicide ne correspond pas à la meilleure solution.

## 5. CONCLUSIONS

De nombreux indicateurs le montrent, la diffusion des plantes transgéniques se trouve actuellement à une étape charnière. Si l'on considère que la diffusion est « prédéterminée », ce qui se passe actuellement n'est pas décisif. Tout au plus, cela peut entraîner un certain décalage par rapport au train « normal » des événements. Au contraire, dans l'optique qui est la notre, c'est un point de bifurcation. Les stratégies menées peuvent jouer un rôle décisif non seulement dans le développement de la compétitivité des différentes zones géographiques mais aussi dans le niveau futur d'utilisation des biotechnologies.

## BIBLIOGRAPHIE

- ABBOTT A., 1996. Transgenic Trials under Pressure in Germany. *Nature*, Vol.380, 14 March 1996, p. 94.
- ARTHUR B., 1989. Competing Technologies, Increasing Returns and Lock-in by Historical Events. *Economic Journal*, Vol. 99, pp. 116-131.
- CALLON M., 1992. Variety and Irreversibility in Networks of Technique Conception and Adoption. in *Technology and the Wealth of Nations*, edited by Foray D., Freeman C., 232-268, London : Frances Pinter.

- COHENDET P., LEDOUX M.J., ZUSCOVITCH E., 1987. *Les matériaux nouveaux : dynamique économique et stratégie européenne*. Paris : Economica, 621 p.
- GREEN K., 1991. Shaping Markets : Creating Demand for Radically New Products. Colloque des Grandes Ecoles, *Management of Technology, Implications for Enterprise Management and Public Policy*, Paris, juin 1991.
- GOY P.A., DUESING J.H., 1995. From Plots to Plots : Genetically Modified Plants on Trial. *Bio/Technology*, Vol. 13, May 1995, pp. 454-458.
- JOLY P.B., DE LOOZE M.A. An Analysis of Innovation Strategies and Industrial Differentiation through Patent Applications : "the Case of Plant Biotechnologies" *Research Policy* (forthcoming).
- JOLY P.B., DUCOS C., 1993. *Les artifices du vivant*. INRA/Economica
- LIMOGES C., CAMBROSIO A., ANDERSON F., PRONOVOST D., CHARRON D., FRANCOEUR E., HOFFMAN E., 1993. Les risques associés au largage dans l'environnement d'organismes génétiquement modifiés : analyse d'une controverse. *Cahiers de recherche sociologique*, n°21, 1993.
- MIKKELSEN T.R., ANDERSEN B., JORGENSEN R.B. ,1996. The Risk of Crop Transgene Spread. *Nature*, Vol.380, 7 March 1996, 31.
- VON HIPPEL E., 1986. Lead Users : A Source of Novel Product Concepts. *Management Science*, Vol. 32.