

---

## L'intégration technologique et le développement du secteur semencier Deux facteurs de la diffusion du coton-Bt dans la vallée du fleuve Yangtsé

*Technological integration and seed sector development: two factors of the Bt-cotton diffusion in Yangtze River Valley*

Michel Fok et Naiyin Xu

---



### Édition électronique

URL : [http://](http://economierurale.revues.org/2620)

[economierurale.revues.org/2620](http://economierurale.revues.org/2620)

DOI : [10.4000/economierurale.2620](https://doi.org/10.4000/economierurale.2620)

ISSN : 2105-2581

### Éditeur

Société Française d'Économie Rurale  
(SFER)

### Édition imprimée

Date de publication : 5 mai 2010

Pagination : 40-56

ISSN : 0013-0559

### Référence électronique

Michel Fok et Naiyin Xu, « L'intégration technologique et le développement du secteur semencier Deux facteurs de la diffusion du coton-Bt dans la vallée du fleuve Yangtsé », *Économie rurale* [En ligne], 317 | mai-juin 2010, mis en ligne le 05 mai 2012, consulté le 01 octobre 2016. URL : <http://economierurale.revues.org/2620> ; DOI : [10.4000/economierurale.2620](https://doi.org/10.4000/economierurale.2620)

---

Ce document est un fac-similé de l'édition imprimée.

© Tous droits réservés

# L'intégration technologique et le développement du secteur semencier

## *Deux facteurs de la diffusion du coton-Bt dans la vallée du fleuve Yangtsé*

Michel FOK • CIRAD, UR SCA Montpellier

Naiyin XU • Jiangsu Academy of Agricultural Sciences, Research Institute of industrial crops, Chine

### Introduction

**E**n Chine, la commercialisation du coton transgénique a commencé en 1997, avec des variétés intégrant un gène Bt (coton-Bt) pour contrôler l'attaque de certains ravageurs du genre lépidoptères, en particulier *Helicoverpa armigera* et *Pectinophora gossypiella*, parmi un vaste ensemble de ravageurs. Aujourd'hui, il est estimé que le coton-Bt couvre près de 70 % de la surface cotonnière sur l'ensemble de la Chine (James, 2008), avec un taux de couverture proche de 100 % dans les provinces du Hebei, Henan et Shandong de la Vallée du Fleuve Jaune (VFJ). Cette large diffusion est la conséquence directe de l'efficacité du coton-Bt pour réduire l'utilisation des pesticides et procurer gain de rendement (Pray, *et al.*, 2002) mais les nombreux écrits de l'équipe du professeur Huang Jikun et de ses partenaires ont concerné essentiellement les provinces de la VFJ au cours des enquêtes menées en 1990, 2000, 2001 et 2004 (Huang *et al.*, 2002 ; Huang *et al.*, 2003 ; Huang *et al.*, 2005). Le taux d'adoption est aussi forte dans la Vallée du Fleuve Yangtsé (VFY), dont la principale province est Jiangsu, alors que des travaux publiés en chinois, peu accessibles à la communauté internationale, ont rapporté un faible impact du coton-Bt en termes de réduction du nombre de traitements chimiques et de gain de rentabilité (Xu *et al.*, 2004). Il y aurait ainsi un paradoxe, jamais signalé, d'une large adoption du coton-Bt dans la VFY en dépit de faibles avantages spécifiques.

Cet article vise à restituer une situation

paradoxe d'adoption du coton-Bt dans la VFY et à proposer deux facteurs explicatifs. Il s'appuie sur les indications issues d'une enquête et sur les données disponibles auprès de services officiels mais jamais utilisées dans les publications hors de Chine. Pour expliquer le paradoxe observé, il est suggéré, d'une part le rôle déterminant d'une intégration technologique et, d'autre part, l'influence du développement du secteur des variétés et des semences pour matérialiser cette synergie. L'intégration technologique est en effet entendue dans le sens d'une compatibilité, voire d'une synergie, entre technologies nouvelles et existantes.

Cette étude présente, dans une première section la situation d'adoption du coton-Bt dans la VFY. Dans la deuxième section, sous forme de revue de la littérature, le caractère paradoxal de ce contexte est analysé et fait ressortir la pertinence et l'originalité des deux facteurs proposés. Enfin, la troisième section explicite le phénomène d'intégration technologique et sa relation avec le développement des marchés des variétés et des semences dans la Vallée du Fleuve Yangtsé.

### **L'adoption du coton-Bt Forte utilisation mais faibles avantages**

Le choix du coton-Bt dans la province du Jiangsu et, plus globalement, dans la Vallée du Fleuve Yangtsé (VFY) est quasi généralisé. On observe peu de réduction de traitements dans le contrôle chimique des ravageurs et peu de gain de rentabilité.

Tableau 1. Répartition des paysans enquêtés en fonction des types de variété utilisés

	Nombre de paysans concernés et % du total (entre parenthèses)		Surface concernée (% du total)
	2004	2005	2004
NH-NBt	5 (2,9)	11 (6,0)	2,4
NH-Bt	27 (15,4)	28 (15,0)	25,7
H-NBt	0 (0)	5 (2,7)	0,0
H-Bt	143 (81,7)	142 (76,3)	71,9
Total	175 (100)	186 (100)	100,0

Note : H = hybride ; NH = non-hybride ; NBt = non-Bt.

Source : enquête Jiangsu 2005

## 1. Caractéristiques de l'adoption

Cette situation se révèle au travers d'une enquête que nous avons conduite en 2005 dans la province du Jiangsu et par l'exploitation d'une série statistique officielle, quoique peu accessible.

L'enquête conduite (dénommée ci-après « *enquête Jiangsu 2005* ») a couvert un échantillon de 186 producteurs de coton répartis dans les quatre principaux districts de production cotonnière de la province. Dans les conditions actuelles de la Chine, la conduite d'une enquête nécessite l'appui des services officiels locaux, sans la possibilité de consulter les registres des paysans pour réfléchir sur le choix de l'échantillon. L'enquête devait se dérouler avec quatre passages chez les paysans échantillonnés pour recueillir les informations portant sur les campagnes 2004 et 2005. Un désaccord avec les services locaux n'a pas permis d'aller jusqu'au bout du processus de l'enquête réalisée. Nous avons décidé d'exploiter quand même les données obtenues. Elles sont rarement accessibles à la communauté scientifique internationale et les informations extraites, même indicatives, sont cohérents avec d'autres résultats.

L'objectif de l'enquête était d'appréhender le degré d'adoption du coton-Bt et les pratiques culturelles des producteurs. Elle visait, en particulier, à obtenir les noms de variétés utilisées par les paysans afin de cerner leur nature (hybride ou pas, Bt ou pas) en consultant les registres de variétés. La nature réelle des variétés a dû

être vérifiée pour corriger les « erreurs »<sup>1</sup> éventuelles grâce aux responsabilités professionnelles d'un des auteurs de cet article. Une variété peut en effet être officiellement enregistrée comme non-Bt, mais commercialisée, à grand renfort de publicité, comme variété Bt<sup>2</sup>.

Le tableau 1 donne la répartition des paysans enquêtés en fonction des quatre types potentiels de variétés<sup>3</sup> pour les campagnes 2004 et 2005, ainsi que les parts de superficies correspondantes (mais seulement pour la campagne 2004).

Ce tableau montre que la répartition des producteurs en fonction des quatre types de variété a peu varié entre les deux campagnes. Les paysans ont utilisé le coton-Bt à 97 % et 91 % pour les deux campagnes successives. Une très forte proportion des variétés utilisées est de nature hybride, en moyenne 80 % pour les deux campagnes.

1. Il est connu que, au moins avant l'année 2000, la nature Bt d'une nouvelle variété à enregistrer pouvait ne pas être déclarée comme telle, dans le but d'esquiver les procédures de biosécurité et/ou le paiement de royalties dues pour l'utilisation du gène Bt chinois. À titre indicatif, sur les 262 variétés officiellement non transgéniques parmi l'ensemble des variétés dont les superficies ont été recensées jusqu'à 2007, 24 l'étaient en réalité.

2. Un exemple frappant concerne les variétés Zhong Mian 40, 42 et 43, largement adoptées, enregistrées comme non-Bt par le Centre national de recherche cotonnière mais dont on peut encore voir la description avec l'indication de la résistance aux chenilles des capsules, sur plusieurs sites Internet chinois.

3. En croisant les deux modalités pour chacun des deux critères (hybride, coton-Bt), on a effectivement quatre types de variété possibles.

Tous les hybrides utilisés associaient le trait Bt en 2004, mais cinq paysans ont utilisé des hybrides qui n'avaient pas le trait Bt en 2005. On a trouvé un faible taux (en moyenne 4,5 % pour les deux campagnes) d'utilisateurs de variétés conventionnelles, non hybrides et sans le trait Bt. En moyenne des deux campagnes, 78 % des paysans ont utilisé des cultivars associant le caractère hybride et le trait Bt. En termes de surfaces occupées par les trois types de variété rencontrés, pour la campagne 2004, la part des variétés avec le trait Bt est de 97 %, mais celle des variétés hybrides est plus faible, 70 % de la surface totale.

L'exploitation d'une autre source de données aide à compléter la vision dégagée de notre enquête. Tous les ans, le Centre national de vulgarisation (CNV) fait relever les statistiques des surfaces des principales cultures, en fonction des variétés utilisées pour chacune des grandes cultures, dont le coton. Dans le recensement des superficies, seules sont considérées les variétés cultivées sur des superficies supérieures aux seuils retenus, mais ce seuil pour le coton a fluctué dans le temps : une année il fut de 10 000 m<sup>2</sup> (667 ha), l'année suivante 50 000 m<sup>2</sup>, puis 100 000 m<sup>2</sup> (6 667 ha), pour revenir à 50 000 m<sup>2</sup> avant de sembler se stabiliser à 10 000 m<sup>2</sup>. Nous avons pu avoir accès aux annuaires statistiques issus de ce recensement, nous en avons exploité les données en tenant compte de la vraie nature des variétés après vérification comme déjà indiquée. Nous y référerons comme « *Données traitées des statistiques CNV* ».

Bien entendu, s'agissant de statistiques relevées dans un cadre administratif en Chine, il est légitime de s'interroger sur leur fiabilité. Pour autant, l'on peut considérer que les évolutions qu'elles permettent de déceler correspondent à la réalité. Par ailleurs, le recensement des superficies étant centré sur les variétés les plus cultivées, l'appréhension de la couverture par les quatre types de variété est plus précise quand on se réfère aux surfaces couvertes et non

aux nombres de variétés correspondantes.

Le *tableau 2* donne l'évolution de cette couverture depuis 1996. La répartition est faite pour quatre zones géographiques : la province du Jiangsu, la VFY<sup>4</sup>, la Province du Hebei<sup>5</sup> et l'ensemble de la Chine.

En termes d'évolution, la progression et le niveau du taux d'adoption du coton-Bt sont notablement différents entre les zones géographiques. Dans la province du Hebei, zone de lancement de la commercialisation du coton-Bt, un taux de couverture de 90 % a été atteint dès 1999 et il se stabilise autour de ce niveau depuis. Pour la province du Jiangsu, l'utilisation du coton-Bt a démarré avec des cultivars hybrides seulement à partir de 1999, et de manière timide. L'adoption du coton-Bt se jumelle certainement avec l'émergence d'une résistance des ravageurs aux insecticides en 1998, plus tardivement que dans la VFJ en 1993. Depuis quelques années, le taux d'utilisation du coton-Bt s'est stabilisé autour de 80%, essentiellement et de manière croissante avec des cultivars hybrides. À un degré légèrement moindre, cette évolution vaut aussi pour la VFY dans son ensemble. Pour la Chine prise globalement, le taux de couverture en coton-Bt paraît se fixer à 70 % depuis 2004, alors que la part des variétés hybrides progresse lentement jusqu'à 30 % en 2006.

Une spécificité apparaît dans l'adoption des variétés hybrides dans la VFY, elle est peu connue à ce jour dans la communauté internationale car la plupart des travaux publiés dans les revues internationales concernaient surtout la VFJ. Ces variétés hybrides intègrent très souvent le trait Bt, à 91 % dans la province du Jiangsu et à 64 % dans l'ensemble de la VFY.

---

4. En cumulant les données des provinces du Sichuan, du Hubei, Hunan, Zhejiang, Jiangxi, Jiangsu et Anhui. Il s'agit d'une approximation car les deux dernières provinces sont partagées entre la VFY et la VFJ.

5. Représentative de la VFJ et où l'utilisation du coton-Bt a été la plus analysée dans la littérature accessible à la communauté internationale.

Tableau 2. Évolution des parts de superficies couvertes par les quatre types de variété (% surfaces totales en coton)

		1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Province du Jiangsu	NH-NBt	100	100	97	94	93	90	65	40	12	18	13
	NH-Bt	0	0	0	0	0	0	12	22	29	19	9
	H-NBt	0	0	3	3	0	0	0	0	8	3	7
	H-Bt	0	0	0	3	7	10	23	38	51	60	71
VFY	NH-NBt	94	88	79	77	46	43	33	23	16	8	9
	NH-Bt	0	0	0	2	12	18	11	18	16	21	8
	H-NBt	6	12	21	20	38	31	35	26	21	23	30
	H-Bt	0	0	0	1	4	8	21	34	47	48	53
Province du Hebei	NH-NBt	96	77	29	10	0	5	5	2	0	0	3
	NH-Bt	0	23	71	90	95	84	86	97	100	100	92
	H-NBt	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	H-Bt	0	0	0	0	5	11	9	1	0	0	5
Chine	NH-NBt	96	91	84	73	48	45	41	29	26	23	24
	NH-Bt	0	3	7	19	37	40	39	51	53	52	46
	H-NBt	4	6	9	7	12	9	9	7	5	6	7
	H-Bt	0	0	0	1	3	6	11	13	16	19	23

Note : H = hybride ; NH = non-hybride ; NBt = non transgénique ; Bt = transgénique avec gène Bt

Source : Données traitées des statistiques CNV, 2007

## 2. Le contrôle chimique sur la faune des ravageurs

Le nombre de contrôles chimiques est encore important. La littérature accessible à la communauté internationale renseigne peu sur la situation du contrôle chimique contre les ravageurs du coton depuis l'avènement du coton-Bt. L'enquête Jiangsu 2005 en apporte quelques éléments indicatifs, dans la limite des imperfections rencontrées lors de sa conduite.

Dans notre enquête, seulement 78 paysans ont répondu aux questions portant sur le nombre de contrôles insecticides pour les différents types de ravageurs visés, lors de la campagne 2004 (tableau 3). Les contrôles

sont réalisés avec des matières actives différentes pour viser des ravageurs spécifiques. Les matières actives peuvent être mélangées lors de l'épandage, le nombre de traitements ou d'épandages insecticides est donc inférieur au nombre de contrôles.

Bien que le coton-Bt vise particulièrement les chenilles de *H. armigera*, tous les paysans ont eu à réaliser des contrôles insecticides pour le maîtriser, de une à huit fois pour une moyenne de 4,1 fois. En revanche, seul un paysan dit avoir eu à traiter contre *Pectinophora* (ver rose), autre ravageur cible de la toxine Bt. L'utilisation du coton-Bt n'affranchit donc pas des contrôles insecticides contre *H. armigera*, en partie parce

Tableau 3. Nombre de contrôles chimiques et impressions des paysans sur la faune des ravageurs

	Nombre de réponses sur les contrôles insecticides	Nombre de contrôles insecticides			
		Moyenne	Minimum	Maximum	Écart-type
<i>H. armigera</i>	78	4,1	1,0	8,0	2,17
<i>Pectinophoa g.</i>	1	3,0	3,0	3,0	
<i>Spodoptera litura</i>	48	1,5	1,0	2,0	0,50
Aphis (pucerons)	58	2,0	1,0	3,0	0,35
<i>Lygus spp.</i>	77	3,0	1,0	5,0	0,95
Araignée rouge	78	3,2	2,0	6,0	1,03
Ver du sol	29	1,0	1,0	1,0	0,00
Autres	36	2,4	1,0	4,0	1,03
Tous ravageurs	78	14,4	7,0	20,0	3,62

Source : enquête Jiangsu, 2005

que ce ravageur exprime quatre à cinq générations jusqu'à la fin du cycle du cotonnier, au-delà de la période de synthèse de la toxine Bt dans les plantes. Le nombre de traitements réalisés contre ce ravageur est moitié moindre que ce qui a été rapporté dans la VFJ (Pray *et al.*, *op. cit.*). Cela tend à confirmer une pression effectivement moindre dans la VFY comme cela est admis par les spécialistes du coton en Chine.

Tous les paysans ayant fourni l'information sur leurs pratiques d'épandages insecticides ont eu à traiter au moins deux fois contre les araignées rouges (jusqu'à un maximum de six fois). En moyenne, ils ont eu tous à faire trois traitements contre les *lygus* (punaises) que les spécialistes chinois disaient qu'elles ne nécessitaient pas de traitement chimique avant l'avènement du coton-Bt. La chenille *Spodoptera litura* est devenue aussi un ravageur nécessitant traitement chimique depuis quelques années (Li *et al.*, 2004), ce que notre enquête confirme.

En moyenne, les paysans enquêtés ont réalisé un nombre total de 14,4 contrôles chimiques<sup>6</sup> en 2005. Les nombres moyens de contrôle contre chaque type de ravageurs renseignent sur l'état de la faune des ravageurs. Ils indiquent que les ravageurs cibles du coton-Bt (*H. armigera* et *Pectinophora*) nécessitent encore quatre contrôles chimiques, mais les ravageurs qui ne sont pas des lépidoptères (tels les aphids, araignées rouges ou *lygus*) requièrent davantage de contrôles chimiques.

### 3. Un gain limité en rendement et en rentabilité...

L'enquête Jiangsu 2005 donne des indications sur l'impact du coton-Bt sur le traitement insecticide et sur le rendement (tableau 4). Ce ne sont que des indications

6. On voit que tous les paysans n'appliquent pas les insecticides contre tous les ravageurs. La somme des nombres moyens de contrôles pour chaque ravageur individuel est en conséquence différente de la moyenne du nombre total de contrôles réalisés.

car les quatre types de variété sont très inégalement représentés dans les échantillons de données et pour nombre de paysans, les données n'ont pas été fournies ou partiellement seulement.

Ces réserves étant faites, on peut observer qu'il y a de gros écarts entre les prix des semences. Ces écarts proviennent surtout du caractère hybride des variétés. Pour les cultivars hybrides, le surcoût du trait Bt se situe à 15 US\$/ha. Pour les cultivars non hybrides, le manque de données est tel que l'on ne peut se prononcer sur la similitude des coûts de semences avec ou sans le trait Bt. Par contre, de manière très claire, les semences des cultivars non hybrides sont dix à treize fois moins chères que les semences hybrides.

Les coûts en insecticides sont établis pour l'ensemble des deux campagnes, les données concernent presque exclusivement les paysans ayant cultivé les variétés hybrides intégrant le trait Bt. Pour ces paysans, le coût moyen est de 85 US\$/ha pour un nombre moyen de contrôles chimiques de 12,4. Pour les variétés hybrides sans le trait Bt, le nombre moyen de contrôles chimiques a été de 16,7 et le coût en insecticides de 142 US\$/ha. Nos données indiquent des écarts conformes aux travaux publiés en chinois (Xu *et al.*, *op. cit.*). Un travail plus récent indique que le nombre de contrôles chimiques a fluctué de 11,7 à 14,5 pour les années 2004 à 2006 (Xu *et al.*, 2008), nettement plus faible que la trentaine de traitements qu'il fallait réaliser juste avant l'avènement du coton-Bt (Zhang et Zhou, 2003).

Si l'analyse du coût des engrais est d'un intérêt moindre dans cet article, il est cependant important de noter le niveau élevé de ce coût, environ 250 US\$/ha, témoignage d'un recours important à la fertilisation minérale. Le coût des engrais est supérieur à la somme des coûts de semences et des insecticides.

Bien que le nombre de données soit très faible pour les variétés NH-NBt (non hybride et non-Bt), il semble que l'adjonction du trait Bt, dans les variétés non

Tableau 4. Coûts de production et revenus en fonction des variétés utilisées

	Coût semences US\$/ha	Régulateur de croissance US\$/ha	Coût engrais US\$/ha	Nombre traitements insecticides	Coût insecticides US\$/ha	Rendement coton-graine kg/ha	Revenu brut US\$/ha
Campagne concernée	2005	2004	2004 et 2005	2004 et 2005	2004 et 2005	2004	2004
H-Bt Moyenne (écart type)	98,6 (21,7)	6,3 (3,7)	251,5 (38,4)	12,4 (4,4)	85,0 (33,5)	4 392 (699)	2 329 (286)
Nbre données	109	112	59	77	77	140	140
NH-Bt Moyenne (écart type)	6,9 (1,6)	4,4 (1,1)				3 234 (440)	1 600 (286)
Nbre données	10	26				28	28
H-NBt Moyenne (écart type)	84,5 (10,4)			16,7 (5,8)	141,9 (51,7)		
Nbre données	3			3	3		
NH-NBt Moyenne (écart type)	7,7 (0,5)	8,1 (3,8)				3 459 (419)	1 671 (286)
Nbre données	4	2				5	5

Source : enquête Jiangsu, 2005

hybrides, n'induit pas de gain de rendement<sup>7</sup>. Cela est conforme aux travaux chinois cités. Nous n'avons pas les données nécessaires pour nous prononcer sur le cas des variétés hybrides. En revanche, la supériorité en rendement des variétés hybrides, plus spécifiquement H-Bt (hybride et Bt), ressort très clairement.

Ce sont les mêmes constats que nous faisons pour ce qui concerne le revenu brut après déduction des coûts des intrants (semences, insecticides...) : absence d'effet du trait Bt, et supériorité pour les variétés hybrides.

Globalement, les résultats de notre enquête révèlent bien une situation paradoxale d'un taux élevé d'adoption du coton-Bt avec peu d'avantages spécifiques. En raison des insuffisances de l'enquête réalisée, nous essayons d'appréhender cette situation à partir d'une autre source d'information.

7. L'incidence du coton-Bt sur le rendement peut surprendre, elle n'avait pas été réellement anticipée par Monsanto. Il n'empêche que des gains de rendement ont été observés dans divers pays, mais pas systématiquement. Fok (2006) relie l'incidence sur le rendement avec le degré d'optimalité du contrôle chimique avant l'avènement du coton-Bt. En situation de contrôle chimique proche de l'optimum pour prévenir les pertes par les attaques des ravageurs, l'incidence sur le rendement est faible ou nul.

#### 4. Mais un gain substantiel de rendement du caractère hybride

Pendant plus de cinquante ans, les expérimentations variétales multi-locales ont été réalisées dans le processus d'autorisation pour la commercialisation à une échelle régionale. L'un des auteurs de cet article est responsable du réseau d'expérimentation de la VFY. Les données sont traitées pour la période 2001-2005, nous y référerons par les « Données du Réseau Yangtze ». Ces données concernent notamment 1 440 rendements des différents types de variété testés et cultivés suivant les mêmes techniques. Comme les traitements chimiques ont été faits sur l'ensemble des variétés d'un même essai, les données ne permettent pas de se prononcer sur l'effet du trait Bt sur l'utilisation des pesticides.

Les *Données du Réseau Yangtze* confirment d'abord l'évolution de la répartition entre les quatre types de variété (tableau 5). En 2005, les résultats se rapportant aux variétés hybrides correspondaient à 90 % de tous les résultats, ceux des variétés Bt à 67 %. La tendance croissante à la combinaison des deux caractères est nette, les variétés avec cette combinaison représentaient plus de 60 % de tous les résultats en 2005, alors qu'ils n'étaient que de 20 % en 2001. Cette tendance s'est exprimée pendant

Tableau 5. Rendements des quatre types de variété dans le Réseau Yangtsé

	Types de variété				Variétés hybrides		Variétés Bt	
	NH-NBt	NH-Bt	H-NBt	H-Bt	Oui	Non	Oui	Non
2001 Nombre	76		76	38	114	76	38	152
Moyenne	3 374		3 680	3 882	3 747**	3 374	3 882*	3 526
Écart type	699		666	677	674	699	677	698
2002 Nombre	32	16	16	96	112	48	112	48
Moyenne	3 076	2 688	3 546	3 619	3 609**	2 946	3 486*	3 232
Écart type	621	815	681	635	639	707	737	673
2003 Nombre	30	45		180	180	75	225	30
Moyenne	2 713	2 952		3 073	3 073*	2 856	3 049*	2 713
Écart type	675	677		771	771	682	753	675
2004 Nombre	17	88	35	175	210	105	263	52
Moyenne	2 828	3 304	3 418	3 545	3 524**	3 227	3 464*	3 225
Écart type	659	537	518	558	552	582	562	627
2005 Nombre	34	17	138	331	469	51	348	172
Moyenne	2 804	2 971	3 050	3 290	3 220**	2 860	3 275**	3 001
Écart type	844	457	726	655	685	737	650	754
5 ans Nombre	284	166	303	877	1085	355	986	454
Moyenne	3 001	3 115	3 293	3 369	3 349**	3 089	3 321*	3 208
Écart type	789	633	758	703	706	699	692	751

\* Test t significatif à 5 % ; \*\* significatif à 1 %

Source : Données réseau Yangtsé, 2006

que le nombre de variétés expérimentées chaque année dans le réseau eut beaucoup augmenté.

En termes de différences de rendement, le *tableau 5* confirme une nette supériorité de rendement des variétés hybrides vs les variétés non hybrides. Les deux dernières colonnes du tableau indiqueraient que le trait Bt serait également source de gain de rendement mais les tests de comparaison rapportés ici sont biaisés par le déséquilibre en nombre entre les types de variété. Il est plus juste d'identifier les effets éventuels du caractère hybride et du trait Bt à partir d'une approche multifactorielle, en considérant que le rendement en coton-graine (variable dépendante) est sous l'influence de plusieurs facteurs tels que les années, les provinces, les caractéristiques hybrides et transgéniques des variétés. Suivant cette approche, on constate que la probabilité de non-signification pour tous les facteurs considérés est inférieure à 1/1000 sauf pour le trait transgénique des variétés pour lequel la probabilité d'absence d'effet sur le rendement est de 18 %. Ce résultat confirme que, au moins dans la VFY, il n'y a pas d'avantage en rendement découlant du trait

Bt des variétés alors que l'effet positif de la caractéristique hybride est très significatif.

### Expliquer une situation paradoxale

Partout où la commercialisation des variétés génétiquement modifiées (VGM) a été entreprise dans le monde, leur adoption par les producteurs est signalée. La controverse persistante à propos de l'Inde est étonnante alors que le coton-Bt serait déjà adopté par 3,8 millions de paysans en 2007 contre 54 000 en 2002 (James, *op. cit.*).

Mieux encore, dans la plupart des pays, le rythme d'adoption est très rapide pour atteindre des taux élevés de couverture des superficies des cultures concernées. À titre indicatif, et selon l'International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications (ISAAA), ces taux pour le coton-Bt sont de 65 % aux États-Unis et 80 % en Australie. Le taux de 70 % indiqué pour la Chine est conforme à ce que nous avons déterminé (*cf.* le *tableau 2*). Pour le soja transgénique tolérant aux herbicides, le taux de couverture a atteint 90 % aux États-Unis et il est de 95-100 % en Argentine. Dans ses rapports annuels, l'ISAAA relie toujours



l'adoption observée des VGM aux avantages que les utilisateurs en retirent. La situation paradoxale que nous avons rapportée lui a échappé. Il n'est pas indiqué de cas d'adoption à grande échelle de VGM sans constat d'avantages notables qu'elles ont procurés.

C'est aussi le cas des études scientifiques pour analyser l'adoption des VGM depuis leur commercialisation en 1996. L'analyse de l'adoption du coton-Bt en Chine a essentiellement, voire exclusivement, été rattachée aux avantages spécifiques de ce type de variété en termes de réduction de l'utilisation des pesticides, de diminution des coûts en produits et en main-d'œuvre d'épandage, et d'une certaine augmentation du rendement, engendrant ainsi un gain de rentabilité (Huang *et al.*, 2002 ; Pray, *et al.*, *op. cit.*). Ces auteurs ont constaté aussi une certaine augmentation du rendement, accentuant ainsi le gain de rentabilité du coton-Bt. Ils soulignent également les externalités découlant de la réduction du recours aux insecticides, en termes de risque moindre d'empoisonnement des producteurs ou d'effets négatifs sur l'environnement. Il en est de même pour les études relatives à l'Afrique du Sud (Ismaël *et al.*, 2002 ; Morse *et al.*, 2004) ainsi que pour les premières analyses du cas indien (Barwale *et al.*, 2004).

Globalement, la littérature relie l'adoption des VGM aux avantages spécifiques qu'ils procurent, la situation observée dans la VFY est donc paradoxale. Il reste à cerner si les travaux publiés permettent d'en identifier les facteurs.

#### *Un premier facteur explicatif*

La littérature existante permet de comprendre une adoption non généralisée des VGM en raison de la différenciation entre les producteurs, on reste cependant dans la logique de relier l'adoption aux avantages spécifiques. Les producteurs qui, compte tenu des facteurs structurels de leur exploitation, ne peuvent tirer assez de profit des VGM ne les adoptent pas. Cela s'observe

plus aisément dans les pays à agriculture différenciée, comme c'est le cas en Afrique du Sud et surtout en Inde (Qaim *et al.*, 2006 ; Morse *et al.*, 2007). Cependant, si la différenciation entre les exploitations peut donc être un facteur limitant contre l'adoption généralisée du coton-Bt, l'on devrait avoir un taux d'adoption de 0 % ou de 100 %, en fonction de la réalité des avantages spécifiques du coton-Bt, là où cette différenciation n'existe pas. Dans cette dernière situation, le risque de biais de sélection dans l'échantillonnage des producteurs (Fernandez-Cornejo *et al.*, 1998) étant très faible, l'estimation du taux d'adoption serait même robuste. Les descriptions récentes des exploitations agricoles dans les VFJ et VFY, d'une taille moyenne d'un tiers d'hectare, laissent penser à une faible différenciation (Fok *et al.*, 2005b ; Fok et Xu, 2007), ce qui rend étonnante la forte adoption du coton-Bt dans la VFY alors que les avantages spécifiques sont faibles.

On trouve d'autres travaux, en faible nombre et pas réellement fondés sur des analyses, dont les résultats justifient la pertinence de considérer l'influence du fonctionnement des marchés de variétés et de semences. En Chine, le développement de l'offre de variétés a été avancé comme facteur favorable à l'adoption du coton-Bt (Huang *et al.*, 2005) comme cela est anticipé aussi pour l'Inde (Qaim *et al.*, 2006). C'est une vision implicitement néoclassique qui considère que l'augmentation du nombre de variétés offertes, et la concurrence qui en découle, sont favorables à la baisse du prix des semences et à l'adoption du coton-Bt. Cette vision est nuancée par certains auteurs en évoquant le cas des variétés hybrides dont la diffusion peut exclure des paysans et en réduire l'adoption (Kolady et Lesser, 2006). La forte diffusion des variétés hybrides de coton-Bt dans la VFY infirme la nuance précédente et indique que la combinaison des deux caractéristiques, hybride et Bt, est à analyser en tant que telle.

En définitive, si les rares analyses attestent que le développement du marché des variétés et la nature (hybride ou pas) des variétés sont des facteurs d'adoption des VGM, le fonctionnement du marché des semences le devrait également. En Inde, la controverse sur la faiblesse de la performance du coton-Bt (Naik *et al.*, 2005) procède, en partie, de la mauvaise qualité, et de manière assez fréquente, des semences (Morse *et al.*, 2005). Le problème de semences frauduleuses a été rapporté aussi en Chine (Pray *et al.*, 2006). Il paraît donc nécessaire et approprié de considérer le développement du secteur des variétés et des semences, comme l'un des deux facteurs explicatifs que nous proposons d'analyser dans la section suivante.

#### *Un second facteur explicatif*

Pour comprendre l'intérêt de l'autre facteur d'intégration technologique, il nous faut analyser plus globalement les avantages reconnus des OGM par les producteurs.

Les avantages spécifiques du coton-Bt peuvent ne pas avoir d'incidence économique directe. En Australie, il est attesté que l'utilisation du coton-Bt n'induisait pas de réduction de coût dans le contrôle des ravageurs et qu'elle n'engendrait pas de gain de rendement (Fitt, 2003). Son adoption est liée au sentiment de confort dans la conduite de la culture (Constable, 2004). C'est la même raison qui justifie l'importante adoption du soja tolérant aux herbicides (STH) aux USA (Marra *et al.*, 2002), car les infestations des adventices peuvent être maîtrisées par l'utilisation d'un seul herbicide, à n'importe quel moment, au lieu d'une combinaison de plusieurs herbicides sélectifs qui ne peut être utilisé que dans des conditions particulières d'épandage.

Les éléments évoqués ci-dessus soulignent l'incidence possible du facteur d'adaptation d'un type de VGM aux techniques culturales de la plante considérée. Cela est confirmé par la grande et rapide diffusion du STH en Argentine avec la pratique de la

technique de zéro labour (Trigo et Cap, 2006). Il s'agit d'un cas de synergie. D'un côté, la commercialisation du STH a permis d'étendre les superficies de la culture du soja sans labour. De l'autre, la mise en œuvre préexistante du zéro labour offrait un terrain favorable pour la commercialisation du STH. C'est cette synergie avec une technologique préexistante que nous appelons intégration technologique, phénomène par lequel une nouvelle technologie vient s'insérer dans un ensemble technologique préexistant pour augmenter les effets agronomiques et économiques attendus.

En somme, les deux facteurs que nous proposons pour expliquer l'adoption du coton-Bt dans la VFY ont été perçus dans quelques travaux antérieurs. L'incidence du développement des marchés des variétés et des semences est reconnue mais elle n'est pas soutenue par des analyses empiriques. La notion d'intégration technologique n'est pas explicitement considérée, elle ressort de l'analyse de l'adoption du STH en Argentine mais elle n'a jamais été prise en compte dans l'adoption du coton-Bt. La section suivante vise à montrer que ces deux facteurs sont pertinents, dans le cas de la VFY.

## **Intégration technologique dans le développement du marché semencier**

Dans cette section, nous voulons d'abord indiquer qu'il préexistait dans la VFY un système technique, c'est-à-dire un ensemble de technologies déjà appliqué, dans lequel pouvait s'insérer la nouvelle technologie de coton-Bt. Ensuite, nous tenterons de montrer que cette insertion est favorisée par le développement des marchés de variétés et de semences, auquel a contribué la commercialisation du coton-Bt.

### **1. Un contexte technologique favorable**

La Chine est le premier pays producteur et consommateur de coton. Elle a atteint aussi l'un des niveaux de rendement les plus

élevés dans le monde. C'est le résultat d'un mode de production avec un usage intensif d'intrants chimiques (engrais, pesticides) et selon une application de techniques sophistiquées d'installation et de conduite de la culture (*mulch plastique*, régulation de la croissance des cotonniers...). Le coût monétaire de production est élevé (Fok *et al.*, 2005a), de sorte qu'un renchérissement du coût des semences, par exemple à la suite de la commercialisation du coton-Bt, a une incidence relativement faible et peut paraître peu contraignant pour l'adoption de celui-ci (Fok, 2006).

Le niveau élevé d'intensification (en intrants et en connaissances techniques) est la conséquence d'une phase de soutien depuis 1978, achevée en 1999 (lors de la candidature de la Chine pour entrer à l'OMC). La fin du soutien procède de la poursuite d'une politique de libéralisation de l'économie en Chine qui a, d'une part contribué à accroître les écarts de revenus entre populations urbaines et agricoles et, d'autre part, offert aux ruraux des opportunités de travail hors de l'agriculture. Ces opportunités sont saisies surtout par les hommes et les jeunes, les revenus générés contribuent en retour à maintenir le mode de production intensive en dépit de la cessation du soutien gouvernemental. Cependant, ce sont les femmes d'un certain âge qui sont devenues les éléments actifs les plus permanents dans les fermes (Liang *et al.*, 2004), d'où la perception d'une certaine contrainte en main-d'œuvre.

Le mode de production intensive procède aussi de l'application, dans un contexte favorable de soutien, des résultats d'une recherche active. Cette recherche a su s'inspirer des acquis obtenus à l'étranger mais aussi faire preuve d'originalité dans la mise au point de la technique de transplantation et des variétés hybrides. Ce sont deux éléments majeurs du contexte technologique spécifique dans la VFY avant l'introduction du coton-Bt.

Les travaux sur la transplantation du cotonnier répondaient à l'objectif de sécu-

risation de la récolte contre les gelées précoces des parcelles de coton semées après une céréale d'hiver, au sud du Fleuve Yangtze. Ils ont été initiés dans les années 1960 et finalisés au début des années 1980. Cette technique est fort différente du repiquage connu pour le riz. Elle a été décrite en détail dans un article accessible à la communauté internationale (Fok et Xu, 2007). Le semis se fait sur des « blocs nutritifs », cylindres constitués d'un mélange d'argile et de fumure organique dans des doses déterminées. La transplantation des plants de cotonnier intervient immédiatement après la récolte de la céréale d'hiver, après brûlis des résidus de paille et creusement des trous pour contenir les blocs nutritifs. C'est une technique exigeante en travail mais aussi en force musculaire.

En 2000, la technique était appliquée par plus de 90 % des producteurs de coton (Li *et al.*, 2000). Lors de nos enquêtes de terrain, on nous a affirmé que la technique était appliquée par tous les paysans pour les avantages obtenus (sécurité contre le risque de gel, 30 % de gain de rendement) en dépit de l'exigence en travail qui est proportionnel à la densité de peuplement. La réduction de la densité de peuplement, sans perte de rendement, rendrait la technique encore plus profitable. C'est ce que la commercialisation de variétés hybrides allait permettre.

La mise au point des variétés hybrides a débuté dès 1956, mais les premières variétés hybrides intra-spécifiques furent proposées seulement au milieu des années 1980, avec cependant une adoption très timide jusqu'au milieu des années 1990 (*tableau 2*). L'adoption s'est propagée surtout dans la VFY, en association avec l'application de la technique de transplantation, car la densité à installer pouvait être abaissée de 45 000 à 30 000 plants/ha.

## 2. Nouveau contexte institutionnel

Le changement institutionnel en Chine pour promouvoir le développement des marchés des variétés et des semences de

coton-Bt a été récemment analysé en détail, au travers d'une approche comparative avec les autres pays ayant commercialisé le coton-Bt (Fok et Xu, 2010) et dont le but était de cerner l'état de concurrence de ces marchés en Chine et ailleurs (Xu et Fok, 2010). Ce dernier article met en évidence le rôle des variétés de Monsanto dans les premières années de la diffusion du coton-Bt en Chine, du moins dans la VFJ. Depuis, ces variétés, qui ne sont pas hybrides, n'ont plus qu'un rôle mineur en Chine et elles n'ont jamais pénétré le marché dans la VFY. Le changement institutionnel est apparu lors de deux lois devenues effectives à la fin des années 1990, la loi sur les semences (LS) et la loi sur la protection de la propriété des variétés (LPPV). Nous nous limitons ici à souligner les dispositions majeures influant sur l'offre et la demande en variétés et en semences commerciales.

#### La LPPV

Celle-ci limite la commercialisation aux variétés dont la propriété a été dûment allouée (article 6). Les sélectionneurs gardent l'entière liberté à utiliser les variétés des autres pour les insérer dans leurs programmes d'amélioration (article 10), y compris les variétés transgéniques. Ce même article et l'article 27 de la loi sur les semences permet aux paysans d'utiliser et de vendre les semences qu'ils ont obtenues de leur production (semences paysannes). Les entreprises étrangères sont assujetties à quelques règles spécifiques, comme la nécessité d'établir une société selon les lois chinoises pour pouvoir faire reconnaître la propriété de leurs variétés.

#### La LS

Cette loi reconnaît la compensation financière due aux obtenteurs lorsque leurs variétés sont commercialisées (article 10). Elle fixe les responsabilités des autorités locales à promouvoir la production et la distribution de semences de qualité, au besoin par la

création d'un fonds spécifique (article 6) pour permettre notamment l'émergence d'entreprises de création variétale et de production/distribution de semences, publiques ou privées.

La reconnaissance de la propriété intellectuelle des variétés a incité Monsanto à diffuser ses variétés de coton-Bt, mais il a dû s'allier à un partenaire chinois pour créer une société conjointe (Fok *et al.*, 2005a), en même temps que l'établissement d'une entreprise chinoise pour exploiter le gène Bt construit par l'équipe du professeur Guo Sandui du Centre de recherche en biotechnologie de Beijing, relevant de l'Académie des sciences agricoles de Chine (Guo, 1995). Le gène Bt chinois est couvert par un brevet datant de 1995, son usage est ouvert aux équipes de création variétale en Chine, sous condition de paiement de royalties suivant des modalités spécifiques mais qui ont évolué (Xu et Fok, 2010).

Le cadre institutionnel, en autorisant l'utilisation et la vente des semences paysannes<sup>8</sup>, est responsable du niveau élevé du recours à ces semences. Dans la province du Hebei (dans la VFJ), il a été observé que 55 % des producteurs utilisaient des semences paysannes, en totalité ou partiellement, dans les années 2002 et 2003 (Fok *et al.*, 2005a). Ce recours a pour effet de limiter la demande en semences commerciales au détriment des obtenteurs et distributeurs de semences. L'offre de variétés hybrides F1 est une option commerciale pour mieux capter la demande, puisque le renouvellement annuel des semences est nécessaire. Là où les hybrides sont largement utilisés, comme dans la province du Jiangsu, l'utilisation de semences

---

8. Une telle possibilité peut étonner, surtout de la part d'un pays membre de l'Union internationale pour la protection des obtentions végétales (UPOV), mais le cas chinois n'est pas unique. L'Inde assure le même droit à tous ses paysans. Au Brésil, ce droit est limité seulement aux « petits paysans » définis dans des termes précis.

Tableau 6. Évolution du nombre de variétés utilisées par les paysans sur des superficies supérieures au seuil retenu pour enregistrement

	Nombre de variétés avec superficie enregistrée	Nombre de variétés avec superficie supérieure à 6 667 ha	Total des superficies * (ha)	Superficie moyenne Toutes les variétés pendant la période considérée* (ha)	Superficie moyenne */an (ha)
1990-1999	199	199	44 423 680	223 235	22 323
2000-2006	372	203	28 854 401	77 566	11 080

\* Les seuils de superficie pour enregistrer les variétés utilisées par les paysans ont fluctué entre 667 ha et 6667 ha (ou 10 000 à 100 000 mu).

Source : Données traitées des statistiques CNV

paysannes est en effet quasi inexistante (Fok et Xu, 2007 *op. cit.*). L'offre de ce type de variété ne permet pas seulement de soutenir la demande, elle est aussi plus rentable pour les producteurs de variétés et de semences hybrides, car le surcoût en main-d'œuvre dans la production de semences est largement compensé par la forte augmentation du prix à la vente aux paysans.

L'option de proposer des variétés hybrides est aussi soutenue par la possibilité d'obtenir en une année une nouvelle variété performante, avec une bonne probabilité de réussite, en croisant deux variétés existantes. Compte tenu du caractère dominant du gène Bt, la création d'une variété hybride disposant du trait Bt est encore plus tentante puisqu'il suffit de croiser une variété non-Bt, mais disposant des caractères agronomiques désirés, avec une variété Bt pour que l'hybride le soit aussi. L'avantage de créer des hybrides Bt sur le plan pratique est renforcé par la faiblesse du coût d'accès à la technologie Bt, d'un montant de 20-30 000 € (Fok et Xu, 2010).

L'offre de variétés combinant caractère hybride et trait Bt répond aussi à des contraintes commerciales. Dans un marché concurrentiel et dans un contexte où la publicité par tous les supports (fiches techniques, bulletin de vulgarisation, télévision rurale) est très active, il suffit qu'une variété hybride affiche l'intégration du trait Bt pour que les autres variétés apparaissent moins attirantes, obligeant les autres obtenteurs à proposer la même combinaison,

indépendamment de l'intérêt agronomique ou économique du trait Bt.

Les éléments évoqués devraient conduire à une forte progression de l'offre des variétés combinant les caractéristiques hybride et Bt, comme déjà constatée dans le *tableau 5*, ce qui expliquerait l'évolution de la part de ces variétés à l'utilisation (*tableau 2*). Nous allons mieux analyser la dynamique et l'orientation du développement du marché des variétés.

### 3. Le dynamisme accru de l'offre variétale depuis l'avènement du coton-Bt

Le nombre de variétés nouvelles utilisées ont augmenté fortement depuis la mise en œuvre du nouveau cadre institutionnel relatif aux obtentions végétales. Le *Tableau 6* montre que 372 variétés différentes ont été utilisées dans la période 2000-2006, contre 199 dans la période 1990-1999. En retirant les 72 qui étaient déjà utilisées dans la période précédente, il y a eu pratiquement 300 variétés nouvellement utilisées depuis 2000, ce qui induit une concurrence exacerbée comme l'indique la diminution de la surface moyenne par variété commercialisée (dernière colonne du *tableau 6*).

Le dynamisme de l'offre variétale se vérifie aussi par le nombre et la diversité des organisations impliquées, comme l'attestent les données du service chargé de l'enregistrement national des variétés (nécessaire à la commercialisation sur l'ensemble du territoire chinois). Ces données permettent de cerner la nature exacte des variétés, les noms des organismes obtenteurs et leurs provinces d'origine. De plus, nous avons

**Tableau 7. Répartition des organismes de sélection variétale ayant soumis des variétés pour enregistrement au niveau national**

Niveau administratif du siège des organismes de création variétale	Firmes	Facultés/ Universités	Instituts Recherche	Services agricoles	Total
Comté	9	1	11	1	22
District	35	1	31	1	68
Province	17	11	26	3	57
Central	2	1	6		9
Total	63	14	74	5	156

Source : Réseau certification nationale (données téléchargées en novembre 2007)

réussi à distinguer la nature des organismes obtenteurs. Nous nous référerons à ces données en parlant de *Réseau certification nationale*.

Au cours de la période 1999-2007, 156 organismes distincts ont été concernés par la soumission de variétés pour enregistrement national (tableau 7). Les organismes obtenteurs sont issus essentiellement des niveaux administratifs de province et de district, illustrant le caractère décentralisé du développement du marché des variétés. Les instituts de recherche occupent la première place mais le groupe des firmes, ou entreprises à caractère privé, suit de très près alors que ces firmes n'ont émergé que depuis 2000.

#### 4. Une intégration technologique favorisée par le développement du marché des variétés

Les données du *Réseau certification nationale* confirment l'évolution de l'offre varié-

tale en faveur des variétés hybrides, des variétés Bt et encore plus des variétés combinant les deux caractéristiques dans les régions où la technique de transplantation est largement adoptée.

Au cours de la période 1999-2007, pour l'ensemble des organisations de création variétale ayant soumis des variétés pour obtenir l'autorisation de commercialisation à l'échelle nationale, il y eut 634 variétés, mais avec une croissance très nette du nombre de variétés soumises par année. En 2007, il y avait 113 variétés contre 9 en 1999 (tableau 8). La tendance à proposer essentiellement des variétés transgéniques est très nette : en 2007, c'est le cas de plus de 86 % des variétés proposées, contre 45 % en 2000. La part des variétés hybrides est passée à 60 % en 2007. Pratiquement toutes les variétés hybrides concernées combinaient en même temps le trait Bt.

**Tableau 8. Évolution des nombres de variétés soumises pour enregistrement national, en fonction des types de variété**

		1999	2000	2004	2007
Toutes les organisations de création variétale	Nbre de variétés soumises	9	27	73	113
	NH-NBt, %	67	37	26	13
	NH-Bt, %	0	19	41	28
	H-NBt, %	33	19	3	1
	H-Bt, %	0	26	30	58
Organisations de création variétale avec sièges dans la VFY	Nbre de variétés soumises	4	10	16	34
	NH-NBt, %	50	30	6	0
	NH-Bt, %	0	0	38	9
	H-NBt, %	50	40	12	3
	H-Bt, %	0	30	44	88

Note : NH-NBt pour non-hybride et non-Bt ; H-Bt pour hybride et Bt

Source : Réseau certification nationale

Ces tendances sont encore plus nettes avec les organisations dont le siège est situé dans la VFY et dont les variétés créées doivent viser en premier lieu le marché de la région concernée. La part du coton-Bt est passée de 30 % en 2000 à 97 % en 2007. La domination des variétés hybrides est encore plus forte, 31 sur les 34 variétés soumises en 2007. Par ailleurs, une seule variété hybride n'associait pas le trait Bt.

L'orientation du développement du marché des variétés procède bien de la combinaison du trait Bt et de la caractéristique hybride dans une même variété. La diffusion du trait Bt profite ainsi de celle des variétés hybrides dont la valeur est reconnue par les paysans, car elles rendent encore plus rentable l'application de la technique de transplantation. Nous y voyons finalement l'expression de deux niveaux de synergies.

- Le premier niveau de synergie, appelé intégration technologique, concerne la compatibilité d'une technologie nouvelle (le trait Bt) avec un ensemble technologique préexistant (le couple hybride-transplantation).
- Le second niveau de synergie a trait au développement des marchés des variétés, promu par la commercialisation des variétés de coton-Bt, dont l'orientation à combiner le trait Bt et la caractéristique hybride scelle, dans les variétés et les semences, la synergie d'intégration technologique.

## Conclusion

Le niveau d'adoption du coton transgénique est très élevé dans la province du Jiangsu et dans la VFY dans son ensemble, alors que les avantages spécifiques du trait Bt sont faibles, voire nuls. Cette situation paradoxale s'expliquerait par l'incidence du développement du marché des variétés et des semences et par la notion d'intégration technologique.

Nous croyons que, dans la VFY, l'évaluation de l'adoption du coton transgénique

ne peut pas être dissociée de l'adoption quasi généralisée de la technique de transplantation et de l'utilisation de variétés hybrides. L'efficacité spécifique du coton transgénique paraît plutôt limitée, mais l'efficacité globale de l'ensemble des techniques intégrant le coton transgénique peut être bien plus attractive.

La démonstration de cette étude s'est centrée seulement sur la Vallée du Fleuve Yangtsé qui a la spécificité de la culture du cotonnier par la transplantation. Elle est plus difficile à conduire pour les autres régions cotonnières comme la VFJ, ce qui ne signifie pas que le facteur d'intégration technologique n'y est pas pertinent. Nous pouvons admettre que le coton-Bt s'est inséré dans un ensemble technique de production avec recours important aux intrants monétaires. Le coût marginal de cette insertion étant faible pour les paysans, ces derniers peuvent continuer à utiliser les variétés avec le trait Bt même si les avantages spécifiques de son utilisation ont fortement baissés (Wang *et al.*, 2008) ou que la pression des ravageurs a beaucoup baissé (Wu *et al.*, 2008). Il semble bien que c'est ce qui est encore observé aujourd'hui (tableau 2).

D'un point de vue plus général, la notion d'intégration technologique illustre l'idée de continuité dans la trajectoire technologique, en opposition à la rupture des tenants du concept de *Gene Revolution* par référence à la *Green Revolution* (Pingali et Raney, 2004 ; Wu et Butz, 2004). En raison de l'importance du constat analysé ci-dessus, il est certain que des travaux complémentaires seraient pertinents pour cerner la robustesse de la théorie proposée. Par ailleurs, cette proposition indique que les impacts observés dans l'utilisation du coton-Bt ne sont pas ceux du trait Bt mais de l'ensemble technique dans lequel le trait Bt s'est inséré. Une telle vision indique qu'il est abusif d'établir le prix de la technologie Bt comme si les impacts observés ne dépendaient que d'elle. ■

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Barwale R.-B., Gadwal V.-R., Zehr U., Zehr B. (2004). *Prospects for Bt cotton technology in India*. AgBioForum 7, 1&2, p. 23-26.
- Constable G. (2004). *Research's contribution to the evolution of the Australian cotton industry*. Australia. Actes de la conférence "New directions for a diverse planet". 4th International Crop Science Congress Brisbane, Australia. Actes disponibles au <http://www.cropscience.org.au>
- Fernandez-Cornejo J., Jans S., Smith M. (1998). Issues in the Economics of pesticide use in Agriculture: a review of the empirical evidence. *Review of Agricultural Economics*, vol. 20, n° 2, p. 462-88.
- Fitt G.-P. (2003). Deployment and impact of transgenic Bt cotton in Australia. In N.-G. Kalaitzandonakes (ed.), "*The economic and environmental impacts of Agbiotech*", New York, Kluwer, p. 141-164.
- Fok M. (2006). Conditions, résultats et perspectives d'utilisation du coton génétiquement modifié (coton Bt) dans les PED. *Revue Tiers Monde*, n°188, p. 773-798.
- Fok M., Liang W., Wang G., Wu Y. (2005a). Diffusion du coton génétiquement modifié en Chine : leçons sur les facteurs et limites d'un succès. Paris, *Économie Rurale*, n° 285, p. 5-32.
- Fok M., Wang J., Liang W., Xu N. (2005b). Production cotonnière chinoise : forces et faiblesses d'une intégration et d'une adaptation à l'économie de marché. *Cahiers Agricultures*, p. 42-53.
- Fok M., Xu N. (2007). Technology integration and seed market organization: The case of GM Cotton diffusion in Jiangsu Province (China). *Life Sciences International Journal*, n° 1, p. 59-72.
- Fok M., Xu N., (2010). *Libéralisation et régulation des marchés de variétés et de semences : analyse du coton-Bt en Chine et dans les pays émergents* Cah. Agric. 19, 1, pp. 28-33.
- Guo S.-D. (1995). Engineering of insect-resistant plants with *Bacillus thuringiensis* crysal protein genes. *Scientia Agricultura Sinica*, vol. 28, n° 5, p. 8-13.
- Huang J., Hu R., Pray C., Rozelle S. (2005). Development, Policy and Impacts of Genetically Modified Crops in China. In "*Workshop on Agricultural Biotechnology for Development: Institutional Challenges and Socio-economic Issues*", Italie, Bellagio.
- Huang J., Hu R., Rozelle S., Qiao F., Pray C.-E. (2002). Transgenic varieties and productivity of smallholder cotton farmers in China. *The Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, vol. 46, n° 3, p. 367-387.
- Huang J., Hu R., Pray C.-E., Qiao F., Rozelle S. (2003). Biotechnology as an alternative to chemical pesticides: a case study of Bt cotton in China. *Agricultural Economics*, vol. 29, n° 1, p. 55-67.
- Ismaël Y., Beyers L., Thirtle C., Piesse J. (2002). Efficiency effects of Bt cotton. Smallholder adoption and economic impacts of Bt cotton in Makhathini Flats, KwaZulu Natal, South Africa. In Evenson R.-E., Santaniello V., Zilberman D. (ed.) "*Economic and Social Issues in Agricultural Biotechnology*". Wallington and New York, CABI Publishing, p. 325-349.
- James C. (2008). *Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2007. Executive Summary*. The International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications (ISAAA), Ithaca NY, 19 p.



- Kolady D.-E., Lesser W., (2006). Who Adopts What Kind of Technologies? The Case of Bt Eggplant in India. *AgBioForum*, vol. 9, n° 2, p 94-103.
- Li G., Wang Y., Zhang S., Hua J. (2004). IPM of *Prodenia litura* Fabr. - a serious worm in Upland cotton (in Chinese). YiChang, Hubei (ed.) Chinese Cotton Scientific Study Association, Actes de la conférence "*Chinese Cotton Research Conference*", publié par Chinese Cotton Publications, AnYang (Henan), p. 300-303.
- Li S., Ji C., Chen X., Jin J., He X., Shou L. (2000). Technique to reach 100 kg/m<sup>2</sup> of cotton lint by transplanting in Jiangsu Province. *China Cotton*, vol. 27, n° 6, p. 6-8.
- Liang W., Fok M., Wang G., Wu Y. (2004). A part-time and female-managed agriculture: an orientation not sufficient to catch up the income gap in China. Actes du colloque SFER « *Les mutations de la famille agricole, conséquences pour les politiques publique* ». Paris, 22-23 Avril, 16 p.
- Marra M.-C., Pardey P.-G., Alston J.-M. (2002). The Payoffs to Transgenic Field Crops: An Assessment of the Evidence. *AgBioForum*, vol. 5, n° 2, p. 43-50.
- Morse S., Bennett R., Ismaël Y. (2004). Why Bt cotton pays for small-scale producers in South Africa. *e Biotechnology*, vol. 22, n° 4, p. 379-380.
- Morse S., Bennett R., Ismaël Y. (2005). Comparing the performance of official and unofficial genetically modified cotton in India. *AgBioForum*, vol. 8, vol. 1, p. 1-6.
- Morse S., Bennett R., Ismael Y., (2007). Isolating the "farmer" effect as a component of the advantage of growing genetically modified varieties in developing countries: a Bt cotton case study from Jalgaon, India. *The Journal of Agricultural Science*, n 145, p. 491-500.
- Naik G., Qaim M., Subramanian A., Zilberman D., (2005). Bt cotton controversy: Some paradoxes explained. *Economic and Political Weekly*, vol. 40, n° 15, p. 1514-1517.
- Pingali P., Raney T., (2004). Globalization and Agricultural Biotechnology Research: implications for the developing countries. Communication à la conférence 85th Seminar, "*European Association of Agricultural Economists*", Florence, Italy, Sept. 8-11, 2004. 20 p.
- Pray C.-E., Huang J., Hu R., Rozelle S. (2002). Five years of Bt cotton in China - the benefits continue. *The Plant Journal*, vol. 31, n° 4, p. 423-430.
- Pray C.-E., Ramaswami B., Huang J.-K., Hu R.-F., Bengali P., Zhang H. (2006). Costs and enforcement of biosafety regulations in India and China. *Technology and Globalisation*, 2, 1/2, p. 137-157.
- Qaim M., Subramanian A., Naik G., Zilberman D. (2006). Adoption of Bt Cotton and Impact Variability: Insights from India. *Review of Agricultural Economics*, vol. 28, n° 1, p. 48-58.
- Trigo E., Cap E. (2006). *Ten Years of Genetically Modified Crops in Argentine Agriculture*. Ontario, Canada, Agbios, 52 p.
- Wang S., Just D.-R., Pinstrup-Andersen P. (2008). *Bt-cotton and secondary pests*. *Int. J. Biotechnology*, 10, 2/3, p. 113-121.
- Wu F., Butz W. P. (2004). *The future of genetically modified crops. Lessons from the Green Revolution*. Rand Science and Technology, Santa Monica (CA, USA), 116 p.
- Wu K.-M., Lu Y.-H., Feng H.-Q., Jiang Y.-Y., Zhao J.-Z. (2008). *Suppression of Cotton Bollworm in Multiple Crops in China in Areas with Bt Toxin - Containing Cotton*. *Science*, n° 321, p. 1676-1678.

- Xu J., You Z., Wang W., Yang Y. (2004). Economic analysis of Bt cotton Planting in Jiangsu (in Chinese). *Journal of Yangzhou University, Agricultural and Life Science Edition*, vol. 25, n° 3, p. 65-69.
- Xu N. and Fok M., (2010), Le marché des variétés de coton-Bt : analyse de la situation en Chine dans une perspective internationale. *Cahiers agricultures*, vol. 19, n° 1, p. 34-42.
- Xu N.-Y., Fok M., Bai L., Zhang Z. (2008). Effectiveness and chemical pest control of Bt-cotton in Yangtze River Valley. *China Crop Protection*, vol. 27, n° 9, p. 1269-1276.
- Zhang T., Zhou S. (2003). The economic and social impact of GMOs in China. *China Perspectives*, n°47, p. 50-57.