

4533

ISBN 2-912693 - 11 - X

L'Impact économique de la recherche agricole

Un Guide pratique

**William A.Masters
Bakary Coulibaly
Diakalia Sanogo
Mamadou Sidibé
Anne Williams**

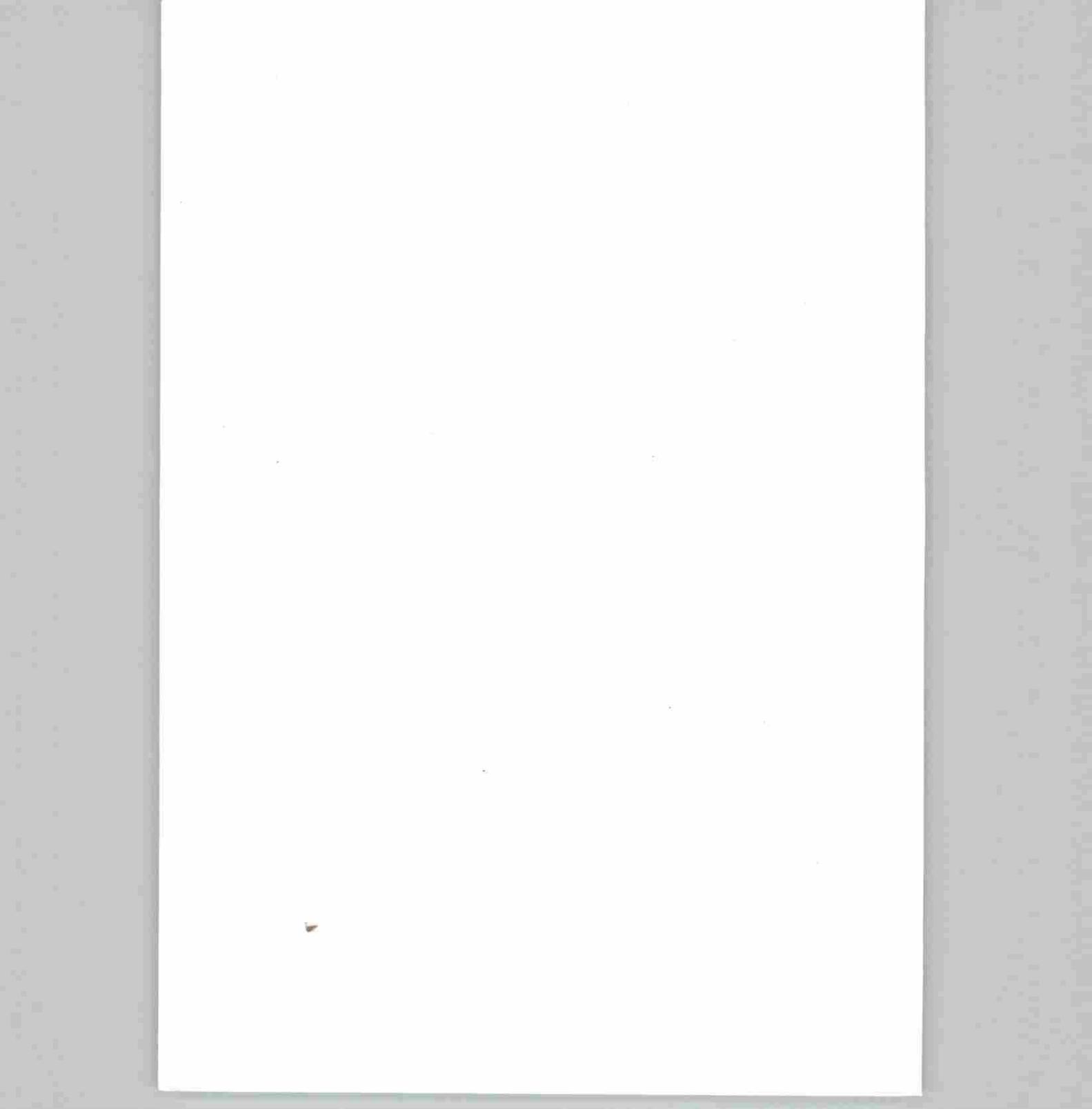


AGROSOC / GRA

L'impact économique de la recherche agricole

Un GUIDE PRATIQUE

William A. Masters
Bakary Coulibaly
Diakalia Sanogo
Mamadou Sidibé
Anne Williams



Préface

Ce manuel a été élaboré en réponse à une demande croissante, émanant des chercheurs africains. En réponse à un besoin pressant de donner la preuve des bénéfices sociaux des nouvelles technologies, de plus en plus de scientifiques se voient contraints d'en mesurer l'impact et de présenter leurs résultats aux décideurs. Ce guide est conçu pour fournir un résumé concis des outils nécessaires à la conduite d'études d'impact, permettant ainsi à tout chercheur de quantifier les bénéfices (et les coûts) économiques de son travail.

Les méthodes présentées ici ont été développées et affinées à partir d'une expérience de plus de 20 ans dans le domaine de la mesure de l'impact de la recherche agricole. Une leçon clé de ce travail a été qu'une évaluation d'impact réussie demande l'intégration de plusieurs disciplines. Les agronomes, les sélectionneurs et autres chercheurs agricoles, en plus des économistes doivent être impliqués dans cet effort. Ce manuel est destiné à rendre ceci possible, en fournissant des guides pratiques sous une forme accessible.

Trois exercices informatisés sont disponibles pour aider à appliquer les méthodes décrites dans ce manuel. Le premier est un exemple hypothétique simplifié, le deuxième représente un cas de sorgho au Cameroun, et le troisième porte sur le coton au Sénégal. Ce dernier est également le sujet de l'étude de cas développée dans des encadrés à travers ce manuel. Les données pour actualiser chaque exercice sont incluses dans la disquette fournie avec des noms de fichiers libellés "exemple1.wk1", "exemple2.wk1" et "exemple3.wk1". Afin d'exécuter ces exercices, les chercheurs doivent charger les fichiers en question dans un tableur approprié tel Lotus 1-2-3, Quattro ou Excel, et suivre les instructions fournies à cet égard en fin de manuel.

Le texte et les exercices sont adaptés sur la base d'éléments développés par les auteurs et utilisés préalablement dans plusieurs ateliers de formation en Afrique. Le texte se réfère largement à des sources publiées, notamment, *Science under Scarcity: Principles and Practices for Agricultural Research and Priority Setting*, par Julian Alston, George Norton et Philip Pardey (Ithaca, NY: Cornell University Press, 1995). Ce livre est excellent et mérite d'être utilisé par tous les chercheurs intéressés à la poursuite d'autres méthodes suggérées dans ce manuel.

Les auteurs désirent remercier l'Institut du Sahel (INSAH) du Comité permanent inter-Etats de lutte contre la sécheresse au Sahel (CILSS) pour sa coopération, ainsi que l'Agence américaine pour le développement international (USAID) pour son soutien. Nous remercions également l'Institut Sénégalais de recherches agricoles (ISRA) avec lequel l'étude sur le coton a été conduite, ainsi que les nombreux chercheurs et institutions à travers l'Afrique avec lesquels nous avons eu le plaisir de collaborer. Nous voudrions enfin remercier John H. Sanders et Jess Lowenberg De Boer pour leur appui.

Table des matières

	Page
Note introductory	5
Objectifs du manuel	5
Utilisateurs cibles du manuel	5
Pourquoi mesurer l'impact de la recherche agricole?	5
Le rôle de la recherche dans le processus du développement	6
Méthodes d'évaluation de l'impact	6
Organisation et utilisation du manuel	9
La méthode du surplus économique	10
L'offre et les coûts de production	11
Valeurs de la demande et de la consommation	12
L'équilibre et le surplus économique	13
L'impact de la recherche sur le surplus économique	14
Mesure des gains sociaux	16
Formules mathématiques pour calculer les gains sociaux	20
Collecte et utilisation des données	37
Les données du marché sur les prix et les quantités	37
Les données agronomiques sur les gains de rendement et sur les coûts d'adoption	39
Les paramètres économiques des réponses de l'offre et de la demande	41
Les données sur les coûts de la recherche et de la vulgarisation	44
Actualisation de la valeur de la recherche	48
Conclusion: le surplus économique en perspective	51
Les approches par indicateurs	51
Les approches économétriques	52
Les méthodes de programmation	52
Annexe: instructions pour les exercices informatisés	54

Liste des cadres

Encadrés destinés à l'étude de cas

1. L'exemple de la recherche cotonnière au Sénégal	8
2. L'estimation des gains sociaux au Sénégal	44
3. Les coûts de la recherche et de la vulgarisation au Sénégal	47
4. La valeur actualisée et le taux d'actualisation au Sénégal	50

Encadrés destinés aux formules

A. L'estimation des gains sociaux provenant de la recherche	21
B. L'estimation de l'augmentation de la production: le paramètre J .	22
C. L'estimation des coûts d'adoption: le paramètre I	23
D. L'estimation des déplacements de l'offre: le paramètre K	24
E. L'estimation du changement de la quantité d'équilibre: ΔQ	25
F. Les formules de Akino-Hayami	36

Liste des graphiques

1. L'offre, la demande et le surplus économique	12
2. L'impact de la recherche sur le surplus économique	15
3. Une évaluation ex-anté de l'impact	17
4. Une évaluation ex-post de l'impact	18
5. L'estimation des déplacements de l'offre avec des données observées	19
6. Déplacements de l'offre et du paramètre K dans le temps	49
7. Gains sociaux, coûts et bénéfices nets dans le temps	49

Note introductory

Objectifs du manuel

L'objectif principal du manuel est de présenter les concepts et les outils nécessaires au calcul de l'impact économique de la recherche par le biais d'études de cas concrètes basés sur des données de terrain provenant de l'Afrique de l'Ouest. Le document se voudrait être un guide pratique accessible aux non-initiés à la théorie économique. L'application des concepts et des formules exposés dans ce texte se fera progressivement à l'aide d'exercices et d'exemples pratiques informatisés.

Utilisateurs cibles du manuel

Le document a été conçu essentiellement à l'intention des chercheurs responsables de l'évaluation de l'impact des technologies agricoles développées au sein de leurs systèmes nationaux de recherche agricole. Nous espérons par ailleurs que d'autres le trouveront également utile, tels que les gestionnaires devant interpréter des études d'impact menées par d'autres, ainsi que les décideurs responsables de l'impact de la recherche au sein de ces instituts et au niveau national.

Pourquoi mesurer l'impact de la recherche agricole?

Face à la rareté des ressources financières, les gouvernements et les bailleurs de fonds se voient contraints de justifier l'aboutissement des investissements passés et à venir. La valeur économique d'un investissement public n'est pas évidente. Il est particulièrement difficile d'observer l'impact de la recherche agricole étant donné que les bénéfices sont étalés sur plusieurs années et se répartissent entre plusieurs millions de producteurs et de consommateurs. Des études économiques sont nécessaires afin de mesurer ces bénéfices et les comparer avec les coûts de la recherche.

Avec une meilleure évaluation de l'impact de la recherche, les chercheurs peuvent mieux orienter leurs actions afin d'augmenter la rentabilité de la recherche. La justification de l'impact de la recherche est nécessaire afin de lui assurer un niveau adéquat de soutien public. Sans une justification claire et nette des bénéfices de la recherche, cette dernière ne pourra pas attirer le financement nécessaire pour accomplir avec succès sa mission.

Le rôle de la recherche dans le processus du développement

Les améliorations technologiques ayant pour origine l'application de la recherche scientifique à des problèmes pratiques sont au cœur de la croissance économique et du développement. Des technologies améliorées sont nécessaires afin d'aider les producteurs à s'adapter aux circonstances changeantes, et augmenter leur productivité et leurs revenus en termes réels. L'amélioration technologique dans l'agriculture est particulièrement importante en Afrique. Sans elle, il ne peut y avoir une croissance économique durable: l'augmentation rapide de la population entraînerait un chômage croissant, la malnutrition et la dégradation des ressources.

Les nouvelles technologies permettent aux producteurs de faire plus avec moins de ressources. Une innovation particulière vise des besoins spécifiques. Cependant la recherche agricole en général peut aider à atteindre quatre grands objectifs:

- améliorer le niveau de vie général;
- accroître la sécurité alimentaire et la stabilité économique;
- réduire la pauvreté en créant des emplois et en réduisant les prix des produits alimentaires; et
- conserver les ressources naturelles telles l'eau, les sols, la végétation.

La recherche agricole contribue à l'atteinte de ces objectifs en fournant une connaissance nouvelle et du matériel nouveau tels les semences, les engrains, et l'équipement. Certaines recherches sont effectuées par des entreprises privées, mais ces recherches ne sont durables que si la vente des produits qui en résultent permet de recouvrir les coûts d'investissement. Par conséquent, la recherche de nouvelles machines plus performantes et de produits chimiques est souvent financée par le secteur privé. Par contre la recherche sur les variétés auto-fécondées, les technologies agricoles, et les politiques économiques n'est pas effectuée par ce secteur. Cette recherche génère des «biens publics», lesquels, une fois développés, sont disponibles pour tous. Elle est donc normalement effectuée par le secteur public.

Ces biens publics peuvent ne pas profiter à la société de façon uniforme. Dans la mesure où chaque groupe d'intérêt s'intéresse à des genres différents de recherche, il est donc normal qu'un système national de recherche agricole (SNRA) soit composé d'organisations distinctes avec leurs mécanismes de direction et de financement propres.

Un système national de recherche agricole peut inclure des entreprises privées pour qui la recherche vise la mise au point de produits pouvant être commercialisés. Il peut également comprendre des universités, au cas où la recherche est plutôt liée à des fins didactiques. La recherche associée aux produits d'exportation est souvent dirigée (et financée) par des groupements d'intérêt ou des organismes de commercialisation, puisque les gains qui en résultent sont accaparés surtout par les producteurs et les exportateurs de ce produit. Cependant la majorité de la recherche sur les produits de première nécessité doit être financée et dirigée par le gouvernement, car ses bénéfices reviennent à tous les consommateurs.

Etant donné que les gains de la recherche ne sont pas évidents, celle-ci ne bénéficiera du soutien dont elle a besoin que si ces gains sont évalués et les résultats diffusés. Ce faisant, les résultats peuvent aider à:

- documenter et justifier l'utilisation des financements antérieurs,
- batir une réputation afin d'attirer des financements additionnels,
- consolider les acquis afin d'assurer un soutien politique,
- influencer le programme de recherche afin de réaliser les priorités nationales.

Méthodes d'évaluation de l'impact

Deux catégories d'évaluation d'impact existent en général:

- les études *ex-post*, pour les technologies déjà utilisées, et
- les études *ex-ante*, pour les technologies non encore adoptées.

Dans les deux cas, certaines données nécessaires pour mesurer l'impact peuvent être observées directement, tandis que d'autres doivent être estimées indirectement à partir d'autres sources. Ce manuel présente, pour chaque cas, les sources appropriées et l'utilisation adéquate de ces données. Le choix et la manière d'utiliser ces données constituent sans aucun doute les capacités les plus déterminantes dans l'exercice d'évaluation d'impact. Les évaluations *ex-post* d'impact pour lesquelles des enquêtes de terrain sont utilisées sont plus sûres que les évaluations *ex-ante*, lesquelles dépendent des résultats des essais et des extrapolations de chercheurs. Mais dans les deux cas, la différence entre les évaluations d'impact réussies et celles non-réussies dépend typiquement du jugement des chercheurs dans la collecte et dans l'interprétation de leurs données.

Encadré 1. l'exemple de la recherche cotonnière au Sénégal

Les activités de recherche sur le développement de la filière cotonnière ont démarré à l'Institut Sénégalais de Recherches Agricoles (ISRA) en 1983. Le programme de recherche comprend trois composantes dont: la sélection, l'agronomie et la protection des végétaux.

•En matière de génétique cotonnière, la recherche agricole a favorisé l'augmentation du rendement agronomique, du rendement à l'égrenage, de la qualité de la fibre et des conditions d'égrenage. Les variétés introduites de coton produites par le programme peuvent se résumer ainsi:

Variété	Introduction
IRMA 9697	1986
IRMA 1243	1988
STAM F	1992
STAM 42	1993

•Les recherches sur l'agronomie du coton ont débouché sur des nouvelles formules et doses d'engrais. En 1986, la formulation N-P-K 8-18-27 fut remplacée par la 6-14-35. Celle-ci a été remplacée par la 14-23-14 et enfin par la 20-16-20. La dose d'urée recommandée a été maintenue au niveau de 50 kg par hectare. Par contre, l'utilisation de chlorure de potassium (KCL) à un niveau de 100 kg à l'hectare a été arrêté en 1986.

•Les recherches en phytotechnie et en entomologie ont également abouti à de bons résultats. L'herbicide CALIFOR G a remplacé le COTODON MIX et les traitements insecticides à Très Bas Volume (c'est-à-dire 1 litre de produit commercial à l'hectare) ont été généralisés.

Les changements de formulation d'engrais associés à l'utilisation des insecticides recommandées plus hauts se sont traduits par une baisse, dans le temps, du coût de production, de l'ordre de 13.000 FCFA à l'hectare. Les rendements industriels (amélioration de la fibre) et les rendements agronomiques provenant de la recherche ont donné des résultats très intéressants. En 1993, afin de mieux justifier les investissements dans la recherche agricole, l'ISRA a démarré une étude sur l'impact économique de la recherche agricole sur le coton. La technique de calcul et d'analyse du surplus économique pour étudier l'impact économique de la recherche sur le coton au Sénégal sera développée dans une série de cadres suivant les étapes de l'analyse. Ces étapes pourront également être retracées par le lecteur qui pourra reprendre chaque formule en retravaillant le troisième exercice informatisé "exemple3.wk1".

Les données de terrain peuvent être utilisées pour les évaluations d'impact en utilisant des méthodes variées. En général, ces méthodes se divisent en trois grands groupes:

- les approches économétriques, visant à estimer la productivité marginale de la recherche sur une période de temps prolongée et sur une diversité d'activités de recherche;
- les méthodes de programmation, visant à identifier une ou plusieurs technologies ou activités de recherche optimales parmi une série d'options; et
- les méthodes de surplus économique visant à mesurer les bénéfices sociaux en tant que somme des bénéfices individuels générés par un projet de recherche en particulier.

Bien que toutes les trois méthodes soient beaucoup utilisées, la troisième méthode est la plus fréquente. Elle est moins exigeante en données et peut s'appliquer à une grande variété de situations. Un autre avantage de cette approche est que les techniques de base sont faciles à comprendre. C'est donc la méthode que nous nous proposons d'exposer dans ce manuel. Une brève discussion des deux autres méthodes est présentée dans la conclusion.

Organisation et utilisation du manuel

La première section de ce guide a pour but d'introduire le concept de l'évaluation de l'impact et la deuxième section est consacrée à l'application du concept du surplus économique. Celle-ci est suivie d'une discussion détaillée des principes de base à suivre pour la collecte et l'utilisation des données de terrain. Enfin, une brève conclusion situe la méthode du surplus économique par rapport à d'autres techniques disponibles.

A travers le guide, des encadrés de couleur nuancée sont utilisés afin de suivre l'application de la méthode à un exemple important et réel: la mesure de l'impact de la recherche sénégalaise sur le coton. Cette étude a été choisie parce qu'elle contient plusieurs éléments que l'on retrouvera dans d'autres études d'impact. Comme indiqué dans le précédent encadré, le programme sénégalais de recherche sur le coton a permis des améliorations dans tous les trois aspects clés du système de production: les coûts des intrants, les rendements, et la transformation. Le programme de recherche sénégalais a également fourni une série de plusieurs nouvelles techniques concrètes. Ce faisant, cette étude de cas constitue une rare occasion où, par un seul exemple, on peut illustrer plus de concepts différents.

L'étude de cas du Sénégal est intéressante mais aussi très complexe. Des exemples plus simples sont donnés dans les exercices informatisés. Après lecture de ce manuel, le lecteur est encouragé à mettre en application ces techniques, en commençant par le cas hypothétique relativement simple et intitulé «exemple1.wkl». Ce fichier peut être utilisé avec un tableau informatisé; il contient toutes les données nécessaires pour une analyse complète, avec également des cellules vides dans lesquelles les formules nécessaires peuvent être saisies afin de retracer les étapes détaillées dans le manuel, aux sections 4 et 5. Les lecteurs peuvent vérifier leurs résultats en les comparant à ceux qui paraissent dans l'annexe du manuel ou comparer également leurs formules à celles qui se trouvent dans le tableau intitulé «complet1.wkl».

Une fois le premier exercice achevé, les lecteurs pourront essayer le deuxième exercice en entrant les formules appropriées dans le tableau intitulé «exemple2.wk1», en procédant comme avant. Cet exemple utilise des données réelles provenant d'une étude récente sur la recherche sur le sorgho au Cameroun. L'innovation dans ce cas est une variété qui est relativement résistante à la sécheresse. Pour cette raison, l'évaluation de l'impact doit considérer l'impact de la pluviométrie sur les rendements, et l'exercice indique une méthode à suivre. Encore une fois les lecteurs peuvent vérifier leurs résultats en les comparant à ceux qui paraissent dans l'annexe du manuel ou comparer également leurs formules à celles qui se trouvent dans le tableau intitulé «complet 2.wk1».

Enfin, les lecteurs qui auront terminé avec succès les deux premiers exemples seront prêts à aborder le cas relativement compliqué de la recherche sur le coton au Sénégal. Les données sont présentées dans le fichier intitulé «exemple3.wk1», et les formules nécessaires pour reproduire les résultats dans les encadrés d'étude de cas sont dans le tableau intitulé «complet3.wk1». Après avoir terminé les trois exercices, les lecteurs auront les aptitudes analytiques et informatiques nécessaires pour entreprendre leurs propres études, ainsi qu'un guide pour la collecte de leurs propres données.

La méthode du surplus économique

L'essentiel d'une analyse d'impact est la comparaison d'une situation **sans recherche avec** une alternative avec recherche. Ce contraste ne doit pas être assimilé à une comparaison **avant et après recherche**. Puisque les conditions extérieures changent constamment, une telle analogie serait très partielle.

Par exemple, dans beaucoup de cas, les rendements agricoles peuvent diminuer avec le temps, suite à l'exportation des éléments nutritifs ou à l'accumulation d'organismes pathogènes dans le sol. Une innovation technique est nécessaire pour une production continue sans perte de rendement. Dans ce cas, une comparaison avant et après pourrait aboutir à la conclusion que la recherche n'est pas rentable puisqu'elle n'entraîne pas une augmentation de rendement. Cependant, la recherche est rentable puisqu'elle maintient les rendements et même empêche la terre d'être mise hors production. En conclusion, les études d'évaluation de l'impact doivent se baser sur des scénarios bien construits autour des situations **avec** et **sans** recherche. Comparer la situation avant et après peut être utile mais cette méthode n'aboutit pas à une évaluation économique acceptable.

La méthode du surplus économique est une démarche simple et flexible pour chiffrer la valeur économique de la recherche en comparant les situations **avec** et **sans** recherche. Afin de transformer les données agronomiques en valeurs économiques, l'approche par surplus économique utilise les concepts d'offre, de demande et d'équilibre. «L'offre» représente les coûts de production, et la «demande» représente les valeurs de la consommation. Une quantité et un prix d'équilibre résultent de l'interaction de ces deux forces. Le bien-être économique dépend non seulement du prix et de la quantité d'équilibre (qui peuvent être observés directement sur le marché) mais aussi des «coûts de production» des producteurs et «des valeurs de consommation» des consommateurs (qui doivent être calculés à partir de leurs actions observées).

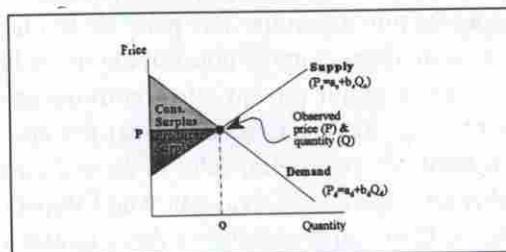
L'offre et les coûts de production

L'approche du surplus économique est basée sur l'acceptation que les niveaux de production dépendent de l'utilisation d'une grande variété d'intrants dont les plus importants sont la terre et la main d'œuvre, mais également le bétail, le fumier, les engrains, les semences et peut-être les produits chimiques. Chacun d'eux constitue un coût au producteur. Une plus grande valorisation du produit entraîne une plus grande utilisation d'intrants et par conséquent une augmentation de la production. Un niveau de prix plus élevé nécessite plus d'intrants sur chaque hectare, et entraîne la culture d'une plus grande superficie.

En langage mathématique, l'influence des coûts de production sur les niveaux de production peut prendre l'allure d'une simple fonction, connue sous le nom d'une «courbe d'offre»:

$$P_o = f_o(Q_o)$$

Un modèle de courbe d'offre est illustré par le graphique 1.



Graphique 1 L'offre, la demande et le surplus économique

La courbe a une pente positive, indiquant que les augmentations du «prix à l'offre» (P_o) d'un produit sont liées aux augmentations de la «quantité offerte» (Q_o). En d'autres termes, la courbe d'offre indique qu'il n'est pas possible d'augmenter les quantités produites sans augmenter le prix payé, à moins que cette augmentation ne soit due à l'entrée en jeu d'un autre facteur pour déplacer la courbe d'offre. Un tel «déplacement de l'offre» peut provenir de tout phénomène qui modifie les coûts de production tel qu'un changement de prix des principaux intrants ou un changement au niveau du système de production (utilisation d'une nouvelle variété).

Les courbes d'offres peuvent prendre plusieurs formes qui seront abordées plus loin. Cependant, dans certaines situations, il est approprié de considérer des courbes linéaires. Par conséquence, la courbe d'offre prend la forme suivante:

$$P_o = a_o + b_o Q_o$$

où b_o représente la pente de la courbe et a_o l'ordonnée à l'origine.

Valuers de la demande et de la consommation

Comme pour l'offre, l'approche du surplus économique de la demande se fonde sur l'acceptation que les quantités consommées dépendent des prix payés: à un niveau de prix plus élevé, les gens généralement consomment moins car ils ont la possibilité de se rabattre sur d'autres produits et pour que leurs revenus s'épuisent pas plus vite. Mathématiquement, il est possible de représenter ce constat par la «courbe de demande»

$$P_d = f_d(Q_d)$$

Le graphique 1 illustre également cette courbe de demande. La courbe a une pente négative ce qui confirme l'idée qu'aux augmentations du prix à la demande (P_d) correspondent des baisses dans la quantité demandée (Q_d). Ainsi, il est impossible d'augmenter les quantités consommées sans baisser les prix à moins que cette augmentation ne soit provoquée par un autre facteur tel qu'une augmentation des revenus pour déplacer la courbe de la demande. Un tel déplacement de la courbe de la demande peut provenir de tous phénomènes modifiant la volonté et la capacité d'achat du consommateur, tel qu'un changement de revenu, des préférences, ou des prix des produits de substitution les plus importants. La courbe de la demande peut prendre différentes formes mais il est souvent plus opportun de la représenter par une ligne droite. Dans le cas de cet ouvrage, nous représentons la courbe de demande par la fonction linéaire qui suit:

$$P_d = a_d + b_d Q_d$$

L'équilibre et le surplus économique

Pour en finir avec l'approche du surplus économique, il nous reste à indiquer que les niveaux observés des quantités produites doivent être en équilibre entre l'offre et la demande. Cet équilibre pourrait être temporaire et changer dès qu'il y a un déplacement des courbes de l'offre et de la demande. Mais à chaque point dans le temps pour une zone ou une région donnée sur le graphique 1, il y a une seule quantité (Q) qui est à la fois offerte (Q_o) et demandée (Q_d) et un seul prix (P) qui est à la fois payé aux producteurs (P_o) et demandé aux consommateurs (P_d).

Les prix et les quantités observés pendant les enquêtes sont des indicateurs importants de la situation économique. Mais le bien-être des producteurs et des consommateurs dépend non pas uniquement des points d'équilibre particuliers, mais plutôt de l'ensemble des points sur les deux courbes. En général, nous pouvons estimer la valeur sociale d'une production et d'une consommation données en utilisant le concept de "surplus économique", défini comme étant l'espace entre les courbes de l'offre et de la demande.

Sur le graphique 1, la surface représentant le surplus économique est mesurée en termes monétaires (le prix sur l'axe vertical multiplié par la quantité sur l'axe horizontal). Le surplus économique est donc la valeur de la production et de la consommation en termes monétaires. Il représente la somme de la différence entre la valeur monétaire que les con-

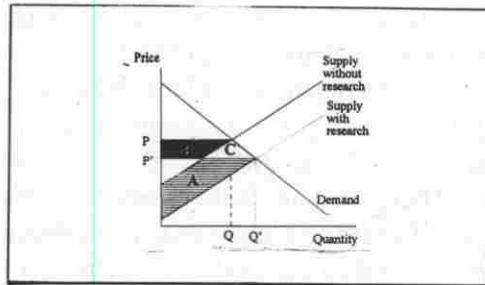
sommateurs auraient payés pour chaque unité consommée et celle que les producteurs auraient payés pour chaque unité produite avant d'atteindre le point d'équilibre entre le prix et la quantité sur le marché.

Le surplus économique bien sûr n'est pas une valeur monétaire que l'on peut retrouver dans un compte bancaire. Le surplus économique circule à travers l'économie et représente le bien-être que les consommateurs requièrent du fait de la consommation de ce produit et d'autres. Le surplus accumulé sur un marché est dépensé rapidement sur un autre. Comme indiqué au graphique 1, le surplus économique total peut se diviser en deux parties: le «surplus du consommateur» (la surface entre la courbe de demande et le prix du marché), et le «surplus du producteur» (la surface entre la courbe d'offre et le prix du marché). Par contre, pour la plupart des évaluations d'impact, on s'intéresse surtout au surplus économique total ou à la surface entre les courbes d'offre et de demande.

L'impact de la recherche sur le surplus économique

L'objectif de ces courbes d'offre et de demande est simplement d'établir des scénarios afin de déterminer ce qui arriverait avec ou sans recherche. La méthode du surplus économique nous permet d'évaluer la différence entre ces deux situations en utilisant une mesure unique. Tout changement dans le surplus économique est une mesure des bénéfices sociaux dérivés de la recherche. Ce sont ces gains que nous voulons mesurer.

Comme l'indique le graphique 1, le surplus économique est représenté par la région bornée par la courbe de l'offre et la courbe de la demande. Comment la recherche peut-elle influencer le surplus économique? Notez bien que le point d'équilibre entre l'offre et la demande est aussi le point où le surplus total est à son maximum. Pour toute quantité inférieure (à gauche du point Q), il reste des bénéfices à obtenir en augmentant la production. Pour une quantité supérieure (à droite de Q), le surplus économique pourrait être augmenté en réduisant la production. Donc, seul le point observé est économiquement optimal, c'est à dire qu'il permet d'atteindre le surplus économique maximal. Cependant, il est possible d'obtenir des bénéfices additionnels en déplaçant les courbes de l'offre et de la demande. La recherche le fait en fournissant une nouvelle technologie, en permettant une plus importante offre au même prix, ou en fournissant la même quantité à un prix inférieur.



Graphique 2 L'impact de la recherche sur le surplus économique

Le graphique 2 illustre l'impact d'un effort de recherche réussi sur la courbe d'offre, le prix et la quantité d'équilibre et également sur le surplus économique. L'innovation technologique déplace la courbe d'offre vers le bas et à droite. Ce déplacement de la courbe de l'offre transfert l'équilibre vers un niveau inférieur de prix (P') et un niveau supérieur de quantité (Q').

Pour les producteurs, l'impact de la recherche est de réduire les coûts de production. En terme de surplus économique ceci est représenté par une augmentation de la surface A (la surface entre les courbes d'offre avec et sans recherche sous la ligne de prix P'). Cependant l'impact de la recherche contribue également à une réduction du prix aux producteurs. Ceci est schématisé par la diminution de la zone représentant le surplus économique (la surface entre les lignes des deux prix, au dessus de la courbe d'offre sans la recherche). La différence nette du surplus au producteur est le gain représenté par la surface A moins la perte représentée par la surface B.

Le gain net au producteur ($A-B$) est positif uniquement lorsque la courbe de la demande est relativement plate (la demande est dite «élastique»). Dans cette situation, la quantité supplémentaire demandée compense le prix plus bas, et le surplus économique du producteur est augmenté suite à l'adoption des résultats de la recherche. Cependant, lorsque la courbe de la demande d'un produit est relativement verticale (demande «inélastique»), ceci veut dire que ce produit est désiré en quantité relativement fixe et un changement de technologie pénalise les producteurs. Dans cette situation l'effet de la réduction du prix induite par la recherche compense l'effet de l'augmentation de la quantité, ainsi les producteurs perdent en fait suite à l'adoption des résultats de la recherche.

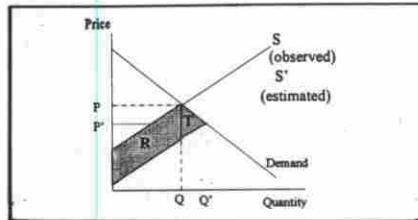
Pour les consommateurs, l'effet de la recherche est toujours un gain. Ils reçoivent le surplus perdu par les producteurs dû à la baisse des prix (la surface B), plus le surplus économique obtenu sur la base de la quantité supplémentaire (surface C). C'est le gain net des consommateurs (B+C) qui mène à notre discussion précédente, attestant qu'en général, ce sont les consommateurs qui bénéficient le plus de la recherche sur les produits alimentaires de base (dont la demande est relativement inélastique avec une courbe de demande presque verticale), tandis que les producteurs bénéficient le plus de la recherche sur les produits d'exportation (dont la demande est relativement élastique, avec une courbe de demande plate). En fait, nous observons souvent que des producteurs ou des agents de commercialisation offrent des subventions à la recherche sur les produits d'exportation, et que la recherche sur les produits alimentaires de base est le plus souvent financée par les contribuables à travers le gouvernement.

En ce qui concerne l'économie en général, l'impact de la recherche est le gain représenté par la surface A et la surface C sur le graphique. La surface B va aux consommateurs mais elle est perdue par les producteurs donc elle ne représente pas un gain net à l'économie en général. La surface C peut être considérée comme représentant les bénéfices provenant de la réduction du prix au consommateur d'un produit donné (de P à P') alors que la surface A peut être considérée comme étant les bénéfices provenant de la réduction des coûts de production du produit (d'une courbe d'offre à l'autre). La somme des bénéfices (A+C) est souvent désignée comme étant le «gain social» de la recherche; l'objectif de ce manuel est de fournir des techniques simples pour estimer le gain social net, en utilisant les données disponibles.

Mesure des gains sociaux

Afin d'estimer le gain social, il est pratique de le diviser d'une manière différente de celle illustrée par le graphique 2. Sur le graphique 3, le gain social est représenté par la surface (R) délimitée par les deux courbes d'offre et la ligne pointillée verticale à l'axe des quantités et partant du point Q (quantité de produit du point d'équilibre dans la situation sans recherche), plus l'espace du triangle (T) défini par les deux courbes d'offre, les deux lignes verticales à l'axe des quantités à partir des points Q et Q' (quantité de produit dans la situation avec recherche) et la courbe de demande. La définition de ce triangle est différente suivant que nous con-

duisions une enquête *ex-ante* sur des technologies non-utilisées ou une étude *ex-post* sur des technologies qui ont déjà été développées. Ces deux alternatives sont illustrées par les graphiques 3 (dans le cas de l'étude *ex-ante*) et 4 (dans le cas de l'étude *ex-post*).



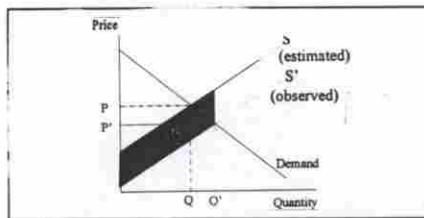
Graphique 3. Une évaluation ex-anté de l'impact

Le graphique 3 illustre une situation dans laquelle les résultats de recherche n'ont pas encore été développés, donc la quantité observée et le prix sont sur la courbe d'offre sans recherche (Q, P). L'objectif de l'évaluation de l'impact est d'estimer la situation non-observée avec la recherche (Q', P'). Dans ce cas, le gain social total que l'on veut mesurer est un parallélogramme ou un rectangle (surface R) plus un triangle (surface T).

L'avantage de diviser les gains sociaux nets entre les surfaces R et T illustre bien la situation que la plupart des bénéfices de la recherche proviennent typiquement de la réduction des coûts de production (une courbe d'offre plus basse), plutôt que de l'augmentation de la production. La valeur de cette réduction des coûts, par référence au niveau de production sans recherche (Q) est illustrée par la surface R, tandis que les bénéfices sociaux résultant d'une augmentation de la production (de Q à Q') sont illustrés par la surface T. La surface R est presque toujours plus importante que la surface T, démontrant ainsi que les gains de la recherche ne devraient pas être mesurés en termes d'une augmentation de la production. La réduction des coûts de production a souvent une plus grande valeur économique.

Le graphique 3 illustre le fait que la plus grande difficulté dans l'évaluation de l'impact provient de l'estimation de la hauteur du parallélogramme déterminant la surface R, c'est-à-dire de l'ampleur du déplacement de la courbe de l'offre. Cependant, avant de passer à cette question, il est important de noter que la plupart des évaluations d'impact ne sont pas des études *ex-ante* comme l'illustre le graphique 3 mais plutôt des études *ex-post* sur des technologies qui ont déjà été adoptées par certains producteurs. La situation dans le cas d'études *ex-post* est différente. La

quantité et les prix observés incluent déjà les effets de la recherche. C'est la situation d'équilibre avec recherche (Q', P') qui est observée, alors que la situation sans recherche (Q, P) doit être estimée à travers l'évaluation de l'impact.



Graphique 4. Une évaluation ex-post de l'impact

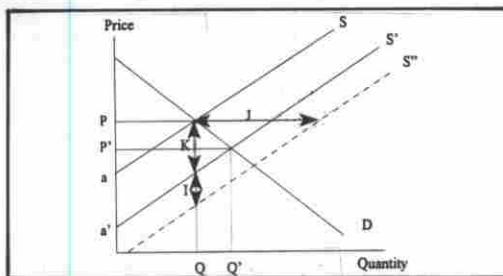
Le cas de l'évaluation ex-post est illustré au graphique 4. Dans ce cas, le gain social total que nous désirons mesurer est la surface R (laquelle dans ce cas précis comprend la surface T), moins la surface T. La surface R représente le gain social du à la réduction des coûts de production au niveau observé de production (Q'), alors que la surface T représente un ajustement résultant de l'augmentation de la différence dans la quantité produite, provenant de la recherche.

Comme les graphiques 3 et 4 l'illustrent, les évaluations d'impact utilisant l'approche du surplus économique sont basées sur l'estimation de l'ampleur des réductions de coûts de production, étant donné le niveau observé de production (la surface R), suivi d'un ajustement pour la différence de quantité associée à une différence de prix (la surface T). La hauteur du triangle délimitant la surface R est généralement le facteur le plus important des résultats d'évaluations d'impact. Comment peut-on l'estimer?

La hauteur de la surface R est mesurée en termes monétaires par unité produite. Typiquement les effets de la recherche sont observés en termes de quantité produite par unité d'intrants, tel que l'augmentation du rendement par hectare. Pour un niveau donné du coût des intrants, une augmentation des quantités représente un déplacement horizontal de la courbe d'offre. Mais l'adoption des résultats de recherche pourrait nécessiter un certain niveau d'investissement en intrants additionnels. Pour un niveau donné de production, cette augmentation des coûts représente un déplacement vertical. Il s'avère donc indispensable de combiner les données

sur les différences de quantités (déplacement horizontal) avec celles représentant les coûts additionnels des intrants (déplacement vertical) pour obtenir un déplacement net en termes de coûts par unité produite.

Le graphique 5 illustre comment ces différents types de données peuvent être combinés pour obtenir une évaluation typique d'impact. Il illustre le cas d'un projet de recherche réussi qui, pour un niveau donné d'intrants, augmente la production d'une quantité J déplaçant ainsi la courbe de l'offre de O à O''. Typiquement, les données sont exprimées en unités par hectare (par exemple, en kg/ha). Pour obtenir un paramètre J exprimé en quantités totales (par exemple, en kg), nous devons multiplier le gain de rendement (en kg/ha) par la surface cultivée sous la nouvelle technique (ha). Par exemple, si la différence de rendement entre la nouvelle technique et celle dite traditionnelle est de 100kg/ha et si 1000 hectares sont cultivés sous la nouvelle technique, alors J serait de 100.000 kg (=100 kg/ha x 1.000 ha).



Graphique 5. L'estimation des déplacements de l'offre avec des données observées

Dans la mesure où la nouvelle technique n'engendre pas de coûts supplémentaires, alors la courbe O'' (O+J) serait la courbe d'offre avec recherche. Cependant de façon typique, l'adoption nécessite un investissement additionnel en intrants. Les producteurs pourraient avoir besoin d'acheter des semences certifiées ou hybrides, ou alors utiliser plus de main-d'œuvre. La distance de la verticale I représente ces "coûts d'adoption" sur une base unitaire (par exemple US\$ par kg). En général, les données nécessaires pour estimer I sont exprimées en termes de coûts supplémentaires par hectare (par exemple, kg/ha). Pour obtenir le paramètre I, les coûts d'adoption par hectare doivent être divisés par le rendement moyen global (en kg/ha). Par exemple, si les coûts par hectare avec la nouvelle technique sont \$50 plus élevés que ceux avec la technique traditionnelle, et si le rendement moyen global est de 500 kg/ha, alors le coût d'adoption

par unité de la nouvelle technique est de \$0,10 par kg (=50 \$/ha / 500 kg/ha). Notez bien que le rendement moyen global est la moyenne sur la superficie totale cultivée (superficies sous la nouvelle technique et celle dite traditionnelle).

La prise en compte de J et de I permet d'obtenir un déplacement net de la courbe d'offre de O (sans la recherche) à O' (avec recherche). La distance verticale K représente le gain net, en termes de réduction des coûts de production. C'est la hauteur de la surface R dans les graphiques 3 et 4, ou le déplacement vertical de la courbe d'offre, plus connu sous le nom de paramètre "K".

Formules mathématiques pour calculer les gains sociaux

Dans les graphiques 3-5 la courbe d'offre aurait pu prendre n'importe quelle forme (une ligne droite ou une courbe), mais, pour des raisons de simplicité, nous presupposons que c'est une ligne droite. De même, le déplacement de la courbe d'offre peut prendre des formes différentes. Pour des raisons pratiques, nous presupposons également un changement technique produit par un déplacement parallèle, c'est-à-dire une réduction égale des coûts à chaque niveau possible de production. Ainsi, sur le graphique 5, le paramètre K est également la différence entre les intercepts verticaux (a et a') des deux courbes d'offre.

La forme des courbes de demande et d'offre et le type de déplacement de la courbe de l'offre déterminent la formule mathématique adéquate pour calculer le gain social net. Pour les besoins de ce manuel, nous utilisons une courbe linéaire et un déplacement parallèle en partie parce que c'est la spécification appropriée pour beaucoup de situations, mais aussi parce que c'est la spécification dont les formules adéquates sont plus facilement dérivées. Il est donc approprié de commencer avec le cas le plus simple, et d'aborder d'autres spécifications selon le besoin.

Dans le cas d'un déplacement parallèle avec des courbes linéaires d'offre et de demande, le gain social (GS) peut être exprimé comme étant la surface R plus ou moins la surface T. R est un parallélogramme, sa surface est égale à sa hauteur que multiplie sa longueur. T est un triangle de la même hauteur, avec comme base la différence de quantités imputables à la recherche.

Les formules précises pour estimer la surface du gain social et chaque paramètre individuel utilisé dans cette estimation sont données dans les encadrés suivants (encadrés de A à F). Les formules sont alors appliquées à l'exemple sur le Sénégal, présenté dans les études de cas (encadrés de 1 à 5).

Encadré A. Estimation des gains sociaux provenant de la recherche

Afin de passer de l'approche graphique, présentée dans le texte, à une application pratique, il est nécessaire de développer des formules mathématiques spécifiques correspondantes aux graphiques. Les «encadrés avec formules» (encadrés A à F) donnent les détails sur l'origine et la signification des formules nécessaires, ainsi que la source et la nature de chaque variable utilisée dans le processus d'estimation.

Afin d'estimer les gains sociaux illustrés par les graphiques 3 et 4, il nous faudra la formule pour calculer la surface d'un parallélogramme, plus ou moins la surface d'un triangle. La variable Q est la quantité totale observée, Q' est le changement de la quantité dû à la recherche (c'est-à-dire $Q'-Q$) et K le déplacement vertical de la courbe de l'offre. Nous pouvons exprimer les gains sociaux par la formule très simple qui suit, en utilisant le signe "plus" dans les études ex-ante et le signe "moins" dans les analyses ex-post:

$$GS = KQ \pm \frac{1}{2}K Q'$$

Notez bien que Q est directement observable, avec l'aide d'un recensement du département de l'agriculture ou des estimations publiées par le Bureau national des statistiques ou le Ministère de l'agriculture. Les variables inconnues, qui doivent être estimées dans l'évaluation de l'impact, sont K et Q' . Afin de calculer ces valeurs, nous devons d'abord estimer J et I .

Les paramètres J , I , K et Q ne sont pas directement observables, mais ils peuvent être estimés en utilisant les données disponibles. En particulier, nous aurons besoin des estimations des résultats de la recherche en termes de l'augmentation des rendements (R), des coûts d'adoption (C), des taux d'adoption (t), de la surface totale sous culture (S), de la production totale (Q) et du rendement moyen général ($R=Q/S$). Les encadrés suivants détaillent une approche directe pour calculer et utiliser ces variables.

Encadré B. Estimation de l'augmentation de la production: le paramètre J

Le paramètre J peut être défini comme étant l'augmentation totale de la production attribuée à l'adoption de la nouvelle technologie, en l'absence de tout changement des coûts ou du prix. Il peut être estimé sur la base de trois types de données observables:

- l'augmentation du rendement (ΔR), exprimé souvent en kg/ha;
- le taux d'adoption (t), exprimé en termes de la proportion de la superficie totale; et
- la superficie totale (S) sous la nouvelle technologie (souvent en ha.)

Donc nous avons:

$$J = \Delta R \times t \times S$$

Notons que le taux d'adoption en termes de surface cultivée pourrait être très différent du taux d'adoption en termes du nombre d'agriculteurs, puisque différents producteurs cultivent différentes surfaces. Il est essentiel d'essayer d'estimer l'adoption avec soin, en utilisant la meilleure information possible.

Pour la plupart des cas, il est souvent plus pratique de calculer le paramètre J en termes proportionnels, (augmentation de la quantité produite, par rapport à la quantité totale):

$$j = J/Q$$

Cette transformation nous permet d'estimer le paramètre du déplacement de la courbe de l'offre (j) en termes des gains de rendement, de taux d'adoption, et le niveau général de rendement (R):

$$j = (\Delta R \times t) / R$$

Notons que cette formule simplifiée est valable uniquement si le dénominateur (R) est défini comme étant le niveau général du rendement moyen ($R=Q/S$). Il est souvent utile de vérifier la consistance de ce genre de formule avec les unités d'analyse. Dans ce cas, on peut avoir par exemple:

$$j = J(\text{kg})/Q(\text{kg}) = \Delta R(\text{kg}/\text{ha}) \times t/R(\text{kg}/\text{ha})$$

Puisque toutes ces unités s'annulent, cette formule est compatible avec le calcul d'un ratio sans unités.

Encadré C. Estimation des coûts d'adoption: le paramètre I

Le paramètre I peut être défini comme étant l'augmentation des coûts d'intrants par unité nécessaires pour obtenir l'augmentation de la production donnée (J).. Il peut être calculé sur la base des paramètres suivants:

- les coûts d'adoption (ΔC), par unité de surface transférée sous la nouvelle technologie;
- le taux d'adoption (t), en terme de surface; et
- le rendement moyen général (R).

La formule complète est:

$$I = \Delta C \times t / R$$

Typiquement, les unités sont:

$$(\$/kg) = (\$/ha) / (kg/ha)$$

Souvent il est plus utile de faire les calculs en termes proportionnels, comme étant l'augmentation des coûts de production (I) relative au prix du produit observé (P). Ce paramètre (c) proportionnel d'augmentation des coûts est:

$$c = I/P = (\Delta C \times t) / (R \times P)$$

Une analyse d'unités donne:

$$c = I \frac{I (\frac{\$}{kg}) \Delta C (\frac{\$}{ha})^t}{P (\frac{\$}{kg}) (\frac{kg}{ha})^P (\frac{\$}{kg})}$$

Encore une fois, les unités s'annulent, indiquant que le c est une proportion sans unités.

Encadré D. Estimation des déplacements de l'offre: le Paramètre K

Le paramètre K représente la réduction nette des coûts de production induite par la nouvelle technologie, en combinant les effets de l'augmentation de la productivité (J) et des coûts d'adoption (I). Ce paramètre correspond à un déplacement vertical de la courbe d'offre, étant donné J et I, et peut être calculé en utilisant la pente de la courbe de l'offre (b) comme suit:

$$K = [Jxb] - I$$

En pratique, les valeurs des pentes des courbes d'offre (b_o) ne sont généralement pas utilisées dans les calculs, parce qu'elles sont associées à des unités spécifiques de mesure. Les chercheurs préfèrent utiliser l'élasticité d'offre (ϵ) lequel est indépendant des unités de mesure:

$$\begin{aligned}\epsilon &= \% \Delta Q / \% \Delta P \\ &= (\Delta Q/Q) / (\Delta P/P) \\ &= (\Delta Q / \Delta P) \times (P/Q) \\ &= (1/b_o) \times (P/Q) \\ b_o &= \epsilon \times Q/P \\ K &= J / (\epsilon Q/P) - I \\ &= [JP/\epsilon Q] - I\end{aligned}$$

En utilisant des termes proportionnels (c.à.d, la réduction nette des coûts de production en temps que proportion du prix du produit), nous avons:

$$\begin{aligned}k &= K/P \\ &= [JP/\epsilon QP] - I/P \\ &= (j/\epsilon) - c\end{aligned}$$

Cette formulation montre clairement que lorsque l'offre est «inélastique» (ϵ est moins de 1), l'élasticité amplifie le paramètre k ($k > j - c$). Dans ce cas, une augmentation du rendement donné causée par la recherche a relativement une grande valeur économique; peut-être parce qu'il y a peu de terre disponible sur laquelle on peut augmenter la production. Par contre, lorsque l'offre est «élastique» (ϵ est supérieur à 1), peut-être parce que la terre est abondante, alors l'élasticité diminue le paramètre k ($k < j - c$). Ceci correspond à une situation dans laquelle il est relativement facile d'augmenter la production, et les gains de la recherche ont une très faible valeur économique.

Encadré E. Estimation du changement de la quantité d'équilibre:

Le changement de quantité dû en fait à la recherche (ΔQ) dépend du déplacement de l'offre et de la réponse de l'offre et de la demande. La situation d'équilibre sans recherche pourrait être le prix et la quantité qui satisfont la demande et l'offre:

$$P = \frac{Q_o - Q_d}{a_d + b_d P}$$

$$= \frac{(a_o - a_d) / (b_d - b_o)}{a_d + b_d P}$$

Dans la situation avec recherche, l'équilibre doit être sur la nouvelle courbe d'offre, laquelle est déplacée dans la direction de l'augmentation du prix:

$$P' = \frac{Q'_o - Q'_d}{a'_d + b'_d P'}$$

$$= \frac{(a_o - a_d + b_o K) / (b_d - b_o)}{a'_d + b'_d P'}$$

Le changement du prix qui en résulte est:

$$\Delta P = \frac{-b_o K}{(b_d - b_o)}$$

$$= b_o K / (b_d + b_o)$$

Et ainsi le changement de la quantité est:

$$\Delta Q = b_d \Delta P$$

$$= b_d b_o K / (b_d + b_o)$$

Pour substituer les élasticités pour les pentes, nous avons besoin de l'élasticité de la demande (e), exprimée en valeur absolue:

$$e = \frac{\% Q / \% P}{(\Delta Q / Q) \times (\Delta P / P)}$$

$$= (Q / P) \times (P / Q)$$

$$= b_d \cdot (P / Q)$$

$$= e / (P / Q) = e Q / P$$

Alors:

$$\Delta Q = (e Q / P) \times (e Q / P) K / [(e Q / P) + (e Q / P)]$$

$$\Delta Q = e K (Q^2 / P^2) / [(e + e) \times (Q / P)]$$

En termes proportionnels, on obtient en simplifiant:

$$\Delta Q = Q e \varepsilon k / (e + \varepsilon)$$

Encadré 2: Estimation des déplacements de l'offre au Sénégal

Dans cet encadré nous retracons étape par étape le calcul des déplacements de la courbe de l'offre et les changements des prix dûs à l'adoption des nouvelles variétés et des traitements agronomiques pour le coton au Sénégal, en fournissant les données et les formules sur une base progressive.

L'estimation des gains sociaux commence par une revue de données de base sur le secteur cotonnier sénégalais. Le tableau 2.1 montre clairement que bien qu'il y ait une augmentation du rendement agronomique, on remarque une augmentation bien plus marquée du rendement fibre.

Tableau 2.1 Données sur le coton au Sénégal

Année	Superficie (ha) (S)	Product. (t) (Q)	Rendement (kg/ha) (R)	% Fibre
1971	13 618	11 832	869	35.3
1976	39 206	30 685	783	37.1
1977	43 845	45 208	1031	37.1
1978	47 109	37 166	789	35.9
1979	48 299	33 806	700	37.4
1980	30 908	26 868	869	36.0
1981	29 913	20 607	689	35.1
1982	31 977	41 007	1282	37.2
1983	42 018	47 081	1120	39.1
1984	33 353	30 461	913	38.6
1985	46 337	46 913	1012	40.4
1986	38 848	27 942	719	39.0
1987	25 482	26 871	1055	39.9
1988	28 878	38 816	1344	39.5
1989	38 558	38 703	1004	40.0
1990	24 183	29 303	1212	41.5
1991	43 341	44 723	1032	40.7
1992	44 164	50 577	1145	40.1
1993	44 772	47 536	1072	40.2

Encadré 2, page 1 de 8

Estimation du paramètre j

La formule à appliquer est:

$$j = J/Q = (\Delta R \times t) / R$$

Pour estimer j, il nous faut calculer ΔR et t. La variable R, représentant le rendement global du coton est donnée au tableau 2.1. Les deux autres éléments doivent être estimés séparément.

Calcul du gain de rendement (ΔR)

L'ISRA a démarré son programme de recherche sur le coton en 1983. De 1985 à 1993, quatre variétés améliorées de coton ont été validées et adoptées par les producteurs. Nous désirons évaluer l'impact cumulatif de tous ces changements relatifs à la variété BJA et aux intrants agronomiques associés. Ainsi, le gain sera cumulé pour chaque variété, d'année en année, pour obtenir le gain total de rendement pour la période de 1985 à 1993.

Tableau 2.2 Gains de rendement du coton au Sénégal

Variétés améliorées (Années de démarrage)	Augmentation du rendement relatif à BJA (kg/ha)	Gain cumulé de rendement (kg/ha)
L299 (1980-88)	78	78
I9697 (1985-90)	194	272
I1243 (1989-94)	(2)	270
STAM F (1992-94)	62	332
STAM 42 (1993-94)	194	356

Encadré 2, page 2 de 8

Afin d'utiliser les données agronomiques du tableau 2.2 comme estimation du paramètre sur le gain de rendement (ΔR) dans nos formules, nous aurons besoin d'identifier les gains de rendement pour chaque année, comme indiqué dans le tableau suivant.

Tableau 2.3 Valeur de ΔR pour le coton au Sénégal (kg/ha)

Year	L 299	I 9697	I 1243	STAM F	STAM 42
1980	78				
1981	78				
1982	78				
1983	78				
1984	78				
1985	78	272			
1986	78	272	270		
1987	78	272	270		
1988		272	270		
1989		272	270	332	
1990			270	332	356
1991			270	332	356
1992					
1993					
1994					

Calcul du taux d'adoption (t) pour chaque nouvelle variété

Le paramètre du taux d'adoption (t) est défini comme étant la superficie cultivée sous chaque variété améliorée divisée par la superficie totale en variétés introduites pour une année donnée. Ces données présentées au tableau 2.4 proviennent du service de vulgarisation de la compagnie de coton SODEFITEX. Notons que dans ce contexte, la superficie plantée en coton est relativement exacte, puisque les ventes des semences et des autres intrants sont contrôlées avec exactitude. Pour les cultures pour lesquelles les semences ne sont pas achetées chaque année, les taux d'adoption doivent être estimés en utilisant des enquêtes au niveau des exploitations.

Malgré l'exactitude relative des données sur le coton, notons qu'il y a une légère différence entre les données du tableau 2.4 (sur les superficies en variétés introduites) et du tableau 2.1 (sur les superficies totales du coton). En principe ces données devraient être identiques, mais des erreurs de compte rendu et de transcription peuvent expliquer ces différences.

Encadré 2, page 3 de 8

Table 2.4: Superficie cultivée (S) par variété au Sénégal (ha)

Année	Total superficie	BJA	L 299	I 9697	I 1243	STAM F	STAM 43
1980	30 908	30532	376				
1981	29 899	29781	118				
1982	31 776	29376	2400				
1983	42 018	16246	25772				
1984	33 357	10230	23058				
1985	46 350		46337	13			
1986	38 849		38594	255			
1987	25 483		20121	5362			
1988	28 878		44	28834			
1989	38 590			36735			
1990	24 183			8766	1855		
1991	35 526				15417		
1992	44 164				35526		
1993	44 772				44075	89	
1994	42 745				43661	1106	5
					28450	14189	106

En utilisant les données sur l'adoption ci-dessus, nous pouvons calculer le taux d'adoption pour chaque variété en divisant la superficie sous chaque variété par la superficie totale cultivée (colonne 1), ce qui donne les résultats suivants:

Tableau 2.5 Le taux d'adoption (t) par variété au Sénégal
(proportion de la superficie totale)

YEAR	BJA	L 299	I 9697	I 1243	STAM F	STAM 43
1980	.988	.012				
1981	.996	.004				
1982	.924	.076				
1983	.387	.613	.000			
1984	.309	.691	.007			
1985		1.000	.210			
1986		.993	.998			
1987		.790	.952	.048		
1988		.002	.362	.638		
1989				1.000		
1990				.998		
1991				.975	.002	
1992					.025	.000
1993						

Encadré 2, page 4 de 8

Le calcul du paramètre du déplacement proportionnel de l'offre (j)

L'étape suivante dans le processus d'estimation est de calculer le déplacement proportionnel de la production (j) en utilisant la formule suivante:

$$j = J/Q = (\Delta R \times t) / Y$$

Les éléments de cette formule sont fournis dans le tableau 2.3 (pour ΔR), le tableau 2.5 (pour t) et le tableau 2.1 (pour R). En insérant ces valeurs dans la formule, nous obtenons:

Tableau 2.6: Déplacements proportionnels de la production (j) au Sénégal

Année	L 299	I 9697	I 1243	STAM F	STAM 42	TOTAL
1980						0. 0011
1981						0. 0004
1982						0. 0046
1983						0. 0427
1984						0. 0591
1985						0. 0771
1986						0. 1103
1987		0. 002				0. 1126
1988		0. 054				0. 2022
1989		0. 202				0. 2579
1990		0. 258				0. 2234
1991		0. 081	0. 142			0. 2616
1992			0. 262			0. 2359
1993			0. 235	0. 001		0. 2533
		0. 246	0. 008		0	

Le calcul du paramètre du coût unitaire d'adoption (c)

Afin de calculer le coût associé au gain de production, utilisons la formule suivante:

$$c = I/P = (\Delta C \times t) / (R \times P)$$

Nous aurons besoin ici de deux séries de données supplémentaires: la différence de coût par hectare (ΔC) et les prix du produit (P).

Encadré 2, page 5 de 8

Le calcul des coûts d'adoption par hectare (ΔC)

Le coût d'adoption pour chaque nouvelle technologie est la différence entre les coûts de production avec et sans la recherche. La recherche conduite par l'ISRA a réduit ces coûts d'adoption d'une manière significative, et en conséquence chaque technologie améliorée est moins coûteuse à adopter comparée aux méthodes non-améliorées. Le coût approximatif de production avec la méthode non-améliorée s'élève à 30 000 FCFA par hectare, en termes nominaux. Le tableau 2.7 suivant montre le niveau décroissant des coûts pour la technologie améliorée, la différence décroissante des coûts entre les technologies améliorées et non-améliorées, et la différence des coûts (ΔC) en termes réels, après division par l'index des prix.

Tableau 2.7: Coûts d'adoption par hectare (ΔC) au Sénégal (FCFA/ha)

Année	Coût des intrants (technol. améliorée) (FCFA/ha)	ΔC nominal (FCFA/ha)	index des prix aux consommateurs (base: 1993=1)	ΔC réel (FCFA/ha)
1985	50 000	20 000	1. 027	19 474
1986	47 257	17 257	1. 089	15 847
1987	47 257	17 257	1. 044	16 530
1988	47 257	17 257	1. 025	16 836
1989	42 412	12 412	1. 030	12 050
1990	42 412	12 412	1. 033	12 015
1991	41 936	11 936	1. 015	11 760
1992	41 936	11 936	1. 015	11 760
1993	41 936	11 936	1. 000	11 936

Le Calcul du prix du produit en termes réels (P)

Dans le tableau 2.8, le prix normal est ajusté pour l'inflation en utilisant l'index des prix aux consommateurs

Tableau 2.8 Prix du produit (P) au Sénégal (FCFA/kg)

Année	Prix nominal Price(FCFA/kg)	Index des prix aux consommateurs (base: 1993=1)	Prix Réel (P)
1985	69.4	1.027	67.58
1986	99.6	1.089	91.46
1987	99.8	1.044	95.59
1988	99.7	1.025	97.27
1989	99.7	1.030	96.80
1990	99.8	1.033	96.61
1991	99.9	1.015	98.42
1992	100.0	1.015	98.52
1993	99.2	1.000	99.20

Encadré 2, page 6 de 8

Le calcul du coût proportionnel d'adoption (c)

L'augmentation proportionnelle des coûts entraînée par l'adoption des technologies améliorées est obtenue en utilisant les résultats du tableau 2.7 (ΔC), du tableau 2.5 (t), du tableau 2.1 (R) et du tableau 2.8 (P), et la formule suivante:

$$c = I/P = (\Delta C \times t)/(R \times P)$$

Tableau 2.9 Coûts proportionnels d'adoption (c) au Sénégal

Année	L 299	19697	I 1243	STAM F	STAM 42	TOTAL
1985	0. 28469	0. 00008				0. 28477
1986	0. 23940	0. 00158				0. 24098
1987	0. 12941	0. 03449				0. 16390
1988	0. 00020	0. 12859				0. 12400
1989		0. 11804	0. 00596			0. 10261
1990		0. 03720	0. 06542			0. 11577
1991			0. 11577	0. 00021		0. 10424
1992			0. 10403	0. 00001		0. 11224
1993			0. 10946	0. 00277		

Calcul du déplacement net de la courbe d'offre (k)

Afin de combiner les données sur les gains de production (j) et les coûts d'adoption (c) dans le paramètre de déplacement net (k), nous avons besoin d'un seul nouveau paramètre: l'élasticité de l'offre (ϵ). Etant donné le potentiel d'expansion relativement faible du coton, une petite valeur est suffisante (par exemple, $\epsilon = 0,3$), et nous obtenons les résultats du tableau 2.10 en utilisant la formule suivante:

$$k = K/P = [JP/\epsilon QP] - I/P = (j/\epsilon) - c$$

Tableau 2.10 Déplacements proportionnels de l'offre (k) au Sénégal

Année	j	ϵ	c	k
1985	0. 0771	0.3	0. 28477	0. 02792
1986	0. 1103	0.3	0. 24098	0. 12653
1987	0. 1126	0.3	0. 16390	0. 21152
1988	0. 2022	0.3	0. 12879	0. 54508
1989	0. 2579	0.3	0. 12400	0. 73565
1990	0. 2234	0.3	0. 10261	0. 64195
1991	0. 2616	0.3	0. 11577	0. 75632
1992	0. 2359	0.3	0. 10424	0. 68215
1993	0. 2533	0.3	0. 11224	0. 73210

Encadré 2, page 7 de 8

Le calcul du changement de quantité (ΔQ) dû à la recherche

L'étape finale de l'évaluation de l'impact est de calculer le changement de la quantité d'équilibre induit par la recherche, d'après la formule suivante:

$$\Delta Q = Q \epsilon \kappa / (e + \epsilon)$$

Notons que pour obtenir ΔQ en termes de kilogrammes, il est nécessaire de multiplier les montants de la production totale (Q) du tableau 2.1 par 1000. Nous devons également choisir une valeur pour l'élasticité de la demande (e , exprimée en valeur absolue): puisque le changement de la quantité produite par le Sénégal a peu d'effet sur le prix reçu, nous utilisons un niveau d'élasticité relativement élevé ($e=10$). Ce niveau d'élasticité serait approprié pour la plupart des produits échangés au niveau international. Les produits qui sont vendus uniquement sur le marché national, tels le mil ou le manioc, pourraient nécessiter une élasticité de la demande inférieure à un.

Tableau 2.111 Changements de la quantité d'équilibre ΔQ au Sénégal (kg)

Année	Q (kg)	e	ϵ	k	ΔQ (kg)
1985	46 913 000	10	0.3	- 0.02792	-381530
1986	27 942 000	10	0.3	0.12653	1 029 738
1987	26 871 000	10	0.3	0.21152	1 655 453
1988	38 816 000	10	0.3	0.54508	6 162 512
1989	38 703 000	10	0.3	0.73565	292 749
1990	29 303 000	10	0.3	0.64195	5 478 981
1991	44 723 000	10	0.3	0.75632	5 478 981
1992	50 577 000	10	0.3	0.68215	10 048 796
1993	47 536 000	10	0.3	0.73210	10 136 290

Encadré 2, page 8 de 8

Récapitulation des formules clés pour évaluer les gains sociaux
Le tableau 1 résume la séquence logique des calculs à entreprendre pour calculer les paramètres nécessaires à l'évaluation des gains sociaux de la recherche, avec la définition de chaque paramètre, sa formule, et les données nécessaires pour effectuer les calculs.

Tableau 1. Récapitulation des formules clés

Etapes	définition	formules	données et unités typiques
1. Calcul de j	Changement de la prod. dû à la nouvelle technologie en proportion production total	$j = \frac{\Delta R \times t}{\{Y\}}$	<p>Δ: R: différence de rendement entre les technologies nouvelle de la production et traditionnelles (\$/ha)</p> <ul style="list-style-type: none"> R: rendement moyen, c. à. d., production total divisée par la superficie totale (ha) t: taux d'adoption, c. à. d., surface en technologie nouvelle par la superficie totale
2. Calcul de c	Coûts d'adoption de la nouvelle technologie, en proportion du prix du produit	$c = \frac{\Delta C \times t}{(R \times P)}$	<p>Δ: C: différence entre les coûts des intrants pour les technologies nouvelles et anciennes (\$/ha)</p> <ul style="list-style-type: none"> P: produit moyen payé aux producteurs en termes réel (\$/kg)
3. Calcul de k	Changement du coûts nets, de production en proportion du prix du produit	$k = \frac{c}{[j] \cdot c}$	<p>ϵ : L'élasticité de l'offre, obtenue des estimations établies par des économistes</p>
4. Calcul de ΔQ	Changement de la quantité d'équilibre produite dû à la nouvelle technologie nouvelle technologie	$Q = [Q \times \epsilon \times k]$ $[E + e]$	<p>Q: production totale (kg)</p> <ul style="list-style-type: none"> Notons que Q et ΔQ ont les mêmes unités e: l'élasticité de la demande, obtenue des estimations établies par des économistes
5. Calcul des gains sociaux	Bénéfices économiques de l'adoption des résultats de la recherche	$SG = \frac{[k \times P \times Q]}{2} + 1 \frac{[k \times P \Delta Q]}{2}$	<p>Toutes les données exposées ci-dessus</p> <ul style="list-style-type: none"> Soustraire le deuxième terme lorsque l'information est observée après l'adoption (une étude ex-post); l'ajouter si l'adoption n'a pas encore eu lieu (ex ante)
6. Calcul des gains nets	Bénéfices nets économiques, après avoir soustrait les coûts de la recherche et de la vulgarisation	$GN = G_S - CR - CV$	<ul style="list-style-type: none"> CR: Coûts totaux de (\$) CV: Coûts totaux de la vulgarisation (\$)

En appliquant ces formules, il est important de se souvenir que les valeurs choisies pour les élasticités de l'offre et de la demande (ϵ et e) ont bien moins d'influence sur les résultats que les autres paramètres. En fait, il pourrait être utile de simplifier ces calculs en supposant que $\epsilon=0$ et que $e=1$. De telles valeurs sont possibles et résultent de l'annulation de Q dans la formule du gain social, ce qui la réduit à $GS=kPQ$.

Il est également important de se rappeler que les formules présentées ici sont strictement correctes uniquement dans le cas des courbes linéaires avec un déplacement parallèle de la courbe de l'offre. Mais elles ne sont pas bien différentes des formules utilisées dans d'autres cas. Par exemple, la formule originale de Akino-Hayami, décrite dans l'encadré qui suit, a été dérivée avec un mouvement pivotant et des courbes à élasticité constante.

Encadré F. Les formules de AKINO-HAYAMI

Une des études qui a le plus contribué à l'avancement de la méthode du surplus économique pour l'analyse de l'impact de la recherche est le fameux article de Masakatsu Akino et Yuhiro Hayami. Puisque Akino et Hayami utilisent des formules différentes de celles utilisées dans ce manuel, il serait utile de comparer les deux approches. Leur travail se base sur des courbes à élasticité constante, avec un mouvement pivotant autour de l'origine, utilisant les formules suivantes:

La demande: $Q = H \cdot P$ (Dans l'original, y est utilisé au lieu de ε)

L'offre avec recherche: $Q = G \cdot P^e$ (Dans l'original, j est utilisé au lieu de e)

L'offre sans recherche: $Q = (1-h)G \cdot P^e$

Dans ces courbes, les élasticités ne varient pas avec le niveau de (P, Q) . Cette formulation est nettement plus compliquée que le mouvement parallèle d'une courbe linéaire. Une différence est la relation entre le paramètre h (mouvement de la courbe d'offre) et l'augmentation de la production (que nous avons appelé j , et que Akino-Hayami appellent k). Dans ce cas la relation est approximative:

$$h = (1+\varepsilon)j$$

$$j = (Y_n - Y_t)/Y_n = 1 - Y_t/Y_n$$

Y_n = rendement par hectare avec la nouvelle variété

Y_t = rendement par hectare avec la variété traditionnelle

Notons que l'augmentation des rendements est relative à la *nouvelle variété* parce que les données de base (P, Q) sont observées ex-post, avec la contribution de la recherche.

La formule de Akino-Hayami (GS_{AH}) pour les gains sociaux est :

$$SG_{AH} = jPQ + \frac{1}{2}PQ[j(1+\varepsilon)]^2/(e+\varepsilon)$$

Cette formule généralement donne des gains plus faibles que notre méthode:

$$GS = kP\varepsilon Q + \frac{1}{2}PQk^2e\varepsilon/(e+\varepsilon)$$

Les triangles sont les mêmes, mais la surface jPQ peut être différente du rectangle kPQ , car:

$$k = (j/\varepsilon) - c$$

La formule GS_{AH} généralement ne compte pas les coûts d'adoption. Il faut donc les soustraire séparément des gains sociaux, dans une étape à part.

«Efficiency and Equity in Public Research: Rice Breeding in Japan's Economic Development»
(American Journal of Agricultural Economics vol. 57, no. 1, pages 1-10, février 1975).

Collecte et utilisation des données

La section précédente présente les formules de base et les besoins en information pour calculer les gains économiques résultant de l'adoption d'une nouvelle technologie. Nous abordons maintenant le problème tout aussi difficile de la collecte de données appropriées, ainsi que leur utilisation judicieuse. Les données nécessaires pour calculer les gains sociaux tombent dans trois catégories générales:

- les données du "marché" sur les prix et les quantités observées
- la preuve "agronomique" sur les rendements et les coûts de la technologie adoptée, et
- les paramètres "économiques" sur la réponse du marché au changement.

En plus de ces données sur les gains sociaux, il est également nécessaire d'obtenir:

- les coûts de la recherche et de la vulgarisation liés à la génération et au transfert de la nouvelle technologie.

Chaque catégorie de données provient de sources très différentes et a besoin d'être évalué et utilisé différemment.

Les données du marché sur les prix et les quantités

Les données sur les prix (P) et les quantités (Q) du produit affecté par le changement technologique sont fondamentales et nécessaires aux études d'impact économique. Un changement technologique spécifique (disons une réduction de coût de 10%) a une plus grande valeur économique s'il s'agit d'un produit de grand volume caractérisé par un prix élevé. Le changement technologique lié aux produits de volume et de prix réduits ne peut avoir le même impact que s'il entraîne des coûts proportionnels de réduction plus importants ou s'il est obtenu avec des coûts de recherche et de vulgarisation moins élevés.

Les données sur la variable prix (P) sont souvent disponibles au niveau des Ministères de l'Agriculture, des services de vulgarisation ou des services de statistiques. Cependant, plusieurs types de prix sont disponibles et dans certains cas les chercheurs devront effectuer leur propre enquête sur les prix. L'objectif du chercheur devra être d'obtenir le prix marginal, représentant ce qu'on paierait pour toute augmentation de la

production pouvant provenir du changement technologique. Pour être réaliste, il est normalement plus approprié d'utiliser une moyenne des prix de gros provenant des principaux marchés ruraux et semi-urbains du pays.

Afin d'évaluer l'impact en termes de surplus économique, les prix doivent refléter les coûts d'opportunité pour toute l'économie. Lorsque les prix du marché ne sont pas équivalents aux coûts d'opportunité sociaux dûs aux restrictions ou autres distorsions, il est préférable d'obtenir des estimations des coûts d'opportunité sociaux au lieu des prix du marché. Normalement, ceci veut dire qu'il faut estimer le prix d'importation ou d'exportation du produit en monnaie étrangère à la frontière du pays et ajouter (pour les importations) ou soustraire (pour les exportations) les coûts de commercialisation pour atteindre les marchés de gros, et convertir la monnaie domestique en monnaie étrangère au taux de change d'équilibre plutôt qu'au taux du marché.

Lorsque le commerce se fait sur une base relativement libre du contrôle douanier ou autres restrictions du gouvernement, les prix du marché tendent à être très proches des coûts d'opportunité sociale. Mais si cela n'est pas le cas, il est important que les chercheurs fassent l'effort nécessaire pour obtenir des estimations des prix frontières, des coûts de commercialisation, et des taux de change d'équilibre. Le plus souvent ceci est fait en consultant des économistes basés en dehors du système de recherche agricole, dans les bureaux locaux des Ministères des Finances, de la Banque Centrale, ou des agences d'aide concernées par la politique économique.

Les données sur les quantités (Q) proviennent souvent des mêmes sources que celles des prix. Ici c'est la quantité totale produite dans le pays ou la région où le changement technologique se produit qui nous intéresse. Normalement, ceci se fait au niveau national puisque c'est la zone de plus grand intérêt pour les décideurs. Il est possible d'effectuer une évaluation d'impact à tout endroit et à tout niveau du marché, tant que les données utilisées correspondent à la même définition de la zone concernée.

Pour les études ex-post qui utilisent des prix antérieurs, il est nécessaire de les "déflater" (c'est-à-dire de tenir compte des effets de l'inflation). Ceci est fait plus facilement en divisant le prix observé par un index de prix aux consommateurs, lequel a été calculé afin que la valeur de l'index à une date donnée (par exemple 1990) soit de 1. Ceci transformerait tous les prix observés en prix "réels", c'est-à-dire à leurs valeurs de 1990.

Pour les études ex-anté qui anticipent les prix futurs, la pratique normale est de supposer que les prix exprimés en termes réels resteront équivalents à une moyenne des prix récents. Il y aura sûrement une grande fluctuation autour de la moyenne, mais il sera difficile de prédire la direction ou l'amplitude de ces tendances.

Les données agronomiques sur les gains de rendement et sur les coûts d'adoption.

Il n'est pas possible d'évaluer l'impact de la recherche sans des données sur la technologie sous-jacente. Dans la plupart des cas, ces données peuvent s'exprimer en terme d'augmentation de la production et des coûts d'adoption.

Les augmentations de la production, qui sont capturées en termes proportionnelles en utilisant le paramètre "j", sont les résultats associés aux gains provenant de l'adoption et du taux d'adoption. Ces deux variables sont d'une importance critique pour toute étude d'impact. On peut utiliser comme exemple une nouvelle technologie qui augmente le rendement moyen d'une culture de 0,33 tonnes (t) par hectare, dans un environnement où le rendement moyen est de 1,5 t par hectare. Donc le gain proportionnel de l'adoption est une augmentation de la production de 22 pour cent ($0,33 \times 1,5$). Si le taux d'adoption est de 50 pour cent, alors la production globale augmenterait de 11 pour cent ($0,22 \times 0,5$). En appliquant les formules sus-mentionnées, nous avons:

$$\begin{aligned} j &= 0,33 \text{ (t/ha)} \cdot 0,50 / 1,5 \text{ (t/ha)} \\ &= 0,165 / 1,5 \\ &= 0,11 \end{aligned}$$

L'information sur les changements de rendement provient normalement d'un ensemble d'essais sur le terrain et d'enquêtes au niveau des exploitations. Il est très important de s'assurer que les données utilisées soient peu ou pas biaisées. Puisque les gains de rendement provenant des essais sur station ou au niveau de l'exploitation sont normalement plus importants que ceux obtenus par le producteur moyen, il est nécessaire d'appliquer un facteur de correction basé sur les différences historiques entre les données d'essais et la performance actuelle au niveau de l'exploitation.

L'information sur les taux d'adoption provient normalement des enquêtes au niveau des exploitations et des estimations des agents de vulgarisation. Les ventes des semences et d'autres intrants peuvent également être utiles. Il est rare de trouver qu'une source unique de données sur l'adoption soit suffisante; le plus souvent il est nécessaire de suppléer les données d'enquêtes ou les données sur les ventes de semences par une extrapolation et des estimations fournies par des experts, couvrant des producteurs d'autres zones et d'autres années. Pour certains produits dans certains pays, les fournisseurs d'intrants et la commercialisation de produits sont si strictement contrôlés que des données complètes sont disponibles. C'est le cas du coton au Sénégal (l'étude de cas présentée dans les encadrés). Cependant, ceci n'est généralement pas le cas en ce qui concerne les enquêtes sur les produits alimentaires.

L'information sur les coûts d'adoption est souvent oubliée dans l'évaluation de la recherche. Pourtant on devrait en tenir compte afin d'obtenir des résultats plus précis. Les coûts d'adoption comprennent la valeur de la main-d'œuvre, les intrants de bétail et du capital fournis par l'exploitation familiale, ainsi que tout intrant acheté tel que les engrains, les semences ou les produits chimiques nécessaires à l'obtention des augmentations du rendement associées à la nouvelle technologie. Encore une fois, ces coûts d'adoption sont exprimés d'une manière pratique en termes proportionnels relatifs au coût total marginal du produit, qui est plus ou moins égal à son prix sur le marché.

Normalement, les données sur les coûts sont présentées par hectare. Par exemple, on peut supposer que les gains de rendement présentés ci-dessus nécessitent un investissement annuel de 10.000 FCFA/ha au-dessus du coût des techniques actuelles. Ce chiffre doit être divisé par le rendement moyen (1,5 tonnes /ha) pour obtenir les coûts d'adoption sur une base unitaire, multiplié par le taux d'adoption (50 pour cent) pour obtenir des coûts d'adoption globaux, et puis divisé par le prix du produit (5.000 FCFA/t) pour obtenir le coût proportionnel d'adoption. En appliquant les formules ci-dessus, on pourrait calculer:

$$\begin{aligned}c &= (\Delta C \times t) / (R \times P) \\&= 10\,000 \text{ (FCFA/ha)} \times 0,50 / [1,5 \text{ (t/ha)} \times 50\,000 \text{ (FCFA/t)}] \\&\approx 5\,000 \text{ (FCFA/t)} / 75\,000 \text{ (FCFA/t)} \\&= 0,07\end{aligned}$$

Dans ce cas nous pouvons estimer une augmentation du coût de production de 7 pour cent, pour obtenir le gain de production de 11 pour cent calculé plus haut. Ceci est une technologie profitable, mais la valeur économique exacte de l'adoption nécessite des calculs supplémentaires.

Avant de continuer, il est important de noter que les chercheurs peuvent préférer calculer le j et le c uniquement pour ceux qui adoptent, et de multiplier ces deux par le taux d'adoption à la fin des calculs. Ceci évite de devoir utiliser le taux d'adoption (t) dans deux formules différentes, mais ajoute une étape supplémentaire dans les calculs.

Les paramètres économiques des réponses de l'offre et de la demande

Dans l'exemple cité plus haut, une augmentation de la production de 11 pour cent a été obtenue avec une augmentation de 7 pour cent du coût des intrants. Ceci n'est pas la fin de l'évaluation de l'impact, car les avantages économiques de cette réussite dépendent de leurs valeurs relatives, en comparaison à d'autres possibilités d'augmentation de la production, et également en comparaison avec les préférences des consommateurs.

La difficulté relative des producteurs à augmenter la production est traduite par le paramètre de l'élasticité de l'offre (e), défini comme étant la variation proportionnelle de la quantité produite, induite par la variation correspondante du prix d'un pourcent. Si c'est un petit chiffre, alors augmenter la production en utilisant une technologie déjà en place est très difficile, et le changement technologique est relativement plus important. Normalement, les estimations de l'élasticité de l'offre sont entre 0,2 et 1,2; elles seraient assez faibles pour les produits avec peu de potentiel d'expansion de leur surface cultivée, normalement parce que ces produits prennent déjà une grande partie des ressources disponibles. Elles seraient assez élevées dans le cas des produits moins importants qui ont un fort potentiel d'expansion.

La préférence relative des consommateurs pour une augmentation de la consommation est rendue par l'élasticité de la demande (e), définie comme étant le changement proportionnel de la quantité consommée induite par un changement d'un pourcent du prix. Ce chiffre est normalement négatif, et nous utilisons sa valeur absolue dans nos formules. Si sa valeur absolue est petite, alors les consommateurs s'intéressent très peu à augmenter la consommation et dans ce cas le changement technique se traduit par une faible augmentation de la quantité produite. Normalement

les estimations de l'élasticité de la demande varient entre 0,4 et 10; elles se situeraient vers le bas de l'échelle pour les produits alimentaires de base dans un marché restreint et au haut de l'échelle pour les produits d'exportations et de substitutions aux importations dont les ventes peuvent augmenter rapidement.

Les élasticités ne peuvent pas être observées directement. Elles dépendent des attitudes, des anticipations, des possibilités de production et de la capacité d'achat des producteurs. Elles dépendent également de la longueur de la période d'ajustement retenue. Les élasticités ont tendance à être très faibles dans le court-terme et très importantes dans le long-terme, compte tenu de la plus grande flexibilité d'ajustement des prix. Il est possible d'estimer statistiquement les élasticités historiques, mais les estimations dépendent fortement des circonstances de l'analyse.

En tenant compte de l'incertitude inhérente aux élasticités, il est important d'entreprendre une analyse de sensibilité, mais ces analyses montrent presque toujours que les élasticités ont peu d'influence sur la profitabilité de la recherche. Il est donc bien plus important que les chercheurs mettent l'accent sur l'estimation des autres variables (prix, quantité, gains de production, coûts d'adoption et taux d'adoption). Il est éventuellement possible d'éviter toute discussion sur les élasticités en supposant que $\epsilon=0$ et que $=1$.

Afin de montrer comment utiliser les élasticités, nous pouvons continuer avec l'exemple sus-mentionné, en prenant le cas des produits alimentaires de base dont l'élasticité de l'offre peut être estimée à environ 0,3. En calculant le paramètre de déplacement "k", ou la réduction proportionnelle des coûts de production attribués à la nouvelle technologie, l'augmentation de la production (j) est divisée par l'élasticité suivant la formule suivante:

$$\begin{aligned} k &= j/\epsilon - c \\ &= 0,11 / 0,3 - 0,07 \\ &= 0,30 \end{aligned}$$

Dans ce cas, la combinaison d'une augmentation de la production de 11 pourcent et d'une augmentation du coût de 7 pourcent a contribué à déplacer la courbe d'offre de 30 pourcent. Là où l'élasticité de l'offre est inférieure à 1, la valeur de l'augmentation de la production est amplifiée

par la difficulté de le faire. Quand l'élasticité est inférieure à 1, la valeur de l'augmentation de la production diminue. Là où l'élasticité de l'offre est estimée être exactement égale à 1, alors elle n'a aucune influence ($k=j-c$).

La dernière étape dans l'estimation des gains économiques de l'adoption est d'incorporer le paramètre de l'élasticité de la demande pour déterminer le changement de la quantité d'équilibre (ΔQ) induite par l'adoption. Dans le cas d'un produit agricole majeur, on peut estimer que l'élasticité de la demande est relativement faible (0,4). Ceci s'appliquerait à la formule suivante:

$$\begin{aligned}\Delta Q &= Q_{eq}k/(e+\epsilon) \\ &= (Q \times 0,3 \times 0,4 \times 0,3)/(0,3+0,4) \\ &= Q \times 0,05\end{aligned}$$

Dans ce cas, l'augmentation de la quantité d'équilibre dû à l'adoption est environ 5 pour cent de la quantité observée (Q). C'est un chiffre relativement bas, étant donné que l'élasticité de la demande est relativement faible. Puisque le prix aux consommateurs a diminué, la recherche aurait pu avoir une valeur économique très large. Cet exemple illustre les interactions subtiles qui existent entre les différents types de données et leur importance relative. Les résultats du gain social provenant de l'étude de cas du Sénégal sont présentés dans l'encadré qui suit.

Encadré 3. L'estimation des gains sociaux au Sénégal

Dans l'encadré 2, nous avons estimé les paramètres nécessaires pour le calcul des gains sociaux provenant de l'adoption des nouvelles technologies du coton. Maintenant nous pouvons combiner ces paramètres en utilisant la formule suivante:

$$SG = kPQ - \frac{1}{2}kP\Delta Q$$

En d'autres termes, le gain social (GS) pour chaque année sera égale au produit du paramètre k (provenant du tableau 2.10), du prix au producteur (P , du tableau 2.8) et de la quantité produite (Q , du tableau 2.1) moins la moitié du produit de k, P et le changement de la quantité d'équilibre (ΔQ , du tableau 2.11). Notons que le deuxième terme a été soustrait puisque c'est une étude ex-post, qui examine l'impact de technologies déjà adoptées par certains producteurs. Il faudrait ajouter les deux termes dans le cas d'une étude ex-ante.

Tableau 3.1. Le calcul des gains sociaux au Sénégal

Year	k	P (FCFA/kg)	Q(kg)	$\Delta Q(kg)$	SocialGain (FCF)
1985	-0.02792	67.58	46 913 000	-381 530	(88 878 302)
1986	0.12653	91.46	27 942 000	1 029 738	317 392 648
1987	0.21152	95.59	26 871 000	1 655 453	526 592 546
1988	0.54508	97.27	38 816 000	6 162 512	1 894 632 285
1989	0.73565	96.80	38 703 000	8 292 749	2 460 702 454
1990	0.64195	96.61	29 303 000	5 478 981	1 647 476 967
1991	0.75632	98.42	44 723 000	9 851 891	2 962 477 124
1992	0.68215	98.52	50 577 000	10 136 290	3 061 428 332
1993	0.73210	99.20	47 536 000	10 136 290	3 084 212 888

Les données sur les coûts de la recherche et de la vulgarisation

Jusqu'à présent nous avons uniquement examiné les gains sociaux résultant de l'adoption par les producteurs des résultats de la recherche. Mais la recherche elle-même est coûteuse et les programmes de vulgarisation sont souvent nécessaires afin d'accélérer le taux d'adoption. Il est donc important de soustraire les coûts de la recherche et de la vulgarisation des gains sociaux, afin d'obtenir les bénéfices sociaux nets.

Le choix des données appropriées sur les coûts est souvent une des tâches les plus difficiles dans une évaluation d'impact. La première question est de définir la date de démarrage et l'étendue du projet de recherche à évaluer. On ne peut pas évaluer l'impact de toute la recherche d'un coup: on doit spécifier exactement quelle activité de recherche on voudra étudier. Toutes les dépenses avant cette activité, ou toutes les autres dépenses qui auraient été effectuées sans l'activité sont considérées comme des "coûts fixes": elles auraient été effectuées même si la recherche n'avait pas été conduite et ainsi elles ne font pas partie du projet de recherche à évaluer. Par exemple, les coûts de vulgarisation qui auraient été effectués sans le projet de recherche devraient être exclus des coûts du projet, même s'ils ont aidé à accélérer l'adoption.

Les projets de recherche à évaluer pourraient être très longs et très étendus (par exemple, toute la recherche depuis la création d'un institut particulier) ou très petits (par exemple, une initiative récente pour produire des variétés à l'intention d'une zone spécifique). Dans chaque cas, les gains sociaux devraient être définis de la même façon que les coûts des projets: seuls les changements techniques qui résultent de projets spécifiques doivent être inclus. Dans plusieurs situations, un certain niveau de changement technique aurait eu lieu de toute façon et ses effets doivent être inclus dans le scénario "sans-projet". Cette question pourrait être de plus grande importance dans les études des programmes de vulgarisation, où le cas sans vulgarisation pourrait inclure un degré de diffusion entre producteurs.

Une fois la période et l'étendue du projet établies, il n'est pas aisés de transformer les données comptables en données économiques appropriées. Les dépenses sur la recherche et la vulgarisation ne sont normalement pas liées aux technologies spécifiques, pour les raisons suivantes:

- les coûts de fonctionnement sont partagés par plusieurs projets de recherche à la fois; par exemple, les programmes de sélection des plantes et d'agronomie utilisent souvent les mêmes véhicules.
- les projets de recherche dépendent de plusieurs sources de financement; par exemple, le budget national et les donateurs.

- les Systèmes nationaux de recherche utilisent des systèmes comptables différents pour chaque projet à cause de la source de financement. Ainsi, une valeur totale qui comprend les coûts de fonctionnement et d'investissement pour un programme donné est difficile à obtenir.
- chaque projet de recherche utilise les résultats développés par d'autres projets. Il est difficile de séparer les coûts et bénéfices attribuables à un programme donné.
- les projets de recherche couvrent plusieurs années et les systèmes comptables peuvent changer entretemps, par exemple, le carburant utilisé par un programme de recherche peut être comptabilisé comme étant un coût de fonctionnement pour un programme donné ou bien il peut être considéré comme étant un coût administratif au niveau d'un centre de recherche.

Pour estimer les coûts de recherche et de vulgarisation, la pratique commune est:

- (a) d'obtenir les budgets comptables pour tout l'institut (Système national de recherche agricole ou Centres internationaux de recherches agricoles ou autres), et
- (b) d'estimer le pourcentage des ressources allouées au projet, souvent sur la base du nombre de personnels et de la proportion de leur temps allouée au projet.

En outre, comme pour les prix, il peut être très important de prévoir l'inflation en divisant les coûts observés par un index des prix, défini comme étant égal à un pour une année donnée, afin que les coûts soient exprimés en termes constants pour l'année en question.

Encadré 4. Les coûts de la recherche et de la vulgarisation au Sénégal

Le programme de recherche de l'ISRA sur le coton a démarré en 1983, mais il a pu bénéficier des résultats des programmes antérieurs. La première variété améliorée a été introduite en 1985, après une période de démarrage très brève.

Les coûts de la recherche sont constants durant les trois premières années du programme cotonnier, puis ils ont augmenté en 1987 et sont restés plus ou moins constants durant les années suivantes. Les coûts ont encore augmenté en 1993, puisque des activités de recherche ont été nécessaires pour soutenir les technologies déjà en place sur le terrain. Dans d'autres cas, les dépenses de recherche associées avec le projet peuvent prendre fin bien avant la fin des bénéfices du projet, si les chercheurs quittent le projet pour s'occuper d'autres activités.

Les coûts de vulgarisation sont plus ou moins constants d'année en année, et sont relativement élevés en raison du niveau assez important de soutien exigé au niveau de chaque producteur. Il n'est pas évident que tous ces coûts de vulgarisation soient nécessaires pour que l'adoption d'une technologie ait lieu. Mais l'utilisation du budget entier des programmes de vulgarisation du coton dans l'évaluation de l'impact permet d'assurer que les coûts ne sont pas sous-estimés.

Les coûts totaux en termes réels sont obtenus en divisant les coûts en termes nominaux par l'Index des Prix aux Consommateurs (voir le tableau 2.8, colonne 2).

Tableau 4.1 Coûts de la recherche et de la vulgarisation au Sénégal (FCFA)

Année	Coûts de la recherche (FCFA)	Coûts de la vulgarisation (FCFA)	Coûts Totaux (FCFA)	Coûts totaux réels (in 1993 FCFA)
1983	25. 100.000	50. 000.000	75.100.000	92. 453.091
1984	25. 100.000	50. 000.000	75.100.000	82. 715.580
1985	25. 100.000	114. 758.492	139. 858.492	136. 238.022
1986	37. 500.000	96. 211.190	133. 711.190	122. 744.098
1987	62. 100.000	63. 108.874	125. 208.874	119. 980.445
1988	60. 600.000	71. 519.428	132. 119.428	128. 856.887
1989	60. 600.000	95. 492.974	156. 092.974	151. 557.969
1990	58. 500.000	59. 891.763	118. 391.763	114. 579.634
1991	58. 500.000	107. 338.581	165. 838.581	163. 377.155
1992	60. 000.000	109. 376.827	169. 376.827	166. 862.886
1993	60. 000.000	110. 882.604	170. 882.604	170. 882.604

Actualisation de la valeur de la recherche

Les flux des bénéfices et coûts de la recherche s'étendent de façon typique sur plusieurs années; la période des coûts précéde celle des bénéfices. Par conséquent, une comparaison pertinente de ces flux nécessite la prise en compte de l'élément temps sur ces grandeurs économiques. Les logiciels de tableur électronique fournissent des fonctions préprogrammées et précises, rendant aisée la procédure d'actualisation de ces flux.

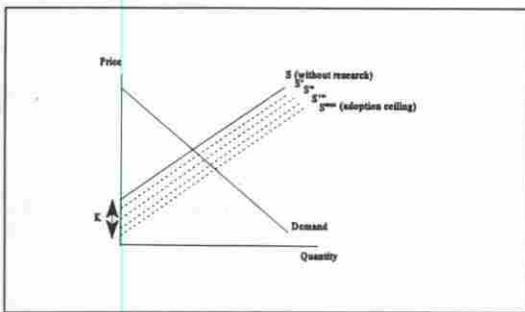
L'indicateur privilégié pour comparer le flux actualisé des bénéfices et coûts de la recherche est le Taux de Rentabilité Interne (TRI). Il mesure le taux d'intérêt auquel la valeur actuelle des coûts égalise la valeur actuelle des bénéfices. Le TRI peut alors être mis en relation avec tout autre taux d'intérêt , notamment le taux pratiqué par les banques commerciales ou le taux de rénumération des investissements privés. Dans la mesure où ce TRI est supérieur à ces autres taux mentionnés, il est logique de conclure que le projet de recherche fut un bon investissement. Son implantation a contribué de façon significative à rehausser le revenu national par personne.

Un deuxième indicateur de choix également utilisé, pour apprécier la pertinence d'un investissement dans un projet, est sa Valeur Nette Actualisée (VNA). Cet indicateur mesure l'excédent des bénéfices sur les coûts du projet, quand ces derniers sont évalués sur la base d'un taux d'intérêt donné. Ce taux cible doit refléter de façon adéquate le coût d'opportunité des fonds investis, aussi bien sur le plan des investissements additionnels que sur celui des investissements alternatifs.

Le contexte de l'actualisation de la mesure de l'impact des projets de recherche est cependant quelque peu différent de celui de l'analyse des projets en général. Ces différences s'expliquent par les délais d'attente avant la période des bénéfices de la recherche. Par ailleurs, la réalisation de ces bénéfices est plus incertaine pour la recherche que pour les autres types de projet. Le graphique 6 illustre ces délais d'attente avant la période des bénéfices; le déplacement de la courbe d'offre est progressive dans le temps.

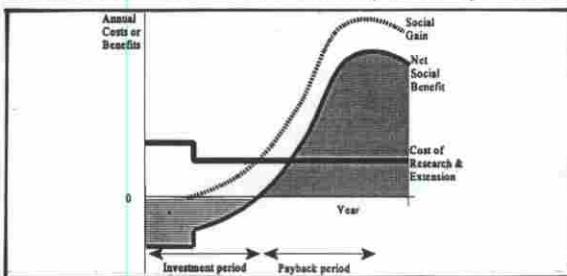
Durant les premières années suivant l'introduction d'une nouvelle technologie, les niveaux d'adoption peuvent être faibles. Les changements de l'offre et le paramètre K sont alors faibles. Au fur et à mesure que l'adoption progresse, le surplus économique croît de façon exponentielle , étant plus relié à la superficie qu'à l'ampleur du déplacement de la courbe d'offre. Par conséquent, les premiers gains de la recherche sont souvent faibles; les gains les plus importants ne sont réalisés que quand la diffusion se généralise.

Dans ce cas, le graphique 6 montre que la courbe d'offre passe successivement à O' , O'' pour finalement s'arrêter à O^{\max} quand l'adoption culmine à son plafond.



Graphique 6. Déplacements de l'offre et du paramètre K dans le temps

Une deuxième raison expliquant les délais de gestation des bénéfices de la recherche est illustrée au graphique 7. Non seulement les bénéfices de la recherche se développent lentement, mais aussi ils ne commencent que quand plusieurs autres coûts associés sont payés. Le bénéfice social net est par conséquent négatif sur plusieurs années et peut le rester même après les premières années d'adoption. Sur le graphique 7, les coûts de la recherche plafonnent avant la disponibilité de la technologie. Après cette période, les coûts de la recherche et de la vulgarisation demeurent constants et à un plus faible niveau, et les gains sociaux commencent. Cependant, les bénéfices nets ne deviennent positifs qu'une fois l'adoption est effective.



Graphique 7. Gains sociaux, coûts et bénéfices nets dans le temps

Par la suite, les gains s'accroissent de façon exponentielle au fur et à mesure que l'adoption se poursuit. Après que le plafond soit atteint, une autre technologie commence à faire son entrée et de surcroît, les gains sociaux déclinent. Ce schéma est typique mais le plafond n'est atteint qu'après plusieurs années d'existence de la technologie, produisant un effet marginal sur le TRI et la VNA.

Encadré 5. La valeur actualisée et le taux d'actualisation au Sénégal

La valeur nette actualisée (VNA) du projet de recherche représente la valeur économique totale des bénéfices moins les coûts. Afin de calculer cette valeur, le chercheur doit spécifier un taux d'intérêt pour chaque investissement alternatif. Afin d'effectuer une comparaison entre différents investissements, il est plus approprié d'utiliser les Taux de Rentabilité Interne (TRI), qui est équivalent au taux d'intérêt rapporté par l'investissement de la recherche.

Ces valeurs sont plus aisément calculées en utilisant un tableau électronique avec des formules pré-programmées. En se basant sur les données calculées dans les encadrés précédents et résumés dans le tableau 5.1, le TRI pour le programme de recherche sur le coton au Sénégal de 1983 à 1993 est de 96% ce qui est largement supérieur à la plupart des investissements alternatifs. Au taux alternatif d'intérêt de 10%, la valeur nette actualisée du programme de recherche était de 6 milliards fcfa, en valeur de 1993 (en termes réels).

Tableau 5.1 Le calcul du taux de rentabilité au Sénégal

Année	gains sociaux (FCFA)	coûts de la recherche et de la vulgarisation (FCFA)	bénéfices nets	Mesures de rentabilité (% FCFA)
1983		92 453 091	(92 487 685)	taux de rentabilité interne
1984		82 715 580	(82 709 251)	(TRI) (pourcentage annuel)
1985	(88 878 302)	136 238 022	(225 059 891)	0.9574 = 96%
1986	317 392 648	122 744 098	194 609 186	
1987	526 592 546	119 980 445	406 660 674	
1988	1 894 632 285	128 856 887	1 765 735 282	
1989	2 460 702 454	151 557 969	2 309 155 877	
1990	1 647 476967	114 579 634	1 532 867 322	Valeur nette actualisée
1991	2 962 477124	163 377 155	2 799 089 630	(VNA) à 10% (fcfa)
1992	3 061 428332	166 862 886	2 894 554 611	6 284 834 949
1993	3 084 212888	170 882 604	2 913 330 284	

Conclusion: le surplus économique en perspective

Ce manuel met l'accent sur l'approche du surplus économique pour évaluer l'impact. Bien que ce soit la méthode la plus versatile et la moins exigeante du point de vue données, d'autres approches existent.

Les approches par indicateurs

Une alternative à la méthode du surplus économique est d'ignorer complètement la valeur économique et d'utiliser simplement les taux d'adoption, les niveaux de rendement, les quantités produites ou tout autre indicateur du succès apparent d'une technologie ou d'un programme de recherche. Cette approche peut s'avérer nécessaire dans le cas où autres données ne sont pas disponibles. Mais en omettant cette information, une approche par "indicateurs" risque de donner de mauvais résultats.

Par exemple, une nouvelle technologie alimentaire peut être adoptée par des producteurs avec pour but de les aider à atteindre l'auto-suffisance alimentaire. En augmentant les rendements, elle peut leur permettre d'atteindre leur but avec moins de terre et de main d'oeuvre. Mais il y a souvent peu de demande pour de la nourriture produite en surplus, ainsi les agriculteurs réallouent ces ressources à d'autres activités. Avec la nouvelle technologie, la production alimentaire resterait plus ou moins constante et la surface cultivée sous cette culture baisserait. Une évaluation de cette technologie basée sur les indicateurs pourrait nous amener à conclure qu'elle a été incapable d'augmenter la production. Cependant, elle aurait généré un large surplus économique en créant des ressources destinées à d'autres activités.

En général, le meilleur indicateur du succès d'une recherche donnée pourrait être le taux d'adoption, mais ceci peut être erroné. Le deuxième exercice informatique en est un bon exemple: les agriculteurs au Cameroun ont tendance à cultiver la variété de sorgho S-35 uniquement sur des petites surfaces, comme culture "d'assurance". Donc les anciennes variétés dominent la surface cultivée, et pourtant la S-35 occupe une place importante et est caractérisé par une valeur économique assez élevée. D'autres technologies pourraient avoir des bénéfices latents, puisqu'une faible augmentation de l'adoption entraîne des gains économiques importants.

Les approches économétriques

Une critique que l'on pourrait émettre à l'égard de l'approche du surplus économique est qu'elle met un accent exclusif sur des projets spécifiques de recherche qui ne sont pas représentatifs d'autres activités de recherche dans le système. On pourrait considérer les projets qu'on évalue comme étant des pertes exceptionnelles ou alors des succès exceptionnels. Pour cette raison, beaucoup de chercheurs préfèrent obtenir des estimations statistiques de l'impact moyen des différentes activités de recherche sur une période de temps. Dans ce cas, la recherche économétrique est nécessaire afin d'établir la relation statistique entre les produits et les différents types d'intrants parmi lesquels on peut inclure la recherche.

Une estimation économétrique de l'impact de la recherche rend compte de l'effet additif (marginal) sur la production de chaque dollar dépensé dans la recherche pendant la période d'étude. Puisqu'il est très difficile de distinguer l'impact de la recherche des autres facteurs tels les prix d'intrants, la pluviométrie, la formation des agriculteurs, ces études sont typiquement entreprises uniquement s'il existe beaucoup de données. En plus, l'impact estimé peut être excessivement sensible à la spécification des formulations mathématiques utilisées pour estimer les paramètres d'impact. Donc, la méthode économétrique est normalement plus appropriée aux études académiques et n'est pas utilisée dans les contextes où les données sont limitées et les besoins de résultats urgents.

Les méthodes de programmation

Une critique importante de toutes les méthodes déjà examinées est qu'elles offrent très peu de directives sur le choix des technologies ou activités de recherche les plus désirables. Dans l'approche de programmation, les chercheurs essaient d'identifier la meilleure ou les meilleures activités ou techniques parmi une série d'alternatives. Ceci se fait en spécifiant un modèle mathématique qui quantifie l'objectif et les contraintes, par exemple, pour maximiser quelque chose tout en prenant en compte d'autres choses. Différents types de modèles sont disponibles: les plus simples sont les modèles de programmation linéaire, mais une variété d'autres types de modèles peuvent également être développés afin de simuler des situations particulières. Des progrès dans la technologie informatique ont rendu l'utilisation de ces modèles bien plus facile aujourd'hui qu'elle n'était dans le passé, mais ces modèles restent plus complexes et généralement plus intensifs du point de vue données que l'approche du surplus économique.

Les modèles de programmation peuvent représenter les choix d'une exploitation, une région ou un secteur de l'économie, ou ils peuvent représenter les choix d'un gouvernement ou organisme de recherche. L'objectif dans le cas d'un organisme de recherche peut être de maximiser son impact en termes de surplus économique provenant de ses activités, compte tenu des contraintes de personnel et d'autres ressources, et les probabilités de succès de certains types de recherche. Un tel modèle serait en fait basé sur les évaluations d'impact ex-ante d'une série de projets, afin de choisir la combinaison de projets la plus apte à maximiser le surplus économique total ou à atteindre les autres objectifs des décideurs.

Les modèles de programmation sont le plus souvent utilisés pour représenter les décisions au niveau de l'exploitation, afin de montrer comment une ou plusieurs nouvelles technologies affectent le fonctionnement de l'exploitation. Un tel modèle spécifierait les objectifs et les contraintes des agriculteurs et serait exécuté avec et sans la disponibilité de la nouvelle technologie. Dans sa forme la plus simple et commune, les modèles de programmation peuvent spécifier l'objectif de maximiser le profit, et les contraintes seraient la disponibilité de la terre, la main-d'oeuvre, le bétail et les autres intrants. Le modèle avec les nouvelles techniques montre comment leur utilisation modifie l'utilisation de chaque facteur, et modifie la production des autres produits.

Les approches économétriques et de programmation pour l'évaluation de l'impact sont essentiels dans certaines situations, mais généralement demandent un effort de recherche très intensif. Chaque cas typique demande un modèle spécial, des données et des analyses spécifiques. L'approche du surplus économique, par contre, offre un cadre d'analyse simple qui peut être adapté à une grande diversité de problèmes, produisant des résultats utiles avec relativement peu de données. A travers l'analyse, des exemples et des exercices informatisés fournis avec ce manuel, les chercheurs peu familiarisés avec l'analyse économique pourraient être équipés pour exécuter des études d'impact économique efficaces. De cette façon, des scientifiques de toute discipline peuvent largement contribuer à rendre plus visible leur travail et ainsi assurer la continuation de leur recherche de grande qualité dans les années futures.

Annexe: instructions pour les exercices informatisés

La section qui suit donne les instructions détaillées pour compléter les trois exercices informatisés.

Les données des trois exemples présentés dans ces intructions apparaissent exactement de la même façon dans les fichiers tableurs "exemple1.wk1", "exemple2.wk1" et "exemple3.wk1". Les cellules de couleur nuancée contiennent déjà les formules correctes.

En traitant les exercices sur votre propre ordinateur, votre objectif devrait être de reproduire les résultats qui se trouvent dans ces cellules de couleur nuancée, en utilisant les formules indiquées dans le texte.

Example 1 - Page 1 de 4

Exemple hypothétique d'une étude d'impact économique ex-post

1. La première étape de l'évaluation d'impact consiste à estimer la quantité totale de produit (Q, en tonnes) et le prix au producteur (P, en FCFA par tonne), pour chaque année depuis l'introduction de la nouvelle technologie hypothétique. Il est aussi nécessaire d'obtenir l'index des prix aux consommateurs pour la conversion de ce prix en termes réels, en divisant le prix nominal par l'index. Notez bien que l'index des prix doit être exprimé sur une base de 1.

Données du marché sur les prix nominaux et réels

Année	Quantité Produite [Q]	Consommateur		
		Prix nominal (cfa/t)	Index (1993=1)	Prix réel (93cfa/t) [P]
1984	29000	33550	0.62	54113
1985	33000	340050	0.63	54048
1986	30000	33250	0.65	51154
1987	38000	37900	0.69	54928
1988	41000	39800	0.71	56056
1989	45000	39900	0.75	53200
1990	47000	41100	0.79	52025
1991	49000	45900	0.85	54000
1992	51000	47900	0.93	51505
1993	50000	49500	1.00	49500

Cet exemple permet d'illustrer les étapes clés nécessaires pour le calcul de l'impact économique de l'introduction d'une nouvelle technologie. Toutes les données pour cette étude sont dans le fichier tableur intitulé «exemple1.wk1». Pour faire l'exercice, le lecteur doit charger le fichier dans le tableur et ensuite utiliser les formules appropriées pour obtenir les résultats indiqués sur l'imprimé d'ordinateur ci-dessous. Toutes les «cellules» contenant des formules (contrairement aux cellules avec les données) sont de couleur sombre nuancée. Pour obtenir ces résultats, vous devrez utiliser les commandes appropriées du tableur. Puisque le fichier peut être lu par plusieurs logiciels, il n'est pas opportun de détailler les commandes exactes à suivre. Nous produisons plutôt cet imprimé d'ordinateur montrant les chiffres corrects, et un fichier corrigé intitulé complet1.wk1".

2. La deuxième étape consiste à chercher les données agronomiques sur les rendements dans les situations avec et sans la nouvelle technologie. Ainsi, les rendements avec la nouvelle technologie (R_n) sont connus seulement pour la période de 1984 à 1986 (années d'essais en milieu réel, avant la diffusion). Pour simplifier, nous présumons que pour la période de 1987 à 1993, l'augmentation moyenne du rendement obtenue dans les essais est maintenue ($dR=0,04$). L'augmentation du rendement est la différence entre le rendement avec la nouvelle technologie (R_n) et le rendement sans la nouvelle technologie (R_t).

Données agronomiques sur les rendements et l'ancienne technologie

Année	Rendement nouvelle technologie (t/ha) [R_n]	Technologies traditionnelles (t/ha) [R_t]	Gain de rendement [dY]
1984	0.32	0.290	0.03
1985	0.34	0.300	0.04
1986	0.30	0.250	0.05
1987			0.04
1988			0.04
1989			0.04
1990			0.04
1991			0.04
1992			0.04
1993			0.04

3. L'étape suivante consiste à calculer le taux d'adoption (t) en divisant la superficie avec la nouvelle technologie par la superficie totale cultivée. Les données sur l'adoption peuvent être obtenues à partir d'enquêtes en milieu paysan et avec les agents de la vulgarisation, ou à partir des estimations de ventes des semences et d'autres intrants. Pour utiliser le taux d'adoption dans le calcul de l'augmentation proportionnelle de la production par année (j) on divise la production totale par l'augmentation moyenne nationale (R_m) qui rappelons-le est obtenue en divisant la production totale (Q) par la superficie totale cultivée (S). A partir de ces paramètres, l'augmentation proportionnelle de la production peut être calculée en utilisant la formule qui suit: $j=dR*t/Rm$.

Données agronomiques sur l'adoption et les gains de production

	Surface cultivée totale en	Avec la nouvelle production technol.	Taux d'adoption (prop. de la superf.)	Moyenne nationale rendement (t/ha)	Gain propor. t de la produc.
	(ha)	(ha)	[t]	[Rm]	[j=dR*t/Rm]
1984	100 000	0	0.00	0.290	0.000
1985	110 000	0	0.00	0.300	0.000
1986	120 000	0	0.00	0.250	0.000
1987	140 000	5600	0.04	0.271	0.006
1988	150 000	12000	0.08	0.273	0.012
1989	140 000	16 800	0.12	0.321	0.015
1990	150 000	24 000	0.16	0.313	0.020
1991	170 000	34 000	0.20	0.288	0.028
1992	190 000	47 500	0.25	0.268	0.037
1993	190 000	47 500	0.25	0.263	0.038

Exemple 1 - Page 3 de 4

4. Il faut ensuite calculer les coûts d'adoption, en commençant par les coûts à l'hectare. Pour la conversion des coûts à l'hectare en coûts par tonne, on les divise par le rendement moyen (Rm). Les coûts d'adoption permettent de calculer l'augmentation proportionnelle des coûts [$c = (dC * T) / (Rm * P)$].

	Coûts d'adoption		Augmentation Proportionnelle des coûts $[c = (dC * T) / (Ym * P)]$
	Nominal (CFA/ha)	Réel (93CFA/ha)	
	[dC]		
1984	740	1194	0.000
1985	750	1190	0.000
1986	800	1231	0.000
1987	820	1188	0.003
1988	850	1197	0.006
1989	900	1200	0.008
1990	950	1203	0.012
1991	1020	1200	0.015
1992	1100	1183	0.021
1993	1200	1200	0.023

5. L'étape suivante consiste à calculer le paramètre K représentant le changement net de l'offre. Pour cela, il faut d'abord estimer l'élasticité de l'offre (E). Dans notre cas, prenons 0,8 une valeur typique pour les cultures des produits alimentaires avec potentialité d'extension des superficies. Le paramètre K est calculé en divisant j par E et en soustrayant c du résultat. Le calcul du gain social nécessite aussi la connaissance de l'élasticité de la demande (e). Nous utilisons ici la valeur 0,4 qui est typique pour un produit alimentaire qui a peu de substituts et qui n'est pas commercialisé sur le plan international. L'augmentation de la production (dQ) s'obtient par la formule $dQ = (Q * e * E * K) / (E + e)$, et le gain social qui est calculé suivant la formule $SG = (K * p * Q^*) - (5 * k * dQ)$.

Les paramètres économiques et les gains sociaux de la recherche

Année	Elasticités		Paramètre «K» $(j/E)-c]$	Gains de	Gains	
	Offre [E]	Demande [e]		[dQ=	[SG=	
				QeEk/ (E+e)]	kPQ- 5kPdQ] (millions CFA)	
1984	0.8	0.4	0.000	0	0.00	
1985	0.8	0.4	0.000	0	0.00	
1986	0.8	0.4	0.000	0	0.00	
1987	0.8	0.4	0.004	42	8.72	
1988	0.8	0.4	0.008	92	19.25	
1989	0.8	0.4	0.010	123	24.49	
1990	0.8	0.4	0.014	172	33.51	
1991	0.8	0.4	0.019	252	50.87	
1992	0.8	0.4	0.025	342	65.92	
1993	0.8	0.4	0.024	326	60.36	

Exemple 1 - Page 4 de 4

6. Enfin, pour le calcul du bénéfice social annuel, il faut chercher la valeur réelle des coûts de recherche et de vulgarisation en les ajustant pour l'inflation. Pour cela, on divise la valeur nominale des dépenses par l'index des prix. La valeur réelle du bénéfice social net est calculé en soustrayant les coûts du programme du gain social brut obtenu à l'étape précédente. Le taux de rentabilité interne s'obtient à partir des chiffres du gain social net de 1984 à 1993, en utilisant une formule, par exemple @IRR dans la version anglaise de Lotus. La valeur nette actualisée est calculée en utilisant la formule @NPV de la version anglaise du Lotus.

Coûts de la recherche et de la vulgarisation et gain social net

	Recherche (millions de FCFA)	Vulgarisat. (millions de FCFA)	Total	Coûts Réels (1993CFA)	Gains sociaux nets (1993CFA)
1984	5.0		5.0	8.06	-8.06
1985	5.0		5.0	7.94	-7.94
1986	6.0	9.0	15.0	23.08	-23.08
1987	6.0	11.0	17.0	24.64	-15.92
1988	0.0	15.0	15.0	21.13	-1.88
1989	0.0	15.0	15.0	20.00	4.49
1990	0.0	16.0	16.0	20.25	13.26
1991	0.0	17.0	17.0	20.00	30.87
1992	0.0	20.0	20.0	21.51	44.42
1993	0.0	20.0	20.0	20.00	40.36

Taux de rentabilité interne: 16%

Valeur actuelle net (VAN) à 10%: 14,87%

Dans cet exemple hypothétique, la recherche a généré un taux de rentabilité de 16% et un bénéfice net d'environ 15 million de FCFA en terme des prix de 1993 considérés comme année de base.

Exemple 2 - Page 1 de 3

Exemple du Sorgho au Cameroun

Ce deuxième exemple tiré d'une étude de cas réelle, permet de calculer l'impact de l'introduction d'une nouvelle variété de maïs (S35) au Cameroun. Cet exemple présente deux variantes sur l'exemple hypothétique décrit dans le fichier exemple1 de cet annexe:

- (1) les prix domestiques ne sont observés que pour la période 1984-89; ils sont estimés pour la période 1990-1992 sur la base du coût d'opportunité (d'importation du maïs).
- (2) les résultats des essais en milieu réel ne sont disponibles que pour 1984-1989. On présume que l'augmentation proportionnelle reste constante à son niveau de 1984 (85%) pour toutes les années sèches (par exemple, 1991), et à la moyenne des niveaux de 1985-1987 (7%) pour toutes les autres années.

Les calculs et les transformations aboutissant aux calculs du gain social net et du taux de rentabilité interne sont décrits dans les étapes suivantes:

1. Les prix domestiques pour le sorgho sont observés pour 1984-89, et sont estimés pour 1990-1992 sur la base du coût d'opportunité. On utilise la formule suivante: prix du maïs à l'exportation des USA (Pfob) x 0,9 + US\$40/t fret + 20% comme coûts de commercialisation. Pour obtenir le prix CIF équivalent du sorgho, en dollar US par tonne, le coût d'opportunité est obtenu en multipliant le P_{cif} équivalent sorgho par le taux de change (pour le rapporter en CFA), et en divisant le tout par 1000 pour convertir le prix en FCFA par kg.

Données du marché sur la production et sur les prix

	Superficies (000 ha)	Prod. (000 t)	Rendem. moyens (kg/ha)	Prix Domestique (CFA/kg)	Coûts d' opportun. (CFA/kg)	Prix FOB du maïs (US\$/t)	Prix CIF équiv. du sorgho (US\$/t)	Taux change (CFA/US\$)
1984	374.5	203.2	543	113.9	116.3	202	222	437
1985	447.7	338.5	756	78.5	101.6	165	189	449
1986	511.9	541.5	1058	38.9	57.7	110	139	346
1987	346.8	236.3	681	64.0	42.4	86	117	301
1988	517.8	418.2	808	47.2	50.7	113	142	298
1989	515.9	343.2	665	43.0	56.3	119	147	319
1990	500.0	350.0	700	49.7	49.7	109	138	300
1991	500.0	230.0	460	41.8	41.8	99	129	270
1992	500.0	350.0	700	42.1	42.1	100	130	270

Exemple 2 - Page 2 de 3

2. L'étape suivante consiste à incorporer les données agronomiques. Pour le présent cas, la nouvelle technologie est constituée d'un simple changement de variété avec des coûts additionnels négligeables par rapport à la culture d'autres variétés. Pour cela, les coût d'adoption sont ignorés. Seules les données sur les rendements et l'adoption sont utilisées. Les rendements réels observés ne sont disponibles que pour la périodes 1984-1987. Au delà de cette période, nous devons formuler des hypothèses sur la performance de la variété S35 par rapport aux variétés déjà existantes. Pour simplifier, nous considérons que l'augmentation proportionnelle de rendement est constante à son niveau de 1984 (85%) pour la saison sèche (pour 1991 par exemple), et il est égal à la moyenne des niveaux de 1984-1987 (7%) pour toutes les autres années. L'augmentation proportionnelle s'obtient en calculant la différence entre les rendements de la S35 et de la variété traditionnelle et en divisant ce résultat par le rendement de la variété traditionnelle. Le rendement moyen (R_m) ne peut être utilisé ici puisque les résultats des essais hors-station ont donné des moyennes qui lui sont supérieures, indiquant ainsi que les essais ont été conduits dans des zones privilégiées.

3. Les données sur l'adoption sont dérivées des estimations des agents de la vulgarisation. Le taux d'adoption proportionnelle (t) se calcule en divisant la superficie en S35 par la superficie totale cultivée. L'augmentation proportionnelle de la production (j) se calcule suivant la formule $j = t * dR/R_m$.

Données agronomiques sur les rendements et les taux d'adoption

	Rendements observés				Augmentation	
	-essais en milieu paysan		Gain		Proportion.	
	S35 (kg/ha)	Trad. (kg/ha)	Proport. (dR/Rm)	Conditions Pluviomet.	Adoption de-S35- (000 ha)	de la production [j=t*dR/Rm]
1984	1333	719	0.85	Dry		0
1985	1689	1539	0.10	Norm.		0
1986	1866	1721	0.08	Good	0.65	0.001
1987	1888	1825	0.03	Norm.	5	0.014
1988			0.07	Norm.	12	0.023
1989			0.07	Norm.	18	0.035
1990			0.07	Norm.	26	0.052
1991			0.85	Dry	28	0.056
1992			0.07	Norm.	30	0.060

Exemple 2 - Page 3 de 3

4. Il est nécessaire d'avoir les paramètres économiques (élasticités de l'offre et de la demande) pour calculer les gains sociaux. Ici nous utilisons des estimations typiques pour une culture vivrière majeure avec des potentialités d'augmentation des superficies cultivées (élasticité de l'offre= 0,8), et confronté à une possible réduction de la demande (élasticité de la demande = 0,3). Nous considérons que ce produit n'entre pas dans le circuit commercial international. Le paramètre K est calculé en divisant j par E et en soustrayant c du résultat ($K=j/E - c$). L'augmentation de la production (dQ) s'obtient par la formule qui suit: $dQ = (Q * e * E * K) / (E + e)$. Les gains sociaux bruts sont calculés en appliquant la formule suivante: $GS = (K * P * Q) - (0,5 * P * dQ)$.

Elasticité			Calcul des gains sociaux		
Offre	Demande		Paramètre «k»	Augmentation quantité ('000 mt)	gains sociaux (CFA millions)
1986	0.8	0.4	0.0001	0.01	3.1
1987	0.8	0.4	0.0006	0.06	16.5
1988	0.8	0.4	0.0021	0.30	44.0
1989	0.8	0.4	0.0031	0.20	47.6
1990	0.8	0.4	0.0047	0.52	92.5
1991	0.8	0.4	0.0598	5.47	889.2
1992	0.8	0.4	0.0054	0.50	94.1

5. Enfin, il est nécessaire de déduire les coûts des programmes de recherche et de vulgarisation calculés sur la base de données tirées d'un document par J.A. Sterns et R.H. Bernsten¹. Le gain social net est obtenu en soustrayant les coûts du programme des gains sociaux bruts obtenus à l'étape 4. Avec ces données, le taux de rentabilité interne (TRI) peut être calculé en utilisant la formule @IRR de la version anglaise de Lotus ou une commande similaire d'une autre logiciel tableur.

¹ «Evaluation de l'impact du programme de recherche et de vulgarisation sur le nimbé et le sorgho: Cas du Nord-Cameroun.»(Département D'Agro-Economie, Université d'Etat du Michigan, 1992)

Coûts totaux (US\$)	Coûts du programme		Gains sociaux		
	Taux de change (CFA/US\$)	Coûts totaux ...(CFA millions)...	Bruts	Nets	Taux de rentabilité interne (TRI):
1979	50423	213	10.7	-11	2.3%
1980	48005	211	10.1	-10	
1981	262977	272	71.5	-72	
1982	447181	329	147.1	-147	
1983	397776	381	151.6	-152	
1984	462880	437	202.3	-202	
1985	529689	449	237.8	-238	
1986	532495	346	184.2	3.1	-181
1987				16.5	17
1988				44.0	44
1989				47.6	48
1990				92.5	93
1991				889.2	889
1992				94.1	94

Il ressort de l'analyse que le TRI est nettement faible. Ceci est dû à la relative longue période de recherche: 8 ans de recherche avant le premier gain substantiel (en 1991). Cependant, il est important de noter que nous n'avons pris en compte que les gains réels obtenus par les producteurs. La valeur «d'assurance» tirée de l'utilisation de la S35 n'a pas été prise en compte dans cette étude.

Exemple 3 - Page 1 de 5

Exemple du coton au Sénégal

L'exemple de l'impact de la recherche sur le coton au Sénégal développé dans le texte est repris dans cet annexe. Cet exemple permet de calculer l'impact économique de l'introduction de plusieurs variétés nouvelles de coton au Sénégal. Ceci complique les calculs du taux d'adoption et de l'augmentation du rendement (dR) puisque l'augmentation du rendement cumulatif pour toutes les variétés doit être considérée.

Les données de base pour l'étude sont incluses dans le fichier tableur intitulé «exemple3.wk1». Les formules pour calculer les différents paramètre j , c , k , delta Q, le gain social, et le taux de rentabilité interne apparaissent dans le fichier intitulé «complet3.wk1». Les calculs et les transformations sur les données sont décrits dans les étapes suivantes:

Données du marché sur les quantités et les prix

Années	Production Superficies (ha)	Rendements moyens (kg/ha)	Prix nominal de la fibre (CFA/kg)	Index aux Consommateurs (1993=1)
	[St]	[Q]	Rm]	
1971	13,618	11,832	869	
1976	39.206	30.685	783	0,426
1977	43.845	45.208	1.031	0,475
1978	47.109	37.166	789	0,491
1979	48.299	33.806	700	0,538
1980	30.908	26.868	869	0,585
1981	29.913	20.607	689	0,620
1982	31.977	41.007	1.282	0,728
1983	42.018	47.081	1.120	0,812
1984	33.353	30.461	913	0,908
1985	46.337	4 6.913	1.012	1,027
1986	38.848	27.942	719	1,089
1987	25.482	2 6.871	1.055	1,044
1988	28.878	38.816	1.344	1,025
1989	38.558	38.703	1.004	1,030
1990	24.183	29.303	1.212	1,033
1991	43.341	4 4.723	1.032	1,015
1992	44.164	5 0.577	1.145	1,015
1993	44.772	47.536	1.072	1,000

Example 3 - Page 2 de 5

1. Les données sur les superficies sous les nouvelles technologies permettent de calculer le taux d'adoption à partir de 1985, date de démarrage de la diffusion. Etant donné que plusieurs variétés furent introduites de 1985 à 1993, le taux d'adoption (t) s'obtiendra en divisant la superficie pour chacune des variétés par la superficie totale plantée en variétés nouvelles.

Données agronomiques sur le coton

Années	BJA	Irma	Irma	Stam	Stam	Total	
		1.299	9697	1243	F	42	
1980	30532	376				30908	
1981	29781	118				29899	
1982	29376	2400				31776	
1983	16246	25772				42018	
1984	10300	23058				33357	
1985		46337	13			46350	
1986		38594	255			38849	
1987		20121	5362			25483	
1988		44	28834			28878	
1989			36735	1855		38590	
1990			8766	15417		24183	
1991				35526		35526	
1992				44075	89	44164	
1993				43661	1106	5	44772
1994				28450	14189	106	42745

Taux d'adoption des nouvelles technologies (t) exprimés en proportion

Années	BJA	Irma	Irma	Stam	Stam	Total	
		1.299	9697	1243	F	42	
1980	0,99	0,01				1,00	
1981	1,00	0,00				1,00	
1982	0,92	0,08				1,00	
1983	0,39	0,61				1,00	
1984	0,31	0,69				1,00	
1985		1,00	0,00			1,00	
1986		0,99	0,01			1,00	
1987		0,79	0,21			1,00	
1988		0,00	1,00			1,00	
1989			0,95	0,05		1,00	
1990			0,36	0,64		1,00	
1991				1,00		1,00	
1992				1,00	0,00	1,00	
1993				098	0,02	0,00	1,00
1994				067	0,33	0,00	

Exemple 3 - Page 3 de 5

2. L'augmentation du rendement cumulatif (dR) se calcule sur la base de données expérimentales comparant les rendements d'une nouvelle variété à ceux de la variété précédente. L'augmentation du rendement est cumulatif dans le sens qu'elle est additive avec chaque nouvelle introduction d'une variété, par rapport à la BJA.

Données agronomiques (suite)

year	Gains cumulatifs des rendements (kg/ha) [dY]				
	L299	Irma 9697	Irma 1243	Stam F	Stam 42
1980	78				
1981	78				
1982	78				
1983	78				
1984	78				
1985	78				
1986	78	272			
1987	78	272			
1988	78	272			
1989		272			
1990		272	270		
1991			270		
1992			270	332	
1993			270	332	356
1994			270	332	356

3. L'augmentation proportionnelle de la production (j) s'obtient en appliquant la formule suivante: $j=dR*t/Rm$, Rm étant le rendement moyen.
Augmentation proportionnelle de la production [j]

	L299	Irma 9697	Irma 1243	Stam F	Stam 42	Total
1980	0,001					0,0011
1981	0,000					0,0004
1982	0,005					0,0046
1983	0,043					0,0427
1984	0,059					0,0591
1985	0,077					0,0771
1986	0,108	0,002				0,1103
1987	0,058	0,054				0,1126
1988	0,000	0,202				0,2022
1989		0,258				0,2579
1990		0,081	0,142			0,2234
1991			0,262			0,2616
1992			0,235	0,001		0,2359
1993			0,246	0,008	0,00	0,2533

Exemple 3 - Page 4 de 5

4. Au début de l'adoption des nouvelles variétés en 1985, les coûts de production avec les techniques assistantes étaient d'environ 30,000 Fcfa/ha, tandis qu'ils approchaient 50,000 F cfa/ha avec les nouvelles techniques pour un niveau de coût d'adoption (dC) d'environ 20,000 F cfa/ha. Ces coûts d'adoption sont ensuite tombés de façon graduelle au fur et à mesure que les paquets agronomiques améliorés devenaient disponibles. Il faut noter que comme auparavant, les coûts d'adoption sont exprimés en valeur réelle en divisant les prix (en termes nominaux) observés par l'index des prix.

Données agronomiques (suite)

Année	Coûts d'adoption (dc), en termes réels					
	coûts de Prod. (FCFA/ha)	coûts d'adopt. (FCFA/ha)	d'adopt. Réel (FCFA/ha)	prix termes Nominaux (FCFA/kg)	Index des prix ('93=1)	Prix (réels) [P]
1985	50000	20000	19474	69,4	1,027	67,58 ..
1986	47257	17257	15847	99,6	1,089	91,46
1987	47257	17257	16530	99,8	1,044	95,59
1988	47257	17257	16836	99,7	1,025	97,27
1989	42412	12412	12050	99,7	1,030	96,80
1990	42412	12412	12015	99,8	1,033	96,61
1991	41936	11936	11760	99,9	1,015	98,42
1992	41936	11936	11760	100,0	1,015	98,52
1993	41936	11936	11936	99,2	1,000	99,20

5. Les coûts d'adoption à l'hectare nous permettent de calculer l'augmentation proportionnelle des coûts suivant la formule: $c=(dC*T)/(Rm*P)$.

Augmentation proportionnelle des coûts [$c=(dC*T)/(P*Rm)$]]

Année	L 299	Irma 9697	Irma 1243	Stam F	Stam 42	Total
1985	0,28	0,00				0,28
1986	0,24	0,00				0,24
1987	0,13	0,03				0,16
1988	0,00	0,13				0,13
1989		0,12	0,01			0,12
1990		0,04	0,07			0,10
1991			0,12			0,12
1992			0,10	0,00		0,10
1993				0,11	0,00	0,00 0,11

Exemple 3 - Page 5 de 5

6. Il est maintenant nécessaire d'inclure les élasticités de l'offre et de la demande pour le reste de l'analyse. Nous supposons que l'élasticité est très faible ($E=0,3$) ceci pour refléter le faible potentiel d'une augmentation de superficie ou de l'utilisation d'intrants. L'élasticité de la demande est considérée très élevée ($e=10$) pour refléter le fait que le prix du coton est déterminé sur l'ensemble du marché international. Le paramètre K s'obtient en divisant j par E et en soustrayant c du résultat. L'augmentation de la quantité produite (dQ) s'obtient suivant la formule suivante: $dQ = (Q * e * E * K) / (E + e)$, et les gains sociaux sont calculés en appliquant la formule: $GS = (K * P * Q) - (.5 * K * P * dQ)$.

Données économiques $E = 0.3$ (L'élasticité de l'offre)
 $e = 10.0$ (L'élasticité de la demande)

Déplacement de l'offre et les gains sociaux de la recherche

Année	Paramètre «k»	dQ (t)	Gain social (FCFA millions)
1985	-0,028	-381530	-89
1986	0,127	1029738	317
1987	0,212	1655453	527
1988	0,545	6162512	1895
1989	0,736	8292749	2461
1990	0,642	5478981	1647
1991	0,756	9851891	2962
1992	0,682	10048796	3061
1993	0,732	10136290	3084

7. Ensuite, il est nécessaire de déduire les coûts des programmes de recherche et de vulgarisation, ajustés pour l'inflation en divisant les coûts, en termes nominaux, par l'index des prix. Le gain social net, en termes réels, s'obtient en soustrayant les coûts des programmes des gains sociaux bruts obtenus à l'étape 6. Enfin, le taux de rentabilité interne (TRI) est calculé à partir des données du gain social de 1984 à 1993, en utilisant la formule @IRR des logiciels Lotus ou quattro.

Bénéfices sociaux nets et rentabilité de la rentabilité de la recherche

Année	Coûts de la recherche (Millions of Fcfa)	Coûts de la Vulgarisation (Millions of Fcfa)	Coûts totaux	Coûts totaux réels (Fcfa'93)	Bénéfices sociaux nets (Fcfa'93)	Taux de rentabilité interne (TRI)
1983	25,1	50,0	75	92	-92	95,7%
1984	25,1	50,0	75	83	-83	
1985	25,1	114,8	140	136	-225	
1986	37,5	96,2	134	123	195	
1987	62,1	63,1	125	120	407	
1988	60,6	71,5	132	129	1766	
1989	60,6	95,5	156	152	2309	
1990	58,5	59,9	118	115	1533	
1991	58,5	107,3	166	163	2799	
1992	60,0	109,4	169	167	2895	
1993	60,0	110,9	171	171	2913	

Le TRI est très élevé, atteignant environ 100%, surtout à cause de la réussite rapide et à grande échelle du programme cotonnier.

