

► DIRECTION DES ETUDES ECONOMIQUES ET DE L'EVALUATION ENVIRONNEMENTALE

► DOCUMENT DE TRAVAIL

# MECANISMES ECONOMIQUES A L'ŒUVRE SUR LA BIODIVERSITE DANS LES SECTEURS DE L'AGRICULTURE, LA FORET, L'EAU, LA PECHE, LE TOURISME ET LES TRANSPORTS

**Christine CROS**

**Série Synthèses**

**N° 04 – S07**



Site internet : <http://www.ecologie.gouv.fr>

20 avenue de Ségur - 75302 Paris 07 SP

## ► RESUME

<p>MECANISMES ECONOMIQUES A L'ŒUVRE SUR LA BIODIVERSITE DANS LES SECTEURS DE L'AGRICULTURE, LA FORET, L'EAU, LA PECHE, LE TOURISME ET LES TRANSPORTS Christine CROS</p>
---

La plupart des activités économiques a un impact sur la biodiversité que ce soit de manière directe par occupation de l'espace et destruction d'espèces ou indirecte par retombées de pollutions. La biodiversité étant une thématique récente dans la sphère des politiques publiques, elle a peu ou pas été prise en compte lors de leur élaboration. Or les politiques sectorielles étant historiquement construites dans la poursuite d'objectifs totalement distincts de la biodiversité (indépendance alimentaire, désenclavement des régions, soutien des revenus,...), elles ont mis en place des mécanismes économiques qui aggravent les atteintes à la biodiversité par rapport à une situation déjà inefficace de marché à équilibre privé. Tout en développant les connaissances qui nous permettront d'évaluer les atteintes à la biodiversité et les dommages sociaux qui en découlent, il est utile d'identifier les effets pervers des politiques actuellement mises en vigueur qui donnent aux acteurs des incitations qui aggravent les atteintes à la biodiversité par rapport à l'équilibre privé.

Au-delà d'actions positives qui seront menées dans chacun des secteurs pour promouvoir la préservation de la biodiversité et qui sont présentées dans les plans d'action sectoriels, il s'agit d'identifier les mécanismes économiques défavorables à la biodiversité afin de chercher à les réduire en atteignant les objectifs poursuivis par les politiques sectorielles par d'autres moyens.

De manière générale plusieurs les politiques sectorielles doivent prendre en compte le fait que :

1. La subvention d'activités économiques qui gèrent des écosystèmes ou des ressources naturelles par subvention directe, aides à l'investissement ou dégrèvements fiscaux donnent une incitation à accroître l'activité et donc la pression sur le milieu et dégradent la biodiversité. Une régulation par le biais de taxes doit être préférée chaque fois que cela est possible. Une politique de soutien à une catégorie socio-professionnelle n'a pas d'impact sur la biodiversité si elle prend la forme du versement d'un revenu alors qu'elle est défavorable à la biodiversité si elle soutient l'activité.
2. Les politiques publiques ont un impact sur les coûts des activités. Le renchérissement (resp. la réduction des coûts) d'une activité va lui faire perdre des parts de marché (resp. lui en faire gagner) par rapport à d'autres activités. Il est important de veiller à ne pas introduire d'avantage comparatif en faveur des alternatives ayant l'impact le plus fort sur la biodiversité (rail ou route, prairies ou cultures, etc...).
3. La construction d'infrastructures porte des atteintes directes à la biodiversité et incite à une multiplication du transport. La politique du transport devrait s'appuyer sur une analyse de l'évolution de la demande plus que sur une politique de l'offre.
4. Le renchérissement de la terre a un impact différencié sur la biodiversité : il freine le développement d'infrastructures, ce qui lui est favorable, mais il incite à l'augmentation de l'intensification sur les écosystèmes gérées par l'homme (agriculture, sylviculture), ce qui est défavorable à la biodiversité.

5. Le fractionnement du territoire a globalement un impact négatif sur la biodiversité. L'exception vient du secteur de l'agriculture pour qui ce sont les monocultures très étendues qui vont limiter le développement d'écosystèmes divers.

*Ce document n'engage que ses auteurs et non les institutions auxquelles ils appartiennent.  
L'objet de cette diffusion est de stimuler le débat et d'appeler des commentaires et des critiques.*

# SOMMAIRE

<b>Introduction .....</b>	<b>6</b>
<b>1. Concurrence sur le territoire : aménagement (Montagné C., Stenger-Letheux A., 2004).....</b>	<b>7</b>
1.1. Les transports .....	7
1.1.1. Dommages à la biodiversité liés au transport.....	7
1.1.2. Politiques publiques liées au transport.....	8
1.2. Le tourisme.....	10
1.2.1. Dommages à la biodiversité liés au tourisme .....	10
1.2.2. Les politiques publiques liées au tourisme.....	12
<b>2. La gestion des écosystèmes : l’agriculture, la sylviculture (Laval E, Le Goffe P., 2004 ; Stenger-Letheux A., 2004).....</b>	<b>13</b>
2.1. Dommages à la biodiversité liés à la gestion des écosystèmes .....	13
2.1.1. Intensification.....	13
2.1.2. Coupes et éclaircies.....	14
2.1.3. Amélioration génétique et sélection d’espèces .....	15
2.1.4. Changement d’affectation des terres / Fragmentation.....	15
2.2. Les politiques publiques de gestion des écosystèmes .....	15
2.2.1. Soutien des prix.....	15
2.2.2. Renchérissement de la terre.....	16
2.2.3. Différenciation du soutien (Mahe, Guyomard, 1995).....	17
2.2.4. Aides à l’investissement.....	18
2.2.5. Allègements fiscaux .....	18
<b>3. L .....</b>	<b>19</b>
3.1. La pêche .....	19
3.1.1. Economie de la pêche.....	19
3.1.2. Les politiques publiques de la pêche.....	21
3.2. L’eau (Martin E., 2004).....	22
3.2.1. Les dommages à la biodiversité dans le domaine de l’eau .....	22
3.2.2. Les politiques locales de service public de l’eau .....	22
<b>Bibliographie.....</b>	<b>24</b>
<b>Annexe 1 : Détermination de l’optimum dans le modèle de MAHE, RAINELLI, 1987 .....</b>	<b>26</b>
<b>Annexe 2 : Lien entre prix garanti, prime à l’hectare et prix de la terre....</b>	<b>28</b>
<b>Annexe 3 : Quasi-fixité de la terre, soutien des prix et intensification .....</b>	<b>29</b>

<b>Annexe 4 : Externalité et allocation des surfaces .....</b>	<b>30</b>
<b>Annexe 5 : Age de la coupe .....</b>	<b>31</b>
<b>Annexe 6 : Courbe de Schaefer .....</b>	<b>32</b>

## Introduction

La biodiversité est une ressource environnementale victime d'externalités de marché : l'absence de sa valorisation économique conduit les acteurs privés à adopter des comportements sous-optimaux d'un point de vue collectif qui conduisent à une dégradation de la biodiversité trop importante. La théorie économique nous dit que l'optimum social des externalités environnementales se situe à l'intersection entre les courbes de dommage marginal et de bénéfice marginal issus des atteintes à la biodiversité. Nous sommes actuellement dans une asymétrie d'information importante : les bénéfices individuels découlant d'actions portant atteinte à la biodiversité sont assez bien connus, alors que les dommages sociaux sont mal connus. Cette mauvaise connaissance des dommages entraîne une sur-représentation des activités qui génèrent des bénéfices économiques connus dans les arbitrages sociaux.

Pour identifier l'optimum social en ce qui concerne la gestion de la biodiversité, il est nécessaire d'améliorer la connaissance économique de la biodiversité. La notion même de biodiversité est difficile à saisir. Ce terme recouvre en effet la diversité génétique (intra-espèces), la diversité spécifique (inter-espèces), la diversité écosystémique, et la diversité de paysage. Ce caractère multiple de la biodiversité en rend les exercices de quantification directe difficiles, car il n'y a pas d'unité physique permettant une équivalence directe entre la diversité génétique et la diversité écosystémique, par exemple.

La difficulté de l'évaluation des dommages de la biodiversité est de savoir les identifier : en effet, comme tout système vivant, la biodiversité est un système qui, confronté à une perturbation va se réorganiser détruisant le système initial, mais en générant un nouveau : dans quelle mesure peut-on parler de dommage lorsqu'un système est modifié ? Le maintien de la biodiversité dans un état particulier priverait la société d'un service important de la biodiversité, qui est précisément son rôle d'absorption et d'adaptation à des perturbations externes. L'homme peut engendrer des dommages à certains services de la biodiversité (sélection naturelle, évolution génétique ou spécifique), s'il cherche à geler ce qui n'est que le résultat d'une évolution précédente. D'un autre côté, la destruction de biodiversité est entachée d'irréversibilité, et peut être soumise à des effets de seuils à partir desquels elle ne serait plus en mesure de rendre les services dont la société profite.

Pour un économiste, le dommage à la biodiversité est évalué par une perte de biens ou de services. L'intégration dans une évaluation économique devrait nous permettre d'obtenir une unité commune pour les différents services rendus par les différentes dimensions de la biodiversité. Il s'agit donc d'identifier plus précisément tous les services rendus par la biodiversité (Pearce, 1990) :

- valeur d'utilisation directe : approvisionnement en ressources de base (nourriture, médicaments) ;
- valeur d'utilisation indirecte : protection des bassins versants, recyclage des déchets, réserve de connaissances, équilibre des cycles naturels ;
- valeur d'option : préservation de valeurs futures d'utilisation directe et indirecte, c'est une assurance ;
- valeur de quasi-option : préservation en vue d'utilisations futures inconnues ;
- valeur d'existence.

Lorsque les dommages sont identifiés, il est difficile de les valoriser économiquement : les valeurs d'utilisation directe sont généralement prises en compte par le marché ; la valeur d'utilisation indirecte

va quelquefois pouvoir être approchée par des méthodes d'évaluation de prix hédonistes, mais pas toujours, notamment pas quand les services indirects rendus par la biodiversité ne sont pas clairement identifiés. Les méthodes d'évaluation contingente permettent de donner une valeur esthétique et récréative de certains sites, paysages ou à la valeur d'existence. Il reste cependant très difficile de donner une évaluation chiffrée pour la valeur d'option ou de quasi-option.

*Le progrès pour internaliser les effets externes liés à la biodiversité passe donc par un progrès de :*

- *l'identification de ce qu'est un dommage physique à la biodiversité et sa quantification, notamment par l'identification des effets de seuils concernant les services rendus par les systèmes vivants ;*
- *la valorisation économique des biens et services rendus par la biodiversité.*

La plupart des activités économiques a un impact sur la biodiversité que ce soit de manière directe par occupation de l'espace et destruction d'espèces ou indirecte par retombées de pollutions. La biodiversité étant une thématique récente dans la sphère des politiques publiques, elle a peu ou pas été prise en compte lors de leur élaboration. Or les politiques sectorielles étant historiquement construites dans la poursuite d'objectifs totalement distincts de la biodiversité (indépendance alimentaire, désenclavement des régions, soutien des revenus,...), elles ont mis en place des mécanismes économiques qui aggravent les atteintes à la biodiversité par rapport à une situation déjà inefficace de marché à équilibre privé. Même en l'absence de connaissances précises qui nous permettent d'évaluer les atteintes à la biodiversité et les dommages sociaux qui en découlent, il est utile d'identifier les effets pervers des politiques actuellement mises en vigueur qui donnent aux acteurs des incitations qui aggravent les atteintes à la biodiversité par rapport à l'équilibre privé. Il ne s'agit pas de dire que toutes les politiques actuelles doivent être abandonnées au nom de la biodiversité, il s'agit d'identifier les mécanismes économiques défavorables à la biodiversité afin de chercher à les réduire en atteignant les objectifs poursuivis par d'autres moyens.

## **1. Concurrence sur le territoire : aménagement (Montagné C., Stenger-Letheux A., 2004)**

Les écosystèmes peuvent subir des dommages de manière directe, par destruction pour implanter une activité. C'est le cas de toutes les infrastructures, mais globalement de tous les supports des activités humaines : habitation, installation industrielle, route,... Ils peuvent également subir des dommages de manière indirecte suite à la pollution : la pollution de l'air qui provoque des pluies acides, la pollution des sols qui par infiltration perturbe les écosystèmes terrestres et aquatiques.

### **1.1. Les transports**

#### **1.1.1. Dommages à la biodiversité liés au transport**

- Destruction et perturbation de l'habitat

La plupart des infrastructures de transport a pour effet de réduire la superficie des habitats naturels. Les principales destructions surviennent dans les zones occupées en permanence par les infrastructures, ainsi que dans les zones exploitées pour prélever les matériaux de construction et d'entretien. L'habitat naturel se trouve perturbé durant la période de construction et au cours de

l'exploitation : nuisances sonores, modification des conditions climatiques des habitats (lumière, température, humidité, vent...) par l'enlèvement de végétation (Buchmann et Nabhan, 1996). Enfin, l'invasion d'espèces exotiques est généralement associée aux couloirs de transport.

- Effet de barrière / Fragmentation de l'habitat

Les voies de communication routières, ferroviaire et dans une certaine mesure aquatiques provoquent toutes un phénomène de barrière, réduisant la liberté de mouvement de nombreuses espèces (crapauds, hérissons, blaireaux, renards...) et interrompant ainsi les échanges génétiques. En règle générale, les grands blocs d'un seul tenant contiennent une plus grande superficie d'habitats pas (ou peu) perturbés et abritent plus d'espèces que les zones d'habitats fragmentés de taille équivalente. D'autre part, les habitats fragmentés sont proportionnellement plus exposés et plus sensibles aux perturbations, à la pollution et à l'invasion d'espèces exotiques.

- Mortalité

De nombreux mammifères sont chassés à proximité des chantiers de construction ou des infrastructures d'entretien. Ils sont aussi chassés et piégés partout où des voies de communication offrent un accès plus rapide aux habitats des animaux sauvages. Des collisions avec des véhicules peuvent se produire n'importe où, mais les plus fréquentes surviennent aux croisements entre les voies de migration et les routes. C'est aussi vrai des reptiles, amphibiens, oiseaux et invertébrés.

- Pollution

De manière générale, les véhicules émettent une variété de polluants (métaux lourds, dioxyde de carbone, monoxyde de carbone...) qui peuvent avoir d'importants effets cumulatifs sur l'environnement et la biodiversité : animaux (empoisonnements...), air (échappements, poussières...), sol (fuites), ou eau (ruissellement, déversements...). La pollution peut modifier la végétation le long des routes ou des voies ferrées (et même des aéroports) (Biodiversité en Bref, 2000).

L'entretien des routes et des bordures introduit également nombre de polluants dans les écosystèmes (salage, herbicides...). Le salage des routes (déversement de chlorure de sodium, de chlorure de calcium, et autres matières abrasives) est à la source de pollutions salines importantes : toxique pour les animaux (ingestion de cyanure...), et le drainage des eaux gorgées de sel antigel vers les écosystèmes aquatiques peut stimuler la croissance de certaines algues.

- Dégradation des hydrosystèmes et des habitats aquatiques

La construction de routes ou autres infrastructures de transport altère les systèmes hydrologiques en modifiant la qualité et la quantité de l'eau, la morphologie des cours d'eau et le niveau des eaux souterraines. Les routes entraînent la concentration des eaux de ruissellement à la surface, ce qui en retour augmente l'érosion, ce qui augmente la sédimentation des cours d'eau.

### 1.1.2. Politiques publiques liées au transport

- Subvention aux infrastructures

La façon dont les subventions aux infrastructures encouragent l'augmentation des coûts externes, des volumes transportés, de la pollution relative aux transports et la congestion du trafic est complexe. Cette situation peut être illustrée à travers un exemple simple (Pieters in OCDE, 2003) :

Si une route ou toute autre infrastructure de transport est construite entre les points A et B, le coût du transport (et le temps) entre ces deux points se trouve réduit, de plus la demande relative au transport entre A et B s'accroît, soit parce que la demande latente est activée, (déplacement le long de la courbe de demande), soit parce que les faibles coûts du transport attirent une demande qui était auparavant satisfaite par d'autres modes de transport (déplacement de la courbe de demande). Si les transporteurs ne paient pas pour l'amélioration de l'infrastructure, une nouvelle subvention est versée qui accroît la demande. Le niveau plus élevé de la demande se traduit par un supplément de congestion sur la liaison entre A et B, mais également sur les voies conduisant à A et à B, ce qui rallonge le temps de trajet, et donc les coûts entre A et B et vers A et vers B. Cette situation sera notamment renforcée par l'existence de subventions aux utilisateurs (taux de taxation préférentiel sur les combustibles, le capital ou la main d'œuvre).

- Altération de la concurrence entre modes alternatifs

La concurrence entre les modes de transport est un trait fondamental des marchés des transports. La voiture particulière est favorisée relativement au transport collectif car le coût marginal d'utilisation des transports publics est supérieur au coût marginal d'utilisation de la voiture. Une politique de réduction des coûts marginaux d'utilisation de la voiture comme une gratuité du stationnement sur la voie publique est donc défavorable à la biodiversité.

La baisse relative des coûts d'un moyen de transport par rapport à un moyen concurrent est une incitation à son utilisation. Cette baisse relative est défavorable à la biodiversité si elle donne un avantage comparatif à un moyen plus polluant.

## 1.2. Le tourisme

### 1.2.1. Dommages à la biodiversité liés au tourisme

Catégorie de tourisme	Exemple d'écosystème concerné	Contribution potentielle à la conservation et à l'utilisation durable de la biodiversité	Menaces potentielles à la conservation et utilisation non durable de la biodiversité
Tourisme de masse	Zones côtières, petites îles	<b>Impact immédiat</b>	
		Faible – moyen Utilisation durable de certains produits alimentaires issus de la mer et espèces de poissons disponibles en très grande quantités	Important Destruction d'écosystèmes, d'habitats et de paysages marins Pollution Surconsommation de ressources naturelles Transfert d'espèces allochtones
		<b>Impact différé</b>	
	Moyen Eviter des activités économiques potentiellement encore plus dommageables Fourniture de revenu pour les opérations de conservation Augmentation de la prise de conscience de la nécessité de préserver l'environnement	Important Perte de cultures traditionnelles, de valeurs de conservation et d'utilisation durables de la biodiversité	
	Villes et aires urbaines	<b>Impact immédiat</b>	
		Faible – moyen Revenu issu de la visite des parcs, jardins botaniques, zoos et muséums d'histoire naturelle	Important Extension des agglomérations pollution urbaine
<b>Impact différé</b>			
Important Part de l'impôt sur le revenu investissable dans la conservation	Important Encombrement des villes (problèmes de consommation, congestion du trafic, changement climatique...)		
Tourisme rural de faible densité	Zones rurales Petites villes	<b>Impact immédiat</b>	
		Important Support de l'utilisation soutenable de la biodiversité	Faible – moyen Perturbation des milieux naturels
		<b>Impact différé</b>	
Moyen Revenus pour la conservation et l'utilisation durable Maintien des paysages traditionnels	Moyen Pollution issue des transports et aux logements		
Tourisme sportif	Lacs, rivières, forêts de montagne, prairies	<b>Impact immédiat</b>	
		Moyen Conversion des friches et des terres incultes en terrain de sport riches en biodiversité (terrains de golf par exemple)	Moyen – important Modification de l'habitat Perturbations de la vie sauvage brut et pollution Introduction d'espèces allochtones
		<b>Impact différé</b>	
Moyen Revenus pour promouvoir la conservation et l'utilisation durable des ressources	Moyen Augmentation de la demande locale pour des activités récréatives et sportives préjudiciables pour l'environnement		
Eco-tourisme	Petites îles, barrières de corail, forêts montagne, zones désertiques, océans...	<b>Impact immédiat</b>	
		Moyen – important Revenu pour promouvoir la conservation et l'utilisation durable des ressources	Important Surfréquentation de sites naturels fragiles Destruction d'habitat Perte d'espèces Introduction d'espèces allochtones
		<b>Impact différé</b>	
Moyen Prise de conscience de la fragilité de l'environnement, Education du public	Important Ouverture de zones fragiles et épargnées au tourisme de masse Impact sur les traditions locales		

Tableau 1 : Interactions entre tourisme et biodiversité (Dogsé, 2000)

## 1.2.2. Les politiques publiques liées au tourisme

Définies et mises en place de manière inadaptée, les incitations au secteur touristique peuvent conduire à la destruction des actifs naturels sur lesquels elles reposent. Il est possible de représenter la relation entre la qualité de l'environnement et le développement touristique (ou le nombre de touristes) à travers une relation fonctionnelle relativement simple (Tisdell, 1987) : de manière générale, la qualité de l'environnement et sa richesse biologique finissent par se dégrader avec la pression touristique.

La Figure 1 explique comment se forme l'offre d'infrastructures touristiques. Supposons que le nombre de touristes sur un site touristique dépend à la fois du coût de la visite et de la qualité environnementale de ce site. La demande de visite décroît lorsque la qualité du site décroît. Supposons également que cette qualité est déterminée par le plus grand nombre de visiteurs sur une période précédente (les dégradations causées à l'environnement par ces visiteurs sont irréversibles). L'offre d'infrastructures et d'équipements à l'attention des touristes est déterminée par son coût marginal (courbe MPC sur la figure ci dessous). La courbe ABCD représente la demande agrégée pour les visites sur le site considéré, compte tenu de son état de dégradation.

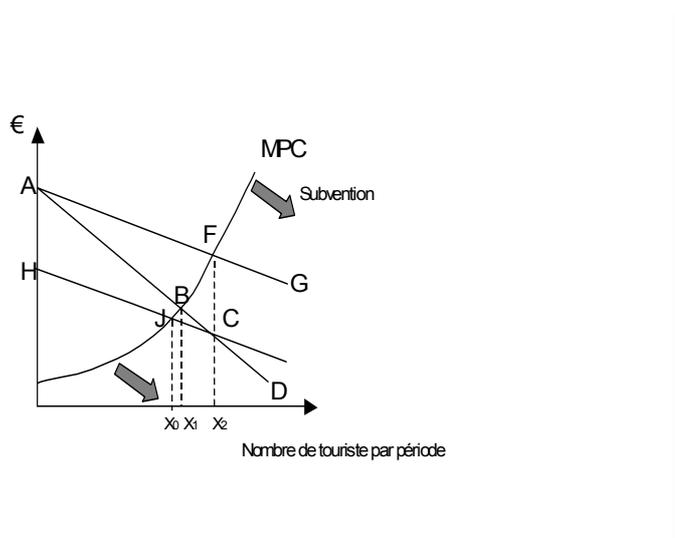


Figure 1 : Formation de l'équilibre sur le marché des infrastructures touristiques (Tisdell, 1991)

Considérons comme point de départ un site vierge de tout aménagement : le niveau de qualité de l'environnement se trouve donc à son maximum en tant que bien touristique potentiel. Face à ce niveau de qualité, la courbe de demande de visite est AFG. En confrontant l'offre et la demande, le planificateur peut penser qu'il sera optimal de mettre en place des infrastructures capables d'accueillir  $x_2$  visites par période, afin d'atteindre l'équilibre au point F. Cependant, cela entraîne une dégradation de l'environnement du site due aux  $x_2$  visites. Face à cette dégradation, la courbe de demande se décale vers le bas et correspond à la courbe HCD. Pour cette nouvelle demande, l'offre d'infrastructure se réduit et passe à  $x_0$  visites. Pour ce nouveau niveau de dégradation la demande se déplace vers le haut, et ce processus de tâtonnement conduit finalement à un équilibre stable au point B ; la capacité optimale d'accueil du site est alors de  $x_1$  visites par périodes.

Si un gouvernement décide de subventionner l'installation d'infrastructures de tourisme, graphiquement, la courbe d'offre subit un déplacement vers le sud-est et le phénomène décrit se

trouve amplifié, pouvant causer un phénomène de congestion et d'autant plus de dommages à l'environnement et à la diversité biologique.

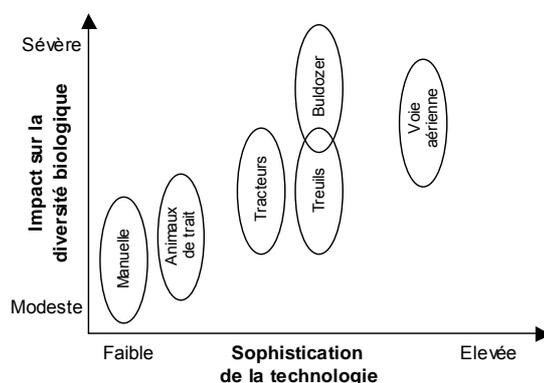
## 2. La gestion des écosystèmes : l'agriculture, la sylviculture (Laval E, Le Goffe P., 2004 ; Stenger-Letheux A., 2004)

Certaines activités économiques ont pour objet même la gestion d'écosystèmes particuliers. Si l'agriculture et la sylviculture ont des spécificités qui seront soulignées, de nombreux mécanismes leur sont communs.

### 2.1. Dommages à la biodiversité liés à la gestion des écosystèmes

#### 2.1.1. Intensification

Tous les moyens de production utilisés par l'agriculture ou la sylviculture n'ont pas le même impact sur la biodiversité. L'utilisation de pesticides et fertilisants, par exemple, est nuisible à la biodiversité (directement sur les espèces ciblées par les pesticides ou indirectement sur les autres espèces de la chaîne trophique ou ) par le biais de la pollution des eaux, la pollution des sols et de l'atmosphère. De plus, à volume de récolte identique, les moyens mis en œuvre pour effectuer les opérations de culture ont des impacts très différents sur la biodiversité.



Source : Putz et al., 2000.

Figure 2 : Mécanisation de la sylviculture et impact sur la biodiversité

Dans l'agriculture, la mécanisation incite à agrandir les parcelles et à supprimer les haies, fossés, talus, chemins creux nécessitant une main d'œuvre importante pour leur entretien, même si certaines activités peuvent être mécanisées. Or ces espaces inter-parcelles accueillent une importante biodiversité. Pour qu'elle soit efficace, une politique de maintien de ces écosystèmes doit penser à ne pas trop les éloigner les uns des autres de façon à ne pas constituer de barrière naturelle qui réduise les interactions, les échanges entre écosystèmes en compromettant le maintien de la biodiversité.

L'augmentation relative du capital ou des intrants dans les processus de production, par rapport aux facteurs terre et travail est connue sous le nom d'intensification de la production. La figure 3 illustre le modèle repris à l'annexe 1 : à cause des effets négatifs de la mécanisation et de l'utilisation d'intrants sur la biodiversité, en l'absence de toute politique, le niveau d'intensification à choisi par un agriculteur n'est pas le niveau  $a^*$  social optimal : il y a une externalité négative de l'activité sur la société.

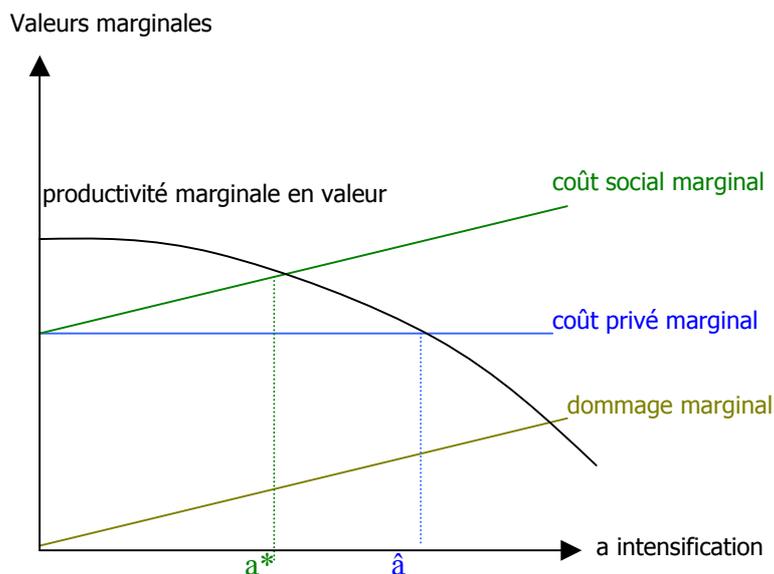


Figure 3 : Fonction de dommages, externalités, équilibre et optimum (Mahe, Rainelli, 1987)

### 2.1.2. Coupes et éclaircies

Les coupes et éclaircies sont nécessaires à une activité sylvicole. Cependant, leur impact sur la biodiversité dépend de deux dimensions essentielles : l'intensité de la coupe et sa surface.

<b>Intensité de la coupe</b>	<b>Elevée</b>	Dommage concentré Revenu modéré Surface épargnée importante	Pire cas pour la biodiversité Revenu maximum Surface épargnée peu importante
	<b>Faible</b>	Impact peu important Revenu minimum Surface épargnée importante	Dommage étendu Revenu modéré Surface épargnée peu importante
		<b>Faible</b>	<b>Elevée</b>
		<b>Surface de la coupe</b>	

Source : Putz et al, 2000.

L'âge de la coupe a également une incidence sur la biodiversité. La figure 4 représente la biomasse disponible au cours de la croissance d'un arbre. Elle montre que la croissance de la biomasse suit une courbe croissante de pente croissante jusqu'en  $a_2$  puis de pente décroissante, et enfin décroît. Toute réduction de l'âge de la coup en-dessous de  $a_2$  est négative pour la biodiversité.

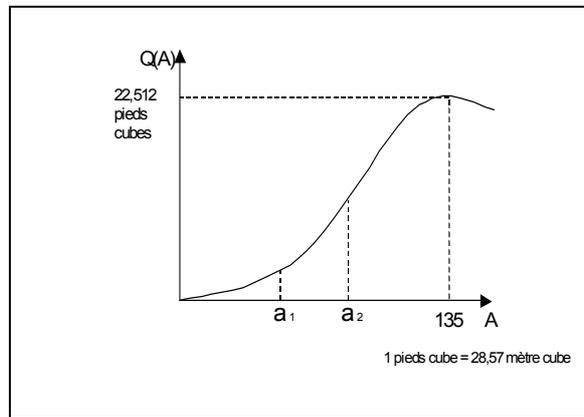


Figure 4 : Représentation de la croissance d'un arbre (exemple du Douglas) (Tietenberg, 2001)

### 2.1.3. Amélioration génétique et sélection d'espèces

Les activités qui tirent leur revenu des écosystèmes cherchent à maximiser le rendement des espèces utilisées. Or l'exploitation exclusive des meilleurs phénotypes des essences sélectionnées pour quelques caractéristiques souhaitables risque d'entraîner une détérioration progressive de la qualité génétique du peuplement (faible diversité génétique et base génétique étroite), ce qui le rend vulnérable aux maladies et aux ravageurs. D'autre part, l'introduction d'espèces non autochtones peut s'avérer néfaste pour la biodiversité.

### 2.1.4. Changement d'affectation des terres / Fragmentation

Le changement d'affectation des terres a un impact variable sur la biodiversité selon la richesse de l'écosystème qui est détruit et de celui qui le remplace. La mise en culture ou le boisement de zones particulièrement riches en biodiversité comme les prairies et les zones humides peuvent entraîner des pertes de biodiversité.

La fragmentation des terres n'a pas le même impact sur des terres agricoles ou des terres forestières. Elle est favorable à la biodiversité sur des terres agricoles qui sinon seraient monoculture, et limiteraient la variété des écosystèmes possibles, alors qu'elle est défavorable à la biodiversité dans les forêts qui abritent de nombreux écosystèmes.

## 2.2. Les politiques publiques de gestion des écosystèmes

### 2.2.1. Soutien des prix

Une politique de soutien des prix est illustrée sur la figure 5. Soit  $p$  le prix soutenu, supérieur au prix d'opportunité du bien, noté  $p^*$ . Le soutien du prix augmente la productivité marginale en valeur. Il déplace donc la courbe de la productivité marginale en valeur vers le haut. L'agriculteur se situera alors en  $\hat{a}_p$ , ce qui amplifie l'effet externe de base en éloignant davantage le niveau d'intensification de l'optimum social par rapport à la situation initiale.

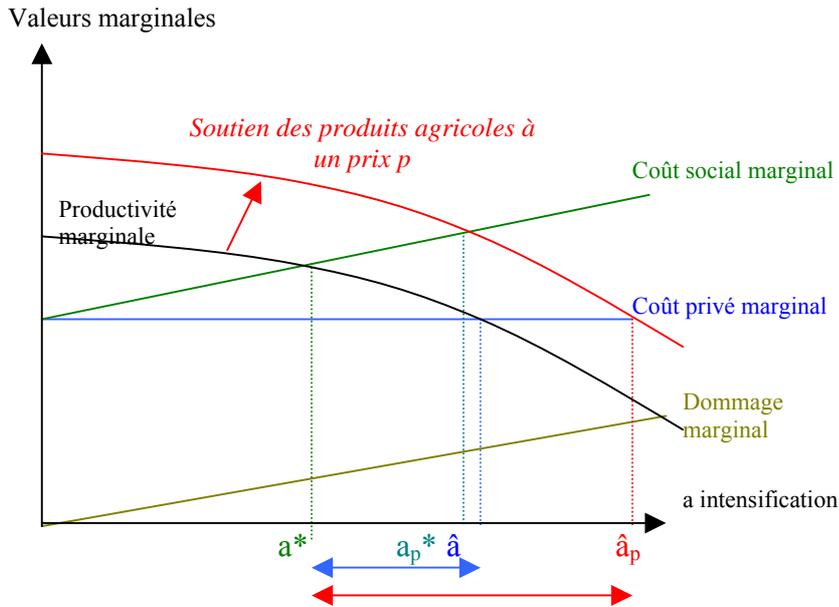


Figure 5 : Optimum social, soutien des prix, et intensification (Mahe, Rainelli, 1987)

### 2.2.2. Renchérissement de la terre

Le versement de primes à l'hectare donne une valeur supplémentaire à la terre et en renchérit donc le coût. L'annexe 2 expose le modèle sous-tendant la figure 6. Si le prix de la terre  $w_F$  augmente et le prix des autres facteurs  $w_A$  est constant, alors  $w_F/w_A$  augmente, donc l'équilibre est déplacé vers la gauche : on utilise moins de terres, mais plus des autres facteurs pour produire la même quantité  $y_0$ . Lorsque le prix de la terre augmente par rapport à celui des autres facteurs, on substitue la terre aux autres facteurs (dont essentiellement les consommations intermédiaires).

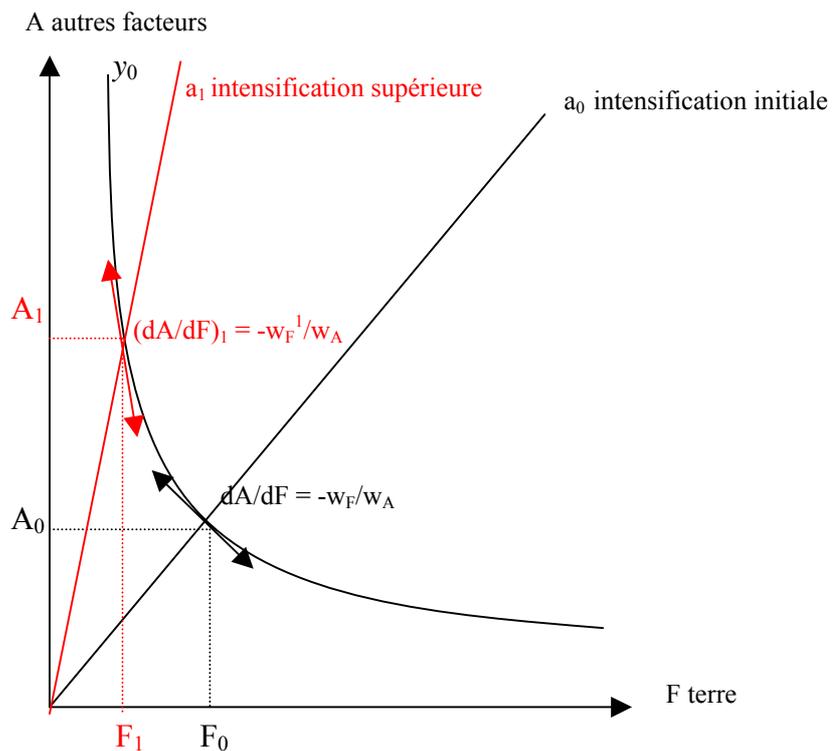


Figure6 : Renchérissement de la terre et intensification

Une mesure ayant un effet positif sur le prix de la terre a un effet incitatif sur l'intensification qui dépend de l'élasticité du prix de la terre à la mesure :

- le soutien des prix, du fait de la quasi-fixité des terres disponibles pour l'agriculture et la forêt, est en partie absorbé par le prix de la terre. Ceci est illustré à l'annexe 3.
- les quotas liés à la terre (notamment ceux associés à des prix garantis élevés) augmentent la valeur de la terre à laquelle ils sont liés, donc son prix, ce qui incite les producteurs à intensifier la production sur les terres à quotas.
- le gel des terres, en raréfiant la terre disponible pour la production, entraîne une hausse du prix de la terre. Cependant cette hausse dépend des régions et de la concurrence existant sur l'achat de terres par les agriculteurs et les forestiers, mais également par les industriels, l'habitat,... Même si une mesure de gel est réalisée sans rotation et accompagnée de mesures positives pour l'environnement sur la parcelle elle-même, le gel des terres va se traduire par une aggravation de l'intensification sur les parcelles cultivées.

### 2.2.3. Différenciation du soutien (Mahe, Guyomard, 1995)

L'allocation des surfaces est déterminée par les courbes de profit marginal des différentes alternatives : le critère de maximisation du profit amène à la combinaison de surfaces qui permet d'égaliser les profits marginaux des différentes allocations possibles. La figure 7 illustre l'allocation des surfaces entre des prairies et des cultures type céréales dont la démonstration figure à l'annexe 4.

L'agriculteur va se situer au point  $x$ , car le coût des dommages liés aux cultures et le bénéfice de l'externalité positive liée aux prairies ne lui sont pas imputés. Si tel était le cas, l'agriculteur choisirait l'allocation correspondant à l'optimum social  $x^*$ . De plus, les grandes cultures bénéficient d'aides directes à l'hectare qui augmentent le profit marginal de ces productions, ce qui se traduit par une augmentation de la surface allouée à celles-ci : l'aide directe aux grandes cultures accroît l'écart entre optimum social et optimum privé, favorisant ainsi l'expansion ou le maintien des cultures au détriment des prairies.

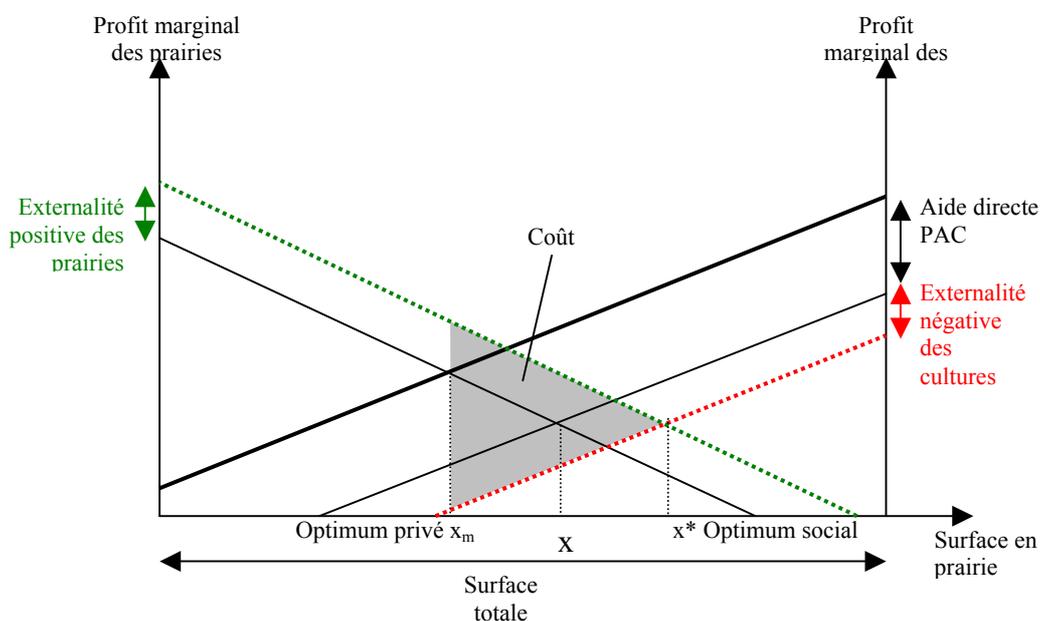


Figure 7 : Arbitrage entre prairies et cultures (Le Goffe, 2003 d'après Guyomard, Mahe, 1995)

Le système des aides directes, liées au type de culture et aux rendements oriente la spécialisation des exploitations vers la culture la plus primée à l'hectare.

#### 2.2.4. Aides à l'investissement

Les aides à l'investissement permettent directement (participation aux frais liés à la modernisation de l'exploitation, à la mise aux normes, aux aménagements fonciers, etc.) ou indirectement (prêts à taux bonifiés...) de réduire le coût du capital par rapport aux autres facteurs de production. Lorsque le prix du capital diminue, on observe une substitution du capital aux autres facteurs, essentiellement le travail. La substitution se traduit par une mécanisation accrue, l'introduction des technologies récentes qui utilisent moins de main d'œuvre.

#### 2.2.5. Allègements fiscaux

Les allègements fiscaux ont pour effet de réduire les coûts associés à l'utilisation de certains facteurs de production : engrais, produits phytosanitaires, carburant pour tracteurs agricoles... En déplaçant la courbe de coût marginal vers le bas (cf. Figure 8), l'agriculteur se déplace vers un niveau d'intensification supérieur, noté  $\hat{a}'$ .

Une exonération ou un allègement de la fiscalité liée à la terre, à la taxe foncière par exemple, a d'une part un effet positif dans la mesure où elle réduit le coût de la terre, et donc favorise son utilisation, ce qui encourage l'extensification. D'autre part, elle peut encourager l'extension des terres cultivées dont l'effet peut être négatif sur la biodiversité, l'effet net est ambigu.

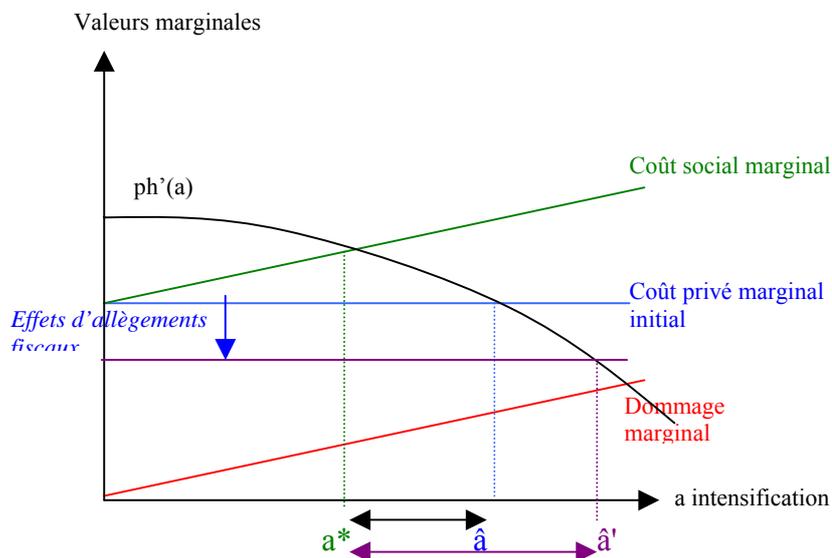


Figure 8 : Effet d'allègements fiscaux

### 3. La gestion des ressources naturelles : la pêche, l'eau

Les ressources naturelles fournissent des biens (ex. pêche) et des services (ex. eau) qu'il y a lieu de gérer de manière à en assurer la préservation.

#### 3.1. La pêche

##### 3.1.1. Economie de la pêche

La pêche prélève directement des ressources vivantes, et donc renouvelables. Il existe un niveau de biomasse où la productivité du stock (le surplus) est maximale. Fixer un niveau de capture compatible avec ce critère permet le maintien d'un prélèvement indéfiniment sans affecter le niveau de la biomasse. Ce niveau de prélèvement prend uniquement en compte les caractéristiques biologiques sans tenir compte des considérations économiques. Les variables économiques jouent un rôle important dans la détermination de l'équilibre bio-économique. Les valeurs d'équilibre pour l'effort et le niveau de la biomasse dépendent, entre autres, du prix de l'espèce capturée et du coût unitaire de l'effort de pêche. Un niveau d'effort total élevé et donc une forte pression sur les stocks est associé à un coût unitaire de l'effort faible. A l'inverse un coût unitaire élevé a un effet de conservation sur les stocks car l'effort de pêche sera limité (cf. Figure 9).

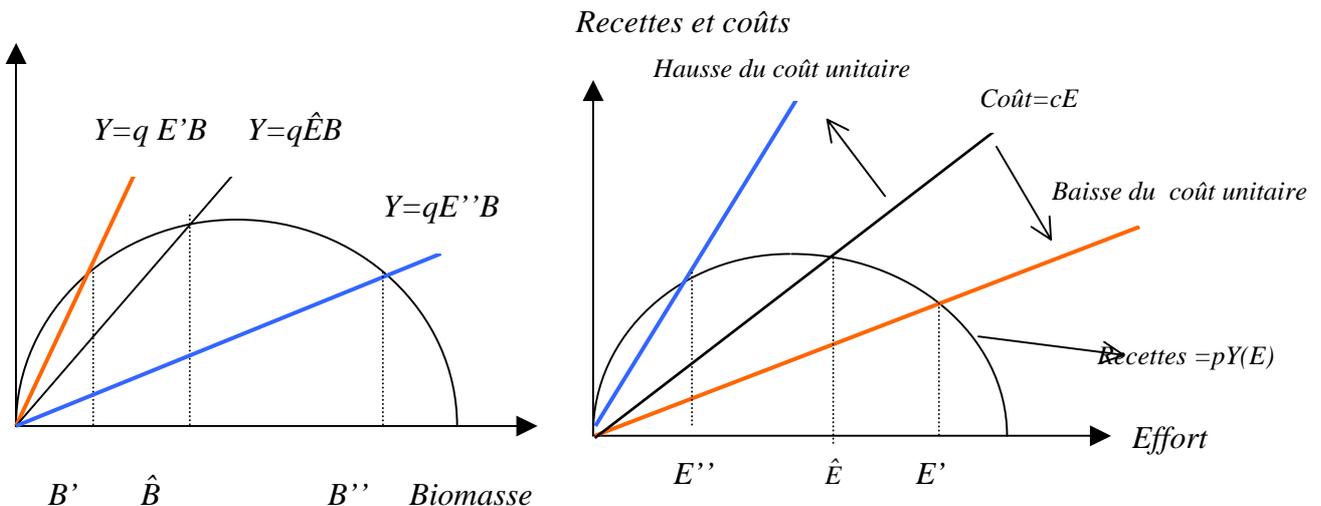


Figure 9 : Effet d'une variation du coût unitaire de l'effort sur le niveau de la biomasse

A l'opposé, une forte valeur commerciale des captures entraînera une pression importante sur les stocks pouvant conduire à leur extinction, tandis qu'un prix faible suscitera peu d'intérêt pour la ressource et donc peu de prélèvements sur le stock (cf. Figure 10). Toute mesure économique, ayant des effets directs ou indirects sur les prix et /ou les coûts unitaires de l'effort de pêche, aura donc des implications évidentes sur les niveaux de biomasse des stocks des ressources concernées.

Les coûts totaux d'exploitation dépendent implicitement de la biomasse du stock et laissent apparaître une externalité de stock. Ce type d'externalité traduit le fait qu'il est difficile de prélever sur un stock lorsque le niveau de celui-ci est faible, car les coûts de localisation du stock s'alourdissent.

### Recettes et coûts

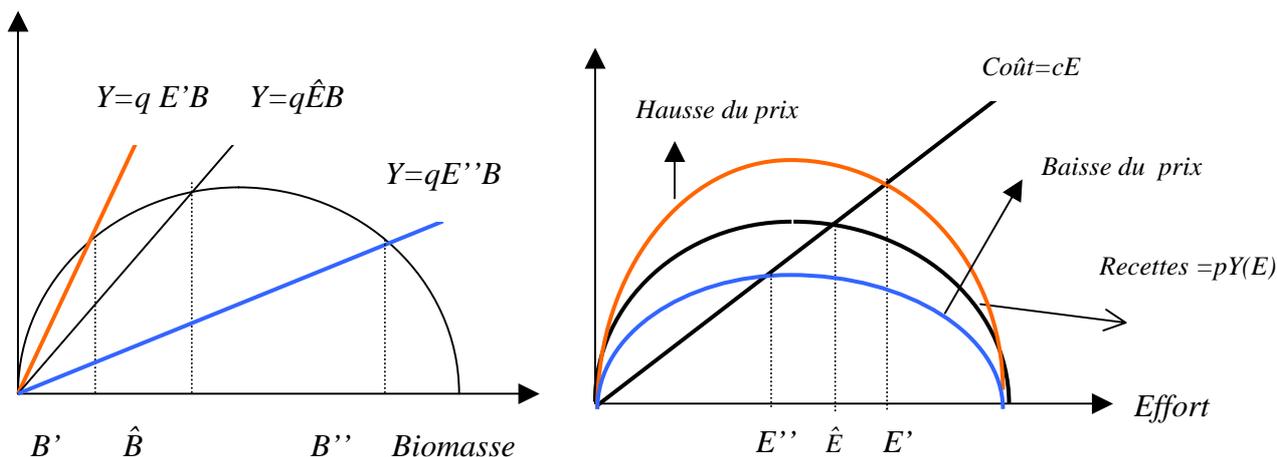


Figure 10 : Effet d'une variation du prix de vente sur le niveau de la biomasse

Le modèle de Gordon-Schaefer (cf. Annexe 6) illustre les problèmes d'exploitation des ressources communes et les externalités qui y sont liées. L'anticipation de profits conduit à l'entrée de nouveaux individus pour exploiter la ressource jusqu'au point où le profit est totalement dissipé et où un nouvel équilibre est atteint. En l'absence de droits de propriété, si l'accès à la ressource n'est pas réglementé, il peut y avoir surexploitation, si celle-ci a une forte valeur commerciale pour les pêcheurs.

Une situation optimale serait celle qui évite les externalités liées à la non-coordination des pêcheurs entre eux et serait donc le résultat d'une décision collective. Si la ressource était exploitée de façon centralisée par un propriétaire unique détenant tous les droits sur la ressource, l'effort optimal serait celui qui maximise le profit soutenable, soit la différence entre les recettes soutenables et le coût total de l'effort de pêche. L'effort optimal est celui qui égalise la productivité marginale de l'effort en valeur au coût unitaire de l'effort.

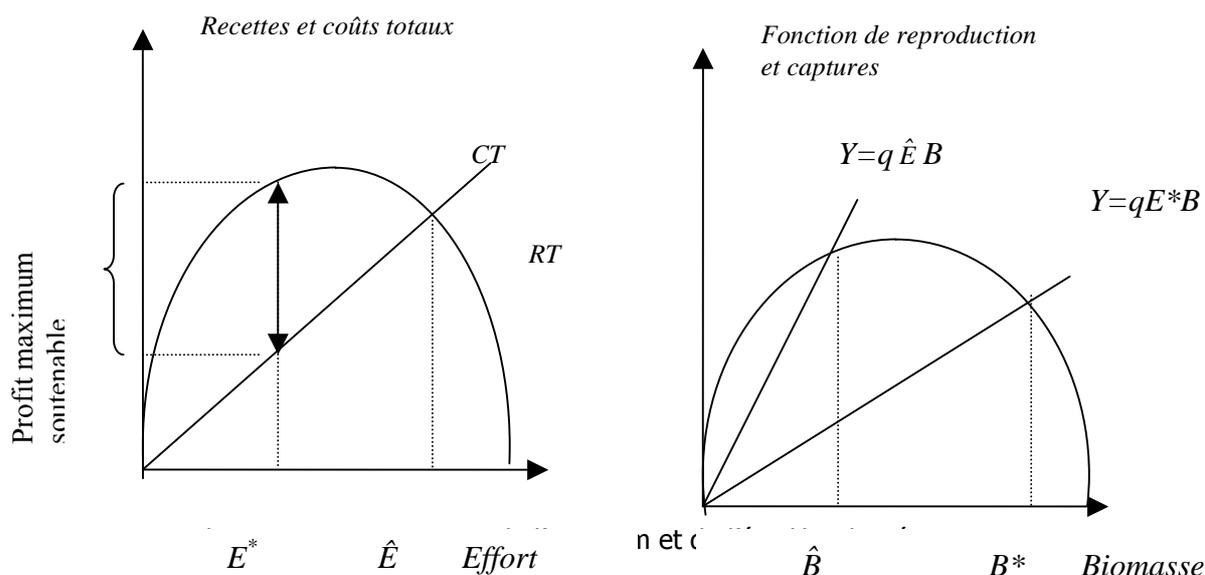


Figure 12 : Comparaison de l'optimum et de l'équilibre bio-économique

A moins que les coûts unitaires d'exploitation de la ressource soient nuls, l'effort de pêche optimal est inférieur à ceux correspondant aux équilibres bio-économique et biologique. La biomasse optimale du stock ainsi définie  $B^*$  est donc supérieure à celle correspondant à l'optimum biologique. L'optimum ainsi obtenu est un optimum social car les pêcheurs dans leurs décisions de pêcher tiennent compte de l'impact négatif des prélèvements sur les stocks et donc sur leur conservation pour une exploitation durable. L'effort de pêche optimal, s'il est maintenu, permet au stock de ne pas être en état de surexploitation. L'exploitation du stock de la ressource dans le futur n'est alors pas compromise.

Passer de l'équilibre concurrentiel à l'optimum nécessite que la biomasse du stock augmente. Si on diminue l'effort de pêche, les captures vont diminuer à court terme, permettant à la biomasse de se renouveler jusqu'à atteindre l'optimum.

Les valeurs d'équilibre concurrentiel et optimales de la biomasse et de l'effort de pêche dépendent fortement des variables économiques prix et coût. La pression sera plus ou moins forte sur les stocks si le rapport prix sur coût est plus ou moins élevé. Mais ces variables ne sont pas les seuls déterminants des niveaux de biomasse des stocks. En fait, la ressource est assimilée à un stock de capital, à un actif (naturel), qui peut être exploité ou conservé et procurer alors des flux potentiels de valeurs. Il y a un arbitrage dans le temps entre conserver la ressource et pouvoir alors la prélever plus tard, et ne pas l'épargner. L'optimum obtenu précédemment correspond à un taux de préférence pour le présent (taux d'actualisation) nul, c'est-à-dire que les pêcheurs accordent la même valeur aux revenus présents qu'à ceux futurs. Dans ce cas, la ressource est conservée. L'équilibre concurrentiel provenant du libre accès à la ressource correspond à une forte préférence pour le présent, c'est-à-dire que les pêcheurs négligent l'effet de leur prélèvement sur le stock et donc sur sa conservation. L'arbitrage fait par les pêcheurs dépend de leur taux de préférence pour le présent. Il peut parfois être plus rentable d'exploiter un stock jusqu'à l'extinction, si le taux de croissance intrinsèque du stock est très faible relativement au taux d'actualisation (assimilé souvent à un taux d'intérêt). Dans ce cas, les pêcheurs n'ont aucun intérêt à conserver l'actif sous sa forme naturelle. Ils ne sont donc pas incités à conserver la ressource.

### 3.1.2. Les politiques publiques de la pêche

Les politiques qui diminuent les coûts de l'effort, que ce soit par le biais de subvention des prix, allègement fiscal, aide à l'investissement, accroissent la pression exercée sur les espèces pêchées et détériorent donc la biodiversité. Inversement, une taxe sur les prises par exemple, allègera la pression et aura donc un effet bénéfique sur la biodiversité.

Des instruments de limitation quantitative du nombre de prises, par exemple, permettent de garantir le respect de l'objectif fixé, et donc de garantir la reproduction de la ressource s'il est fixé correctement. Cependant pour que des quotas soient efficaces économiquement, c'est-à-dire permettre l'allocation des prises la plus efficace en termes de coûts totaux, il faut qu'ils soient échangeables.

Enfin, une politique qui vise à poser des barrières à l'entrée au marché de manière à exclure des producteurs ou des techniques du marché car ils sont peu efficaces économiquement et fortement dommageables à l'environnement n'ont d'effet qu'à court terme. En effet, tant qu'il y aura du profit sur le marché, les parts de marché libérées par les sortants seront rapidement investies soit par les autres pêcheurs existants, soit par de nouveaux entrants.

## 3.2. L'eau (Martin E., 2004)

### 3.2.1. Les dommages à la biodiversité dans le domaine de l'eau

<b>Activité humaine</b>	<b>Impact potentiel</b>	<b>Fonction menacée</b>
Croissance de la population et de la consommation	Augmentation des prélèvements et extension des terres cultivées grâce au drainage des marécages ; augmentation des prélèvements de l'ensemble des autres activités avec les risques que cela comporte	Pratiquement toutes les fonctions des écosystèmes, notamment les fonctions liées à l'habitat, à la production et à la régulation.
Développement des infrastructures (barrages, digues, levées, déviations)	La perte d'intégrité affecte le rythme et la quantité des débits fluviaux, la température de l'eau, le transport des substances nutritives et des sédiments et, par voie de conséquence, le comblement du delta entrave la migration des poissons	La quantité et la qualité de l'eau, les habitats, la fertilité de la plaine inondable, les pêcheries, l'économie des deltas.
Conversion des terres	Elimine les composants essentiels de l'environnement aquatique ; pertes de fonctions ; habitat et biodiversité ; modifie les types de ruissellement ; inhibe la réalimentation naturelle ; envase les cours d'eau	Protection naturelle contre les inondations, habitats des pêcheries et des oiseaux marins, loisirs, approvisionnement en eau, quantité et qualité de l'eau.
Surexploitation	Epuisement des ressources vivantes, des fonctions de l'écosystème et de la biodiversité (réduction à l'excès des eaux souterraines, destruction des pêches)	Production alimentaire, approvisionnement en eau, qualité de l'eau et quantité d'eau.
Introduction d'espèces exotiques	Concurrence causée par les espèces introduites : modification de la production et du cycle nutritif ; perte de la biodiversité parmi les espèces indigènes.	Production alimentaire, habitat de la faune, loisirs.
Rejets de polluants sur les sols, dans l'air et dans l'eau	La pollution des cours d'eau modifie la chimie et l'écologie des rivières, lacs et marécages ; les émissions de gaz à effet de serre modifient considérablement les ruissellements et les précipitations	Approvisionnement en eau, habitat, qualité de l'eau, production alimentaire ; le changement climatique peut également avoir des effets sur les forces hydrauliques, la capacité de dilution, le transport, la maîtrise des crues.

Tableau 2 : Dommages à la biodiversité sur l'eau douce

### 3.2.2. Les politiques locales de service public de l'eau

Le secteur de l'eau est caractérisé par une situation de monopole naturel, c'est-à-dire que, pour tout niveau de production, le coût des facteurs utilisés est minimal quand la production est réalisée par une seule entreprise. Dans cette situation, l'entreprise fait des pertes si elle tarifie au coût marginal (cf. Figure 13). Elle souhaite tarifier à l'intersection de ses courbes de coût marginal et de demande, ce qui diminuerait largement le surplus social. L'autorité publique a intérêt à l'orienter vers une

tarification au coût moyen. Dans ce cas, une aide de l'Etat au financement des infrastructures permet de réduire les coûts fixes et d'entraîner l'entreprise à une tarification au coût moyen.

Les systèmes de tarification peuvent théoriquement comporter une partie fixe correspondant au coût de capacité et une partie variable correspondant à la consommation.

$$T = ax + b$$

Cette formule de tarification comprend les formules allant du forfait quand  $a = 0$  à la tarification proportionnelle quand  $b = 0$ .

<b>Structures tarifaires</b>	<b>Avantages</b>	<b>Inconvénients</b>
<p><b>Tarification forfaitaire (prix fixe)</b></p> <p><b>Indépendant de la consommation</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sécurité des recettes du gestionnaire</li> <li>• Facilement compréhensible par les usagers car simple</li> <li>• Peu coûteux</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pas d'incitation à la réduction de la consommation</li> <li>• Equipement surdimensionnés</li> <li>• gaspillage</li> </ul>
<p><b>Tarification proportionnelle à la consommation d'eau</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• incite à l'économie de la consommation d'eau</li> <li>• peut s'adapter à tous les objectifs</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• nécessité de compteurs d'eau</li> <li>• possibilité de déficit budgétaire pour le gestionnaire si la demande est inférieure aux prévisions</li> <li>• coûteux</li> </ul>
<p><b>Tarification binôme</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• recettes du gestionnaire sécurisées</li> <li>• incitation à l'économie d'eau</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• nécessité de compteurs d'eau</li> </ul>

Tableau 3 : Avantages et inconvénients des différentes tarification de l'eau

Les autorités publiques sont généralement en situation de forte asymétrie d'information sur les coûts du service rendu par des entreprises privées. Les prix sont donc susceptibles d'être mal régulés et d'avoir tendance à être sur-évalués, même si les analyses économétriques n'ont jamais pu conclure de manière aussi nette. Si cet effet de sur-évaluation peut sans conteste être qualifié de coût social, il s'avère avoir un effet secondaire positif pour la biodiversité : en augmentant le prix de l'eau, cela incite à la maîtrise de la consommation. Cependant, cet effet peut être contrebalancé par la capacité de certains agents à sortir de la sphère marchande pour s'approvisionner en eau (ex. forages, puits). Cette « fuite » de la sphère marchande se traduit par une tarification au coût fixe et aucune incitation ensuite à maîtriser la consommation. Le bilan de ces deux effets liés est ambigu.

Les aides à l'investissement permettent d'orienter le monopole vers une tarification au coût moyen, mais elles permettent également de baisser le prix relatif du prélèvement d'eau dans la ressource d'origine, les écosystèmes, au lieu d'inciter à développer des techniques alternatives d'épuration des

eaux usées qui pourraient être retournées dans le circuit d'utilisation humaine comme l'irrigation, par exemple. L'effet est plus ambigu lorsque le soutien à l'investissement est réalisé via un prélèvement sur les usagers de l'eau et non pas les contribuables : l'effet de baisse des prix est alors limité. Cependant, un usager qui paie la redevance a tendance à souhaiter un retour de sa contribution, et l'effet est incitatif à la surconsommation.

Notons que l'irrigation est un intrant de l'agriculture. Un prix faible de l'eau incite à en intensifier l'usage. L'intensification est défavorable à la biodiversité, non par un effet de pollution, mais par des effets de prélèvement massif de la ressource et donc de perturbation des écosystèmes aquatiques.

## Bibliographie

**Buchmann S.L., Nabhan G.P.**, 1996, *The Forgotten Pollinators*. Washington, D.C : Island Press.

**Dogsé P.** 2000, "Tourism and Biodiversity : Critical Challenges and Management Tools for Good Global Governance", Paper Prepared for the "Entretiens de Port-Cros, Biodiversity and Tourism Symposium – A. Dialogue Between nature and Culture". Port-Cros, 20-23 September 2000- Available online at : <http://egis.cefe.cnrs-mop.fr/Tourism%20Frontpages/dogse%20art.htm>.

**Guyomard H., Mahe L.P.**, 1995, « La nouvelle instrumentation de la politique agricole commune. Economie et prévision n° 117-118. pp. 15-29.

**Laval E., Le Goffe P.**, 2004, « Incitations de politiques agricoles à effet pervers sur la biodiversité en France » - secteur de l'agriculture-

**Mahe L.P., Rainelli P.**, 1987, Impacts des pratiques et des politiques agricoles sur l'environnement. Cahiers d'économie et sociologie rurales n°4, pp. 9-31.

**Martin E.**, 2004, Incitations économiques ayant des effets pervers sur la biodiversité en France – « Secteur de l'Eau » -

**Montagné C., Stenger-Letheux A.**, 2004, « Secteur de l'Aménagement du territoire Tourisme & transport » - Laboratoire d'Economie Forestière – UMR ENGREF/INRA.

**Montagné C., Stenger-Letheux A.**, 2004, « Secteur de la Forêt et de la sylviculture » Laboratoire d'Economie Forestière – UMR ENGREF/INRA.

**Pieters in OCDE**, 2003, « Les Subventions Dommageables pour l'Environnement : Problèmes et Défis » - OCDE Eds, Paris 238 p.

**Putz E.P., Reford K.H., Robinson J.G., Fimbel R., Blate G.M.**, 2000, « Biodiversity Conservation in the Context of Tropical Forest Management », Environmental Department Papers, Toward Environmentally and Socially Sustainable Development, Biodiversity Series – Impact Studies, Paer n° 75, The World Bank, 80 p. Available online at : [http://www-wds.worldbank.org/servlet/WDSContentServer/WDSP/IB/2001/02/02/000094946\\_01012505311926/rendered/PDF/multi\\_page.pdf](http://www-wds.worldbank.org/servlet/WDSContentServer/WDSP/IB/2001/02/02/000094946_01012505311926/rendered/PDF/multi_page.pdf)

**Tietenberg T.**, 2001, « Biodiversity Forest Habitat », in « Environmental Economics and Policy », Addison Wesley Longman, Mason, Chapter 11, pp. 198-219 Available online at : [http://www.aw-bc.com/info/tietenberg/CH11\\_tietenberg.pdf](http://www.aw-bc.com/info/tietenberg/CH11_tietenberg.pdf)

**Tisdelli C.A.**, 1991 Economics of Environmental Conservation", Developments in Environmental Economics Vol 1. Elsevier, Amsterdam, Chap 10 : Tourism, Outdoor Recreation and the Natural Environment, pp. 181-194.

## Annexe 1 : Détermination de l'optimum dans le modèle de MAHE, RAINELLI, 1987

On note H une fonction de production à rendements d'échelle constants :

$$Y = H [A(T, K, C), F]$$

Y : production,

F : facteur foncier (disponible en quantité limitée),

T, K, C : respectivement le travail, le capital et les consommations intermédiaires (engrais, produits phytosanitaires...),

A : agrégat des trois facteurs précédents.

Alors A/F est une mesure de l'intensification.

La fonction de dommage est liée aux nuisances environnementales et à l'évaluation économique de ces nuisances :

$$D = D(A/F) = v(E) \times E(A/F)$$

E(A/F) : nuisance environnementale

v(E) : coût public de la nuisance.

C'est une courbe à croissance accélérée, pour des raisons physiques liées aux émissions d'effluents, de produits phytosanitaires, d'azote d'une part, pour des raisons écologiques d'autre part, et enfin pour des raisons sociales : en effet, la collectivité attribue une valeur croissante à l'environnement lorsque sa qualité se raréfie.

On écrit en minuscules les valeurs rapportées à l'hectare :

$$Y/F = y, A/F = a...$$

On note p le prix du produit. On recherche le niveau d'intensification correspondant à l'optimum privé (c'est-à-dire à la recherche du maximum de profit pour le producteur) dans une situation sans soutien des prix. L'**optimum privé** correspond à :

$$\text{Max}_a \quad py - c(a),$$

soit **ph'(â) = c'(â) = w<sub>A</sub>**,

avec c(a) = w<sub>AA</sub> + w<sub>F</sub>, coût privé à l'ha (w<sub>A</sub> : prix de l'agrégat, w<sub>F</sub> : prix du foncier)

â : niveau d'intensification optimal au sens privé, c'est-à-dire niveau d'intensification atteint spontanément, sans prendre en compte l'externalité.

L'**optimum collectif**, correspondant à la recherche du maximum de profit avec la prise en compte des coûts des dommages environnementaux de l'activité, est déterminé par :

$$\text{Max}_a \quad py - d(a) - c(a)$$

avec y = h(a), fonction de production à l'ha,

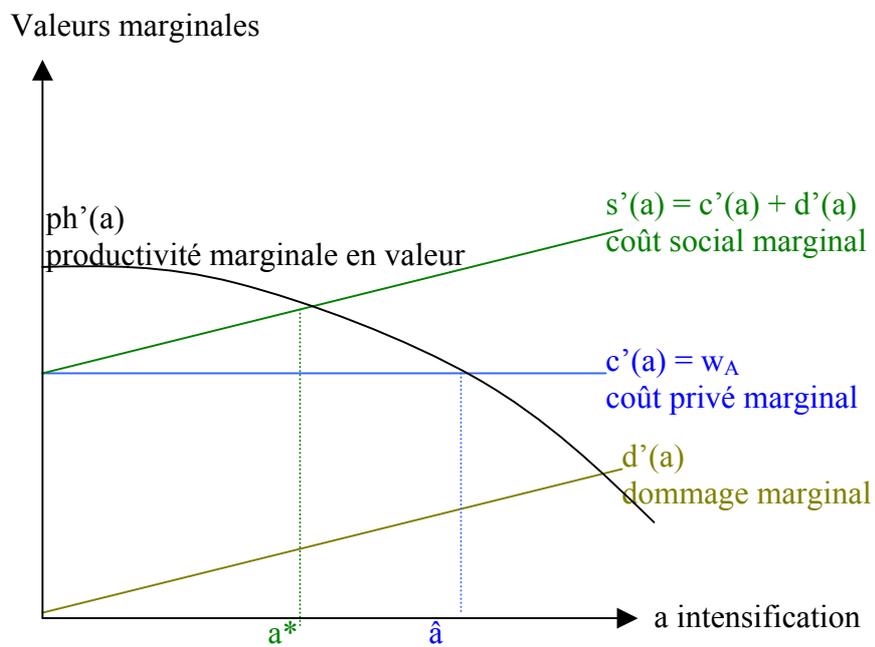
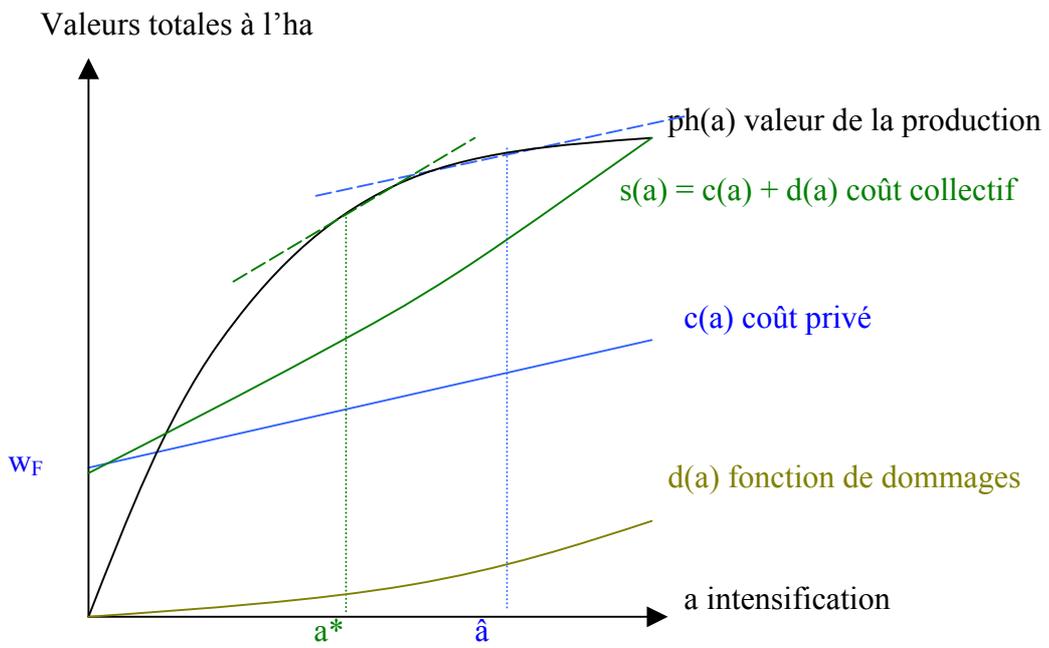
d(a) = v(E) x E(a),

c(a) = w<sub>AA</sub> + w<sub>F</sub>, coût privé à l'ha (w<sub>A</sub> : prix de l'agrégat, w<sub>F</sub> : prix du foncier)

On peut noter s(a) = d(a) + c(a) coût collectif de l'intensification.

La résolution du programme est obtenue par : **ph'(a\*) = d'(a\*) + w<sub>A</sub> = s'(a\*)**

a\* : niveau d'intensification optimal au niveau social, collectif. C'est « *le meilleur compromis pour la société entre la valeur qu'elle attribue aux biens produits par l'agriculteur et celle qu'elle accorde à la qualité de l'environnement* » (MAHE, RAINELLI, 1987).



**Figure 1 : Fonction de dommages, externalités, équilibre et optimum**

Source : MAHE, RAINELLI, 1987.

## Annexe 2 : Lien entre prix garanti, prime à l'hectare et prix de la terre

On peut démontrer que le prix de la terre est fonction des prix agricoles et de la prime à l'hectare lorsqu'il en existe une. Par exemple, on peut prendre une fonction de production :

$$y = F^\alpha$$

où  $F$  représente la terre (ha), et  $\alpha$  est un entier strictement inférieur à 1 (on suppose une fonction à rendements décroissants, comme c'est observé en agriculture).

Soit  $p$  : prix du produit agricole,

$w_F$  : prix de la terre,

$s$  : prime à l'hectare.

Le programme du producteur de maximisation du profit s'écrit :

$$\text{Max}_F \quad py - w_F F + sF,$$

Ce qui équivaut à :

$$p\alpha F^{\alpha-1} - w_F + s = 0,$$

$$\text{soit } F^{\alpha-1} = (w_F - s)/(p\alpha),$$

$$F(w_F, p, s) = [(w_F - s)/(p\alpha)]^{1/(\alpha-1)} \text{ est la demande de terre.}$$

En réalité, l'offre de terre disponible pour l'agriculture n'est pas élastique, on peut supposer que la quantité de terre est fixée à  $F_0$ .

Donc le prix de la terre  $w$  est égal à :  $w_F = \alpha F_0^{\alpha-1} p + s$

On en déduit que le **prix de la terre est proportionnel aux prix des produits agricoles  $p$  et que la valeur de la prime est ajoutée dans le prix initial<sup>1</sup>.**

On cherche à déterminer les quantités optimales de terre et des autres facteurs pour produire  $y_0$ . Il s'agit de minimiser le coût sous contrainte de produire  $y_0$  :

$$\text{Min}_{A, F} \quad C = w_A A + w_F F \quad \text{s/c } y = y_0$$

Ceci revient à résoudre le lagrangien suivant :

$$L(A, F) = w_A A + w_F F - \lambda(H(A, F) - y_0)$$

Soit  $\delta L/\delta A = 0$  et  $\delta L/\delta F = 0$ ,

Ceci donne la condition d'optimalité  $w_F/w_A = (\delta H/\delta F)/(\delta H/\delta A)$

En écrivant la différentielle totale de  $H$  pour  $y_0$ , on a  $dH = 0$ , soit  $(\delta H/\delta F)dF + (\delta H/\delta A)dA = 0$ , on obtient la condition d'optimalité suivante :  $-dA/dF = w_F/w_A$

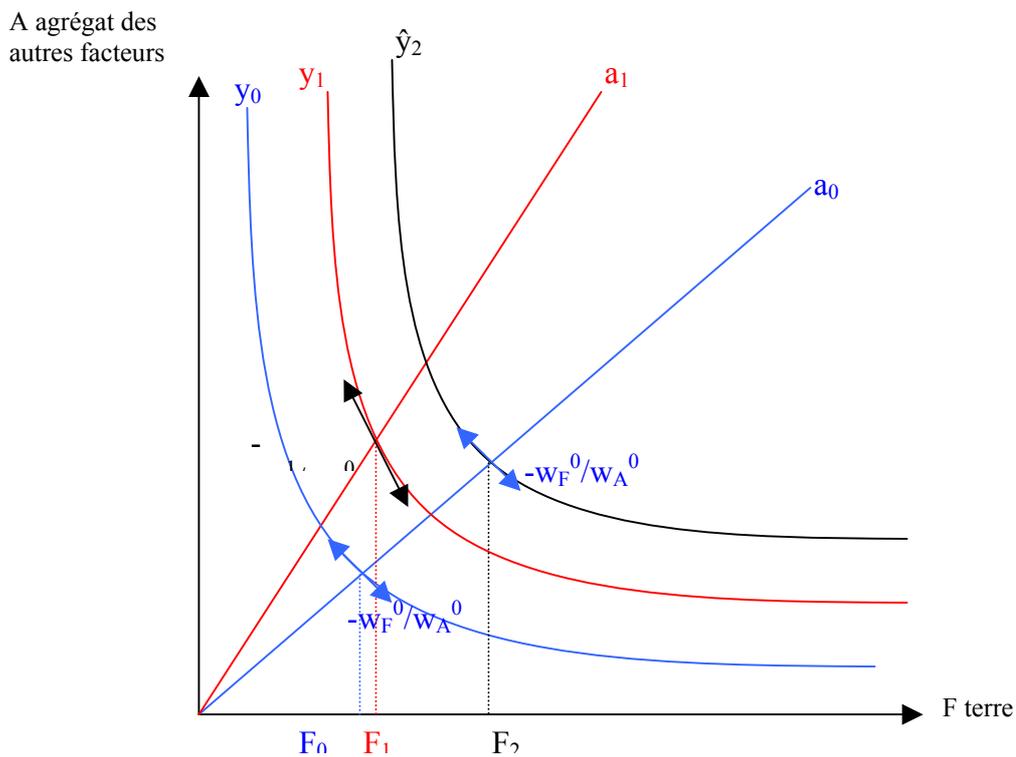
---

<sup>1</sup> Remarque :  $\alpha < 1$ , donc  $\alpha - 1 < 0$ , donc  $X$  est au dénominateur. Par conséquent, si l'offre de terre disponible  $X$  est réduite comme en cas de gel des terres obligatoire, on vérifie bien que le prix de la terre augmente.

### Annexe 3 : Quasi-fixité de la terre, soutien des prix et intensification

Source : MAHE, RAINELLI, 1987.

La situation initiale est  $y_0 = y(p_0, w_A^0, w_F^0)$ , correspondant à un niveau d'intensification  $a_0$ . L'introduction du soutien des prix de  $p_0$  à  $p_1$ , avec une offre de terre illimitée maintiendrait ce niveau d'intensification, et on produirait  $\hat{y}_2 = y(p_1, w_A^0, w_F^0)$ . Mais on suppose que la terre est rationnée à  $F_1$ , donc on substitue les autres facteurs à la terre, c'est-à-dire qu'on intensifie, et on produit finalement  $y_1 = y(p_1, w_A^0, w_F^1)$  intermédiaire entre  $y_0$  et  $\hat{y}_2$ .



## Annexe 4 : Externalité et allocation des surfaces

Source : Guyomard, Mahé, 1995.

On suppose une exploitation de taille  $F$  ha à deux productions : du maïs (culture 1) et des prairies permanentes (production 2). Pour simplifier, on fait l'hypothèse que la culture 1 est associée à des externalités négatives (pollution, érosion des sols...) fonction de l'intensification (fonction de dommages  $D_1(A_1, F_1)$ ) et la culture 2 à des aménités (fonction d'externalités positives  $E_2(A_2, F_2)$ ). Le producteur cherche l'allocation optimale des surfaces aux cultures 1 et 2, c'est-à-dire celle qui maximise son profit  $\pi$ .

### Optimum privé :

$$\text{Max } \pi = p_1 H(A_1, F_1) - w_A A_1 - w_F F_1 + p_2 H(A_2, F_2) - w_A A_2 - w_F F_2$$

sachant que  $F_1 + F_2 = F$

On recherche la condition d'optimalité pour l'allocation des surfaces :

$$\delta\pi/\delta F_1 = 0 \text{ soit } p_1 \delta H/\delta F_1 - w_F = 0, \text{ donc } p_1 \delta H/\delta F_1 = w_F$$

$$\delta\pi/\delta F_2 = 0 \text{ soit } p_2 \delta H/\delta F_2 - w_F = 0, \text{ donc } p_2 \delta H/\delta F_2 = w_F$$

Par conséquent l'allocation optimale des surfaces est celle vérifiant :

$$F_1 + F_2 = F \text{ et } p_1 \delta H/\delta F_1 = p_2 \delta H/\delta F_2.$$

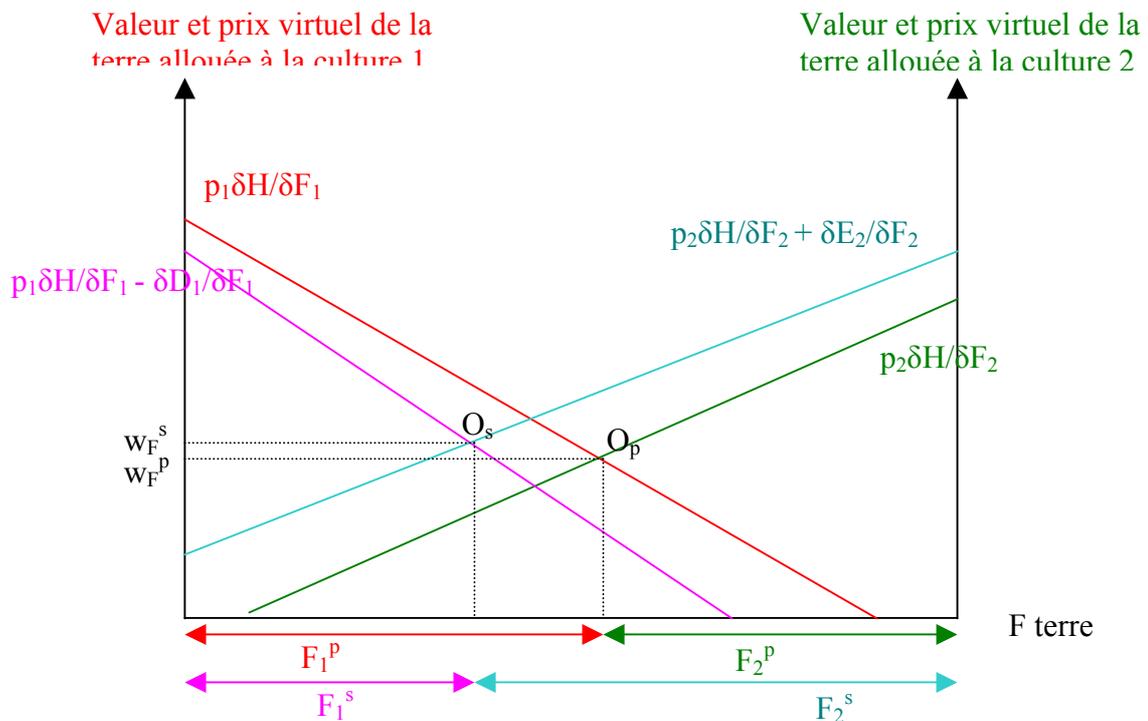
### Optimum social :

$$\text{Max } \pi_s = p_1 H(A_1, F_1) - w_A A_1 - w_F F_1 + p_2 H(A_2, F_2) - w_A A_2 - w_F F_2 - D_1(A_1, F_1) + E_2(A_2, F_2)$$

sachant que  $F_1 + F_2 = F$

On obtient les conditions :

$$F_1 + F_2 = F \text{ et } p_1 \delta H/\delta F_1 - \delta D_1/\delta F_1 = p_2 \delta H/\delta F_2 + \delta E_2/\delta F_2$$



La non prise en compte des externalités positives et négatives augmente la surface allouée à la grande culture (1) et diminue la surface allouée aux prairies permanentes (2).

## Annexe 5 : Age de la coupe

$Q(A)$  : quantité de bois que l'on peut tirer de l'arbre en fonction de son âge

$a_1$  : âge minimal requis pour que le bois ait une valeur commercialisable.

La croissance des arbres passe par plusieurs phases : lorsque qu'ils sont jeunes, la croissance est plutôt lente en terme de volume, puis cette croissance s'accroît rapidement avant de retrouver un rythme plus lent, jusqu'à stabilisation voire régression du volume (du fait de la concurrence entre les arbres, la production diminue lorsqu'on laisse vieillir le peuplement sans diminuer la densité des fûts). Dans un souci de simplicité de l'analyse, nous ne considérerons pas la possible décroissance de la fonction de croissance de l'arbre, on s'en tiendra donc à  $Q' > 0$ . L'accroissement marginal de la quantité de bois  $Q'(A)$  augmente donc dans le temps ( $Q'(A) > 0$ ), mais à un taux décroissant au delà de  $a_2$ , point d'inflexion de la fonction de croissance, ( $\forall A < a_2, Q''(A) > 0$  et  $\forall A > a_2, Q''(A) < 0$ ). L'idée est donc qu'il existe un moment « optimal » pour procéder à la récolte afin d'en tirer le meilleur revenu possible.

Le revenu issu de la forêt est alors égal à  $PQ(A)$  où  $P$ , le prix du bois par unité de volume est supposé constant et connu. Les coûts d'abattage et de replantage (notés  $c$ ) étant également supposés constants, la valeur du profit pour une unique rotation prend la forme traditionnelle suivante :  $PQ(A) - c$  ; où  $A$  représente l'âge des arbres lors de la récolte.

La longue durée de la production forestière la distingue fondamentalement des autres formes de production primaire. Ainsi contrairement aux principales autres ressources naturelles, la période entre l'investissement initial (plantation) et le retour de cet investissement (récolte) est particulièrement longue, en général plus de 25 ans. Ainsi, si l'on précise dans le modèle que les coûts sont supportés en début de rotation alors que les bénéfices ne surviennent qu'à la fin de celle-ci, on peut écrire à partir du profit ci-dessus la valeur présente de la récolte :  $v(A) = PQ(A) - c e^{-rA}$ , où  $r$  représente le taux d'actualisation ( $0 < r < 1$ ).

Enfin, l'extension du raisonnement à un horizon infini constitué de plusieurs périodes de même durée permet de réécrire la valeur nette présente de la façon suivante :

$$V(A) = \sum_{i=1}^{\infty} \left( \frac{PQ(A) - c e^{-rA}}{e^{-rAi}} \right),$$

en utilisant le théorème des suites géométriques infinies, il vient l'expression courante de la valeur présente des arbres sur pieds :

$$V(A) = \frac{PQ(A) - c e^{-rA}}{e^{-rA} - 1}$$

## Annexe 6 : Courbe de Schaefer

Le modèle de Schaefer (1954) est le modèle de base de l'analyse économique de l'exploitation des ressources. Il permet facilement la comparaison des différentes situations d'équilibre. La croissance de la biomasse du stock dépend du prélèvement opéré sur ce stock. Schaefer (1954) introduit le niveau des captures dans le modèle biologique, en supposant que le rapport des captures sur l'effort est proportionnel à la biomasse, c'est-à-dire  $Y/E=qB$ , où  $E$  représente l'effort de pêche total exercé sur le stock et  $q$  le coefficient de capturabilité (paramètre correspondant notamment à l'accessibilité de la ressource, à l'efficacité et à la sélectivité de l'engin de pêche).

La croissance nette de la biomasse du stock est décrite par l'équation différentielle suivante :  $dB/dt = F(B) - Y$ , où  $Y = qEB$

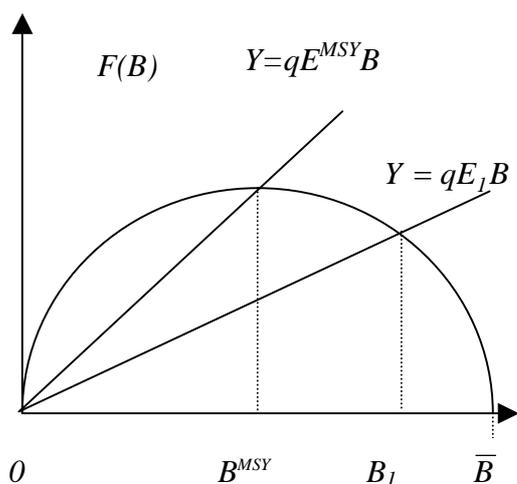
$F(B)$  est la fonction de production biologique du stock

A l'équilibre ( $dB/dt = 0$ ), le prélèvement opéré sur le stock est égal au surplus de production biologique, soit  $F(B) = qEB$  ou encore  $\rho B(1 - B/\bar{B}) = qEB$ . On en déduit donc une relation décroissante entre le niveau de biomasse et l'effort de pêche :  $B = \bar{B}(1 - qE/\rho)$ , assurant un équilibre croissance-pêche. Tout niveau de biomasse compris entre 0 et  $\bar{B}$  peut rester constant à condition de maintenir l'effort de pêche à un niveau compris entre un effort nul et l'effort maximum possible. Si l'effort de pêche est tel que le prélèvement sur le stock est supérieur à la reproduction de la biomasse du stock, celle-ci diminue et inversement.

Le niveau soutenable des captures (égal au surplus de production biologique) pour chaque niveau de biomasse correspond à un niveau d'effort de pêche  $E$ . Il existe donc une relation parabolique entre ces captures et l'effort de pêche, soit :  $Y = qEB = qE\bar{B}(1 - qB/\rho)$ . Les captures soutenables vont croître avec l'effort de pêche jusqu'à atteindre un maximum correspondant au MSY, à partir duquel elles diminuent. Les captures sont maximales lorsque le niveau de l'effort de pêche est égal à la moitié du niveau maximum ( $E^{MSY} = \rho/2q$ ), elles seront nulles là où l'effort sera trop intense ( $E_{max} = \rho/q$ ) ou nul.

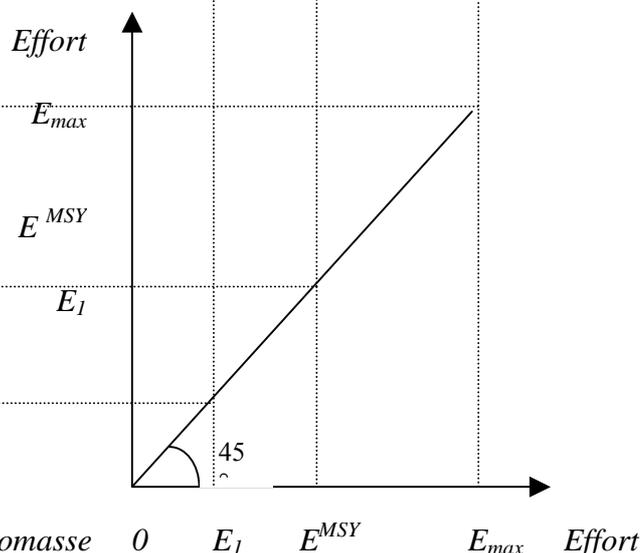
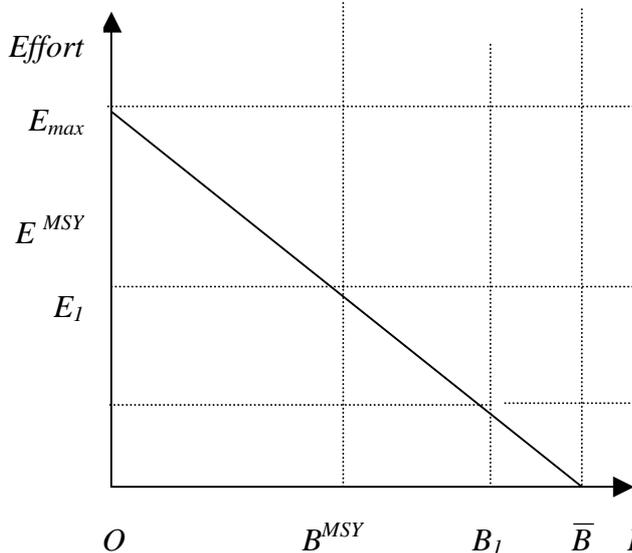
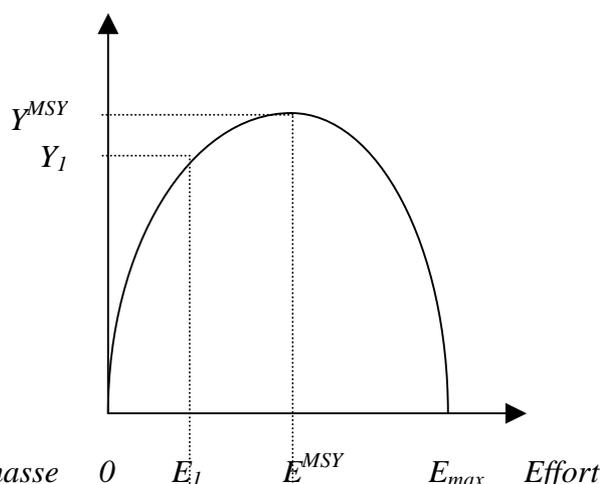
Le graphique ci-dessous illustre le modèle de Schaefer. Le quadrant N-O représente la production biologique du stock en fonction de la biomasse ainsi que la droite de capture. Le quadrant S-O est la droite de Schaefer qui représente la relation décroissante entre la biomasse et l'effort de pêche assurant un équilibre croissance-pêche. Le quadrant S-E permet juste de pivoter de la droite de Schaefer à la courbe de Schaefer (quadrant N-E) illustrant les niveaux de captures équilibrées en fonction de l'effort de pêche. On peut remarquer graphiquement que deux niveaux d'effort de pêche peuvent conduire à un même niveau de capture soutenable. Ils correspondent à deux niveaux différents de biomasse.

Fonction de reproduction et captures



Courbe de Schaefer

Captures soutenables  $Y(E)$



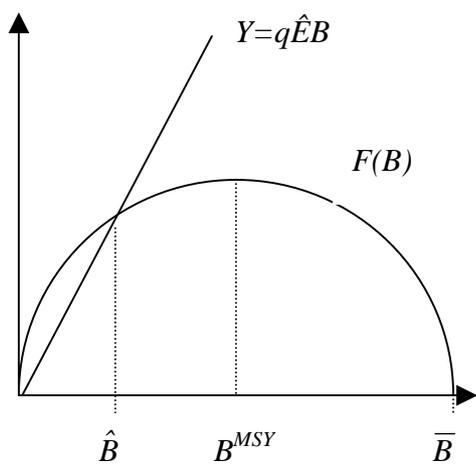
Droite de Schaefer

Le modèle de Gordon-Schaefer prolonge le modèle précédent en introduisant des variables économiques. Il permet d'illustrer la situation du libre accès à une ressource et traduit donc le comportement des pêcheurs exploitant un stock sans aucune coordination, conduisant ainsi à un équilibre concurrentiel.

En supposant un prix exogène et constant par unité pêchée, on passe d'une courbe de niveau soutenable des captures à une courbe de recettes soutenables de même allure, soit  $RT = pY(E)$ . Dans le cadre de ce modèle, les coûts d'exploitation subis par les pêcheurs sont supposés proportionnels à l'effort de pêche et constants, soit  $CT = c E$ .

Graphique 7. Libre accès à la ressource et courbe de Schaefer

Fonction de reproduction et captures



Revenu soutenable et coût

