

« Journées Amure » - restitution du GdR Amure  
27 et 28 mai 2009

# Gestion optimale d'une espèce invasive

C. Ropars-Collet et Ph. Le Goffe  
Agrocampus Ouest – UMR1302 SMART

# Les espèces invasives

- Espèces animales ou végétales, aquatiques ou terrestres
- Problèmes écologiques et économiques
  - Dégradation des écosystèmes
  - Dégradation des flux de services écologiques
    - ⇒ Dommages économiques
- Invasion des milieux aquatiques par la Jussie en France
  - Plante à fort potentiel de colonisation (milieux stagnants ou à faible courant)
  - Atteinte sur les écosystèmes et leur fonctionnalité (asphyxie des milieux, perte de biodiversité, altération de la qualité des eaux, envasement, etc.)
  - Atteinte sur les usages récréatifs du milieu (pêche, chasse, sports nautiques, etc.)

# Lutte contre la prolifération de la Jussie

- Gestion préventive (pose de filtres, aménagement de milieux) :
  - Difficile, sources de colonisation multiples
- Gestion curative (arrachages mécanique, manuel, traitement, chimique, curage)
  - Interventions lourdes en termes de moyens techniques et financiers
  - Milieux très réactifs aux opérations de gestion
  - Eradication complète impossible
- Objectif des gestionnaires de sites:
  - Maintenir l'invasion à des niveaux très bas
  - Minimiser les nuisances et la dispersion
  - Gestion « à tout prix » pas toujours économiquement optimale

# Cadre d'analyse pour une gestion optimale

- Littérature sur les espèces invasives :
  - Olson et Roy (2002) pas d'application empirique
  - Horan et Bulte (2004), Rondeau (2001): espèce animale source de valeurs et de nuisances
  - Eiswerth et Johnson (2002) : nuisances mais coût de gestion ne dépendant que du prélèvement (leur solution ne correspond pas à un minimum!
- La Jussie est une ressource renouvelable, uniquement source de nuisances : dommages économiques
- Modèle bioéconomique dynamique:
  - Minimiser la valeur actualisée des coûts de gestion et des dommages générés par la prolifération de la Jussie
  - Sous contrainte de la fonction de production de l'espèce invasive
  - Arbitrage dans le temps entre laisser l'espèce proliférer et subir des dommages plus tard, ou contrôler la colonisation, voire éradiquer

# Modèle bioéconomique

- Coûts de gestion :  $C(Y,S)$ 
  - croissants avec le prélèvement  $Y$
  - décroissants avec la taille de l'invasion  $S$  (externalité négative du stock)
- Dommages économiques :  $F(S)$ 
  - Croissants avec la taille de l'invasion
- Production naturelle de l'espèce :  $G(S)$ 
  - $S$  suit une loi de croissance logistique

• Le problème s'écrit :

$$\mathbf{Max}_Y - \int_0^{+\infty} e^{-rt} (C(Y,S) + F(S)) dt$$

$$\mathbf{sc} : \dot{S} = G(S) - Y$$

$$Y \geq 0, S \geq 0$$

- Problème de contrôle optimal classique, où le Hamiltonien courant s'écrit :

$$\tilde{H} = -F(S) - C(Y, S) + \mu(G(S) - Y)$$

- Où  $\mu$  est la valeur virtuelle (négative) de l'espèce invasive
- Accroissement de la perte (virtuelle) en valeur due à l'accroissement de l'invasion
- **Condition nécessaire pour une solution optimale:**
  - Si  $C_Y > -\mu \Rightarrow Y = 0$  : éradication
  - Si  $C_Y = -\mu \Rightarrow Y > 0$  : solution intérieure

# Condition nécessaire pour une solution optimale

$$r - G_s = (F_s + C_s) / C_y$$

- Ecart entre tx d'intérêt et tx de rdt du stock (ou productivité marginale) = somme du dommage et du gain (en terme de baisse de coûts) d'une unité supplémentaire de biomasse rapportée au coût marginal

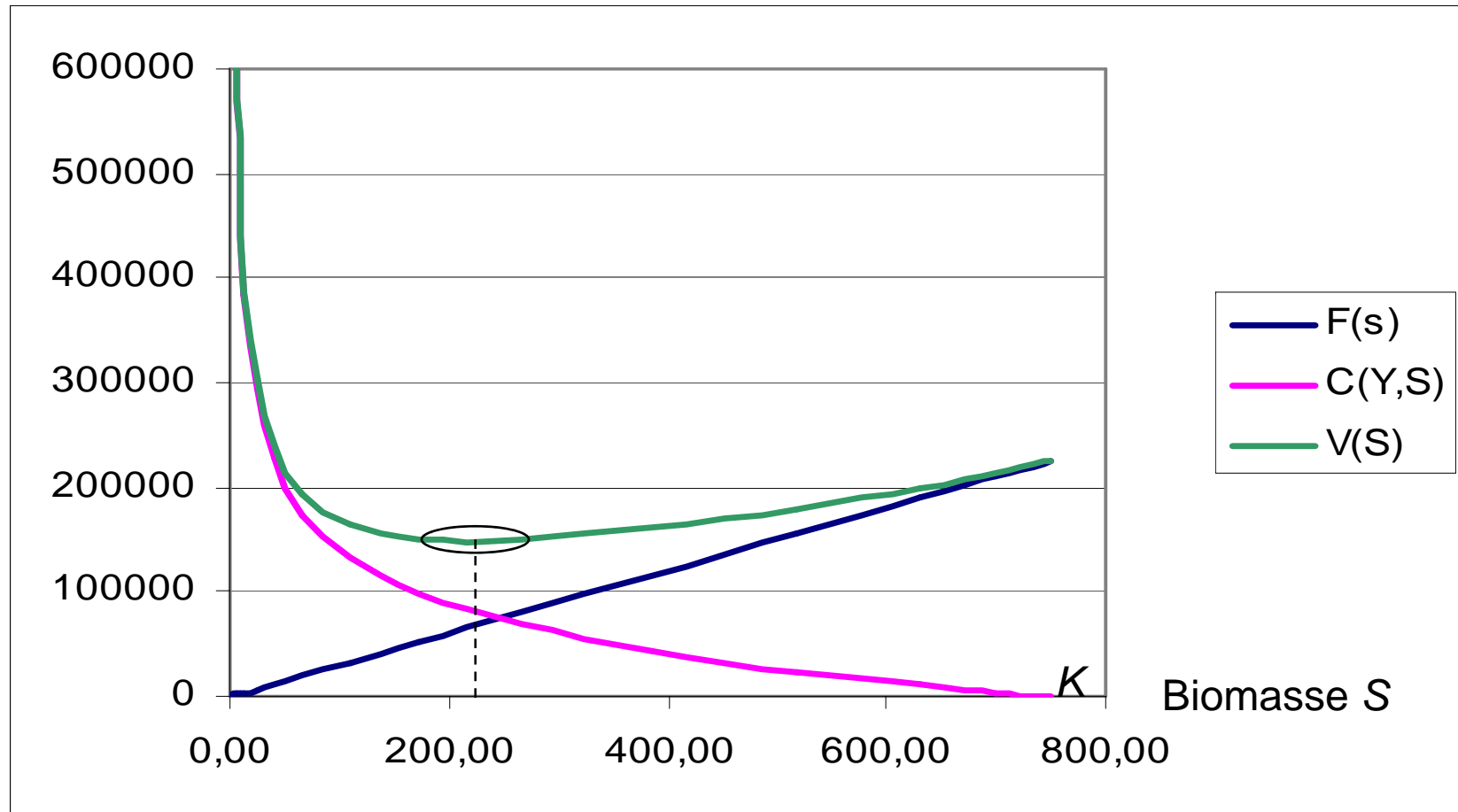
Ou encore:

$$C_y(G_s - r) + F_s = - C_s$$

- Coût marginal social de l'invasion = gain réalisé sur l'externalité de stock

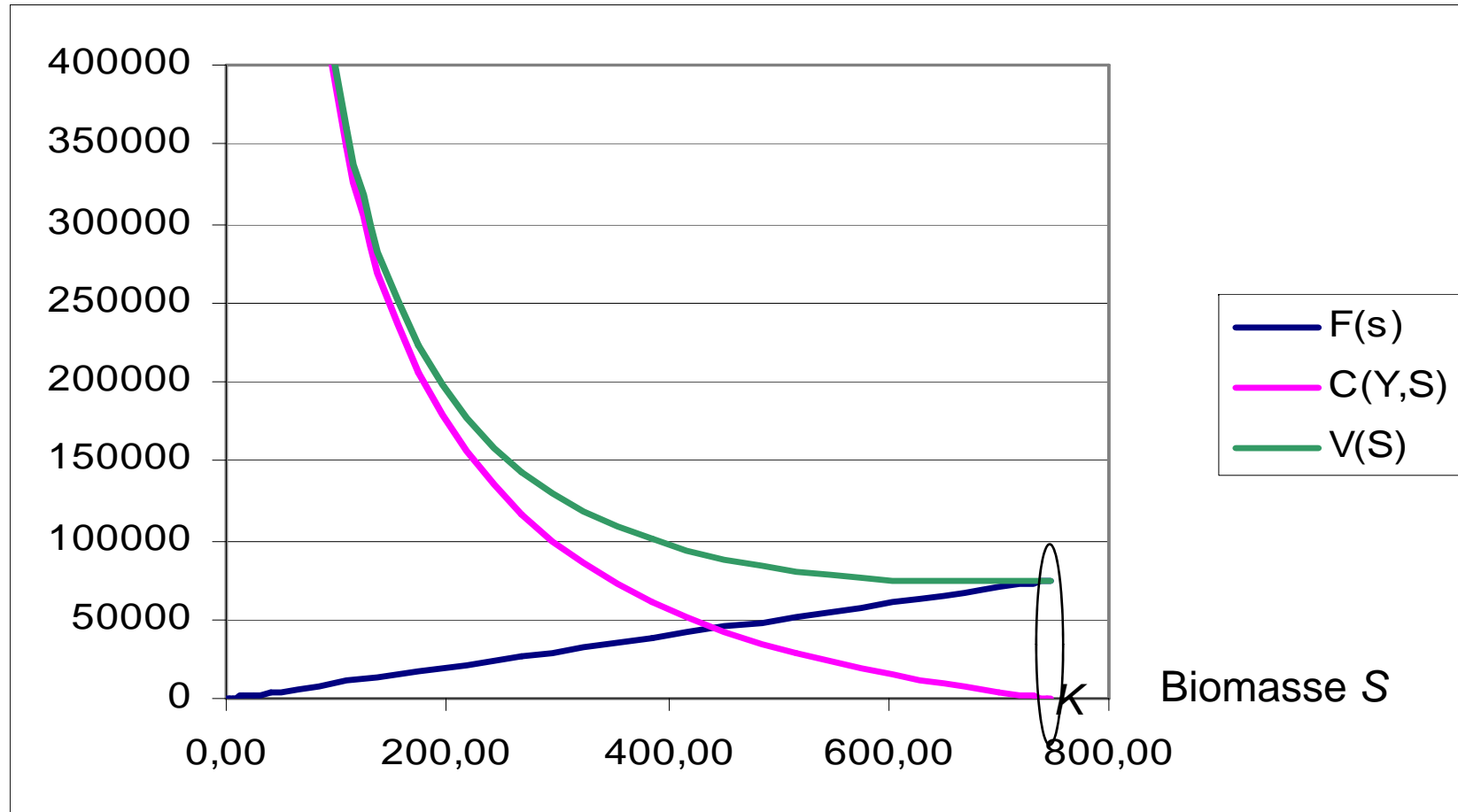
Avec  $Y^* = G(S^*)$  équilibre croissance-prélèvement

Solution optimale (cas où  $r=0$ ) :  $0 < S^* < K$

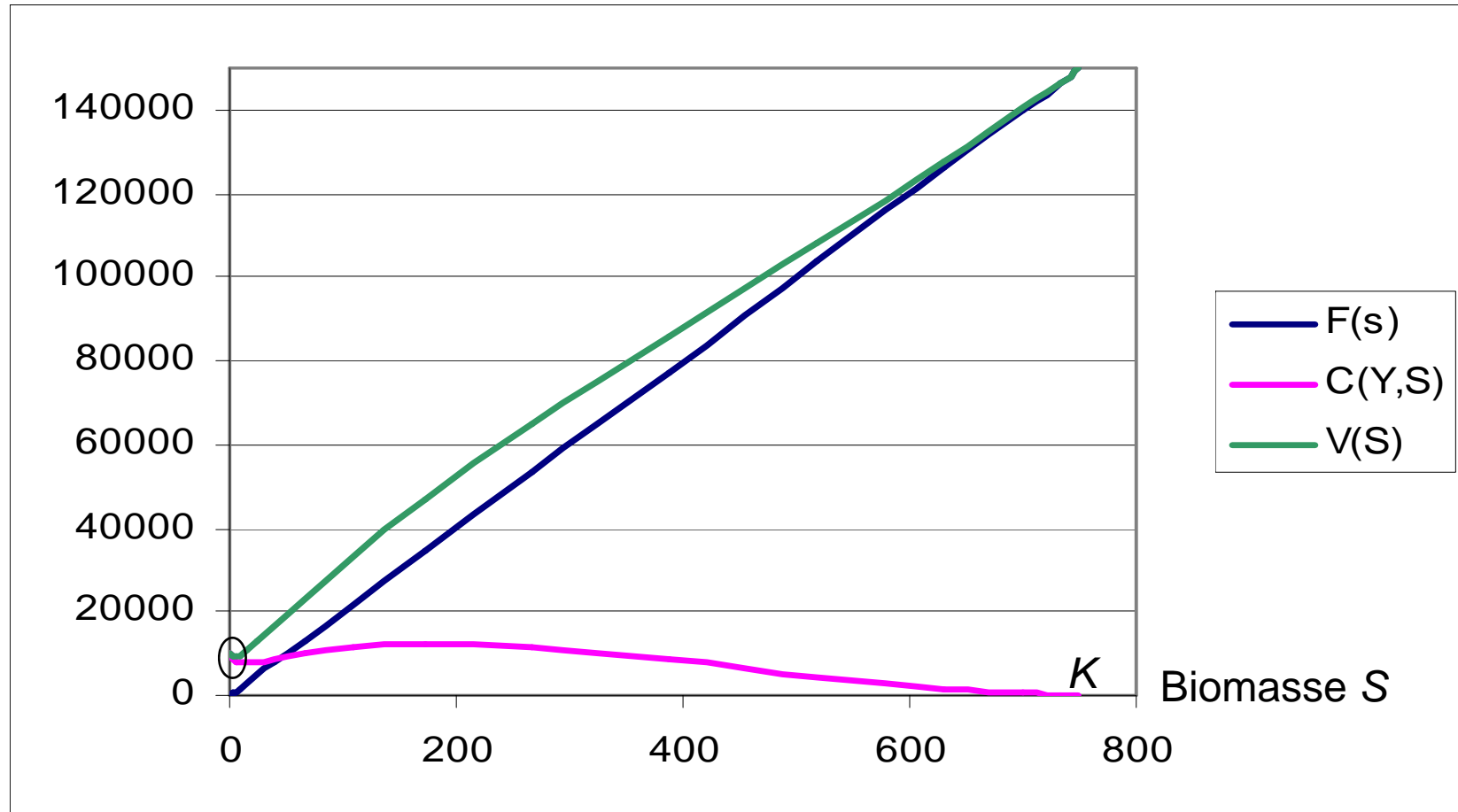




# Externalité de stock importante et dommages marginaux faibles ( $r=0$ ) : $S^*=K$



Externalité de stock faible et dommages marginaux importants ( $r=0$ ) :  $S^*$  proche de 0



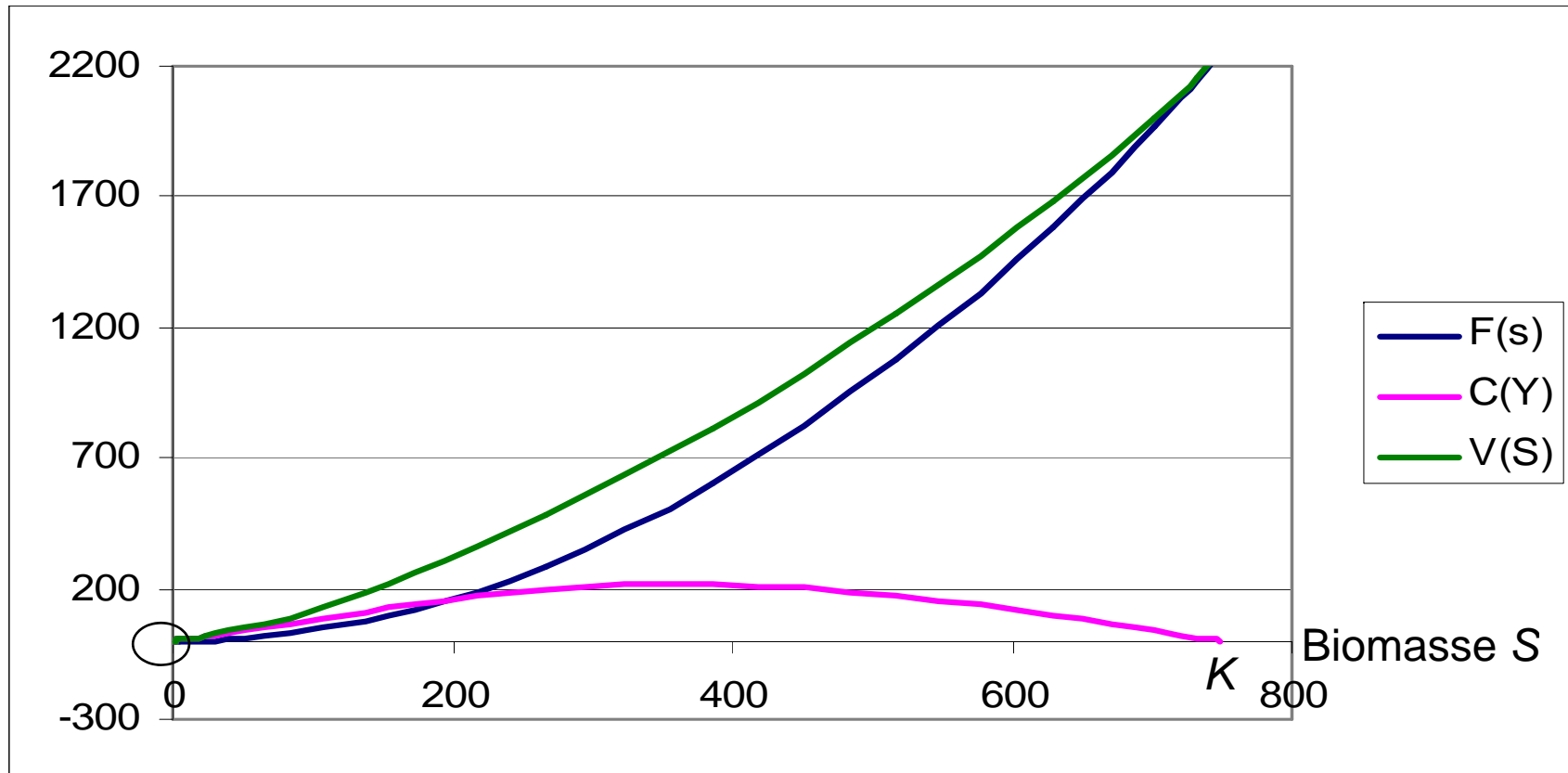
## Remarque

Sans externalité de stock (*i.e.* si le coût de prélèvement d'une unité est indépendant de la taille de l'invasion), les conditions nécessaires ne conduisent pas à un minimum global :

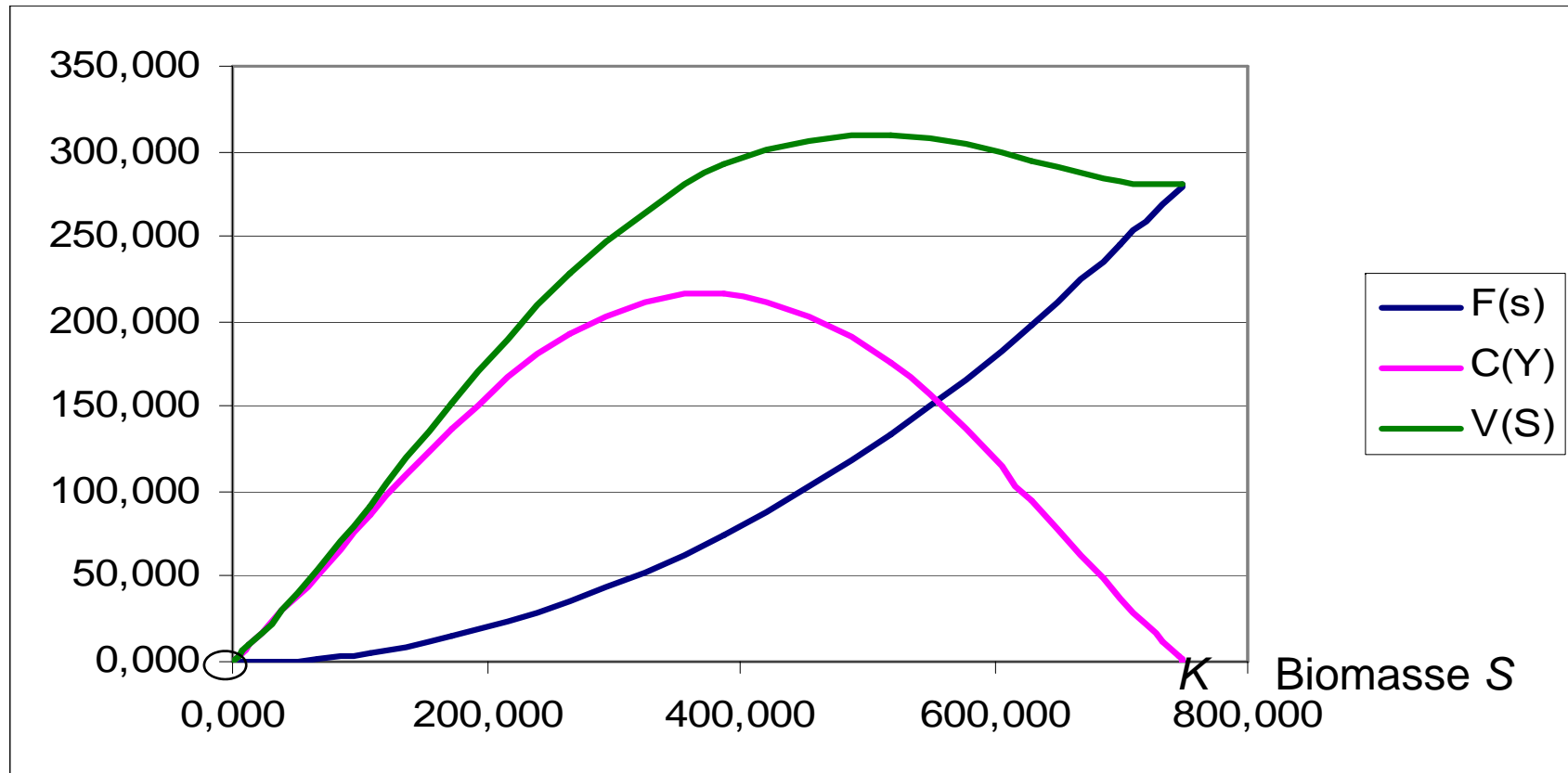
- La seule solution est l'éradication
- On cherche à minimiser  $C(Y)+F(S)$  avec un équilibre entre croissance et prélèvement, soit:  $Y=G(S)$
- $C(0)+F(0)$  toujours  $<$  à  $C(Y) +F(S)$

Solution optimale :  $S^* = 0$

# Absence d'externalité de stock et dommages marginaux croissants



# Absence d'externalité de stock et dommages marginaux croissants

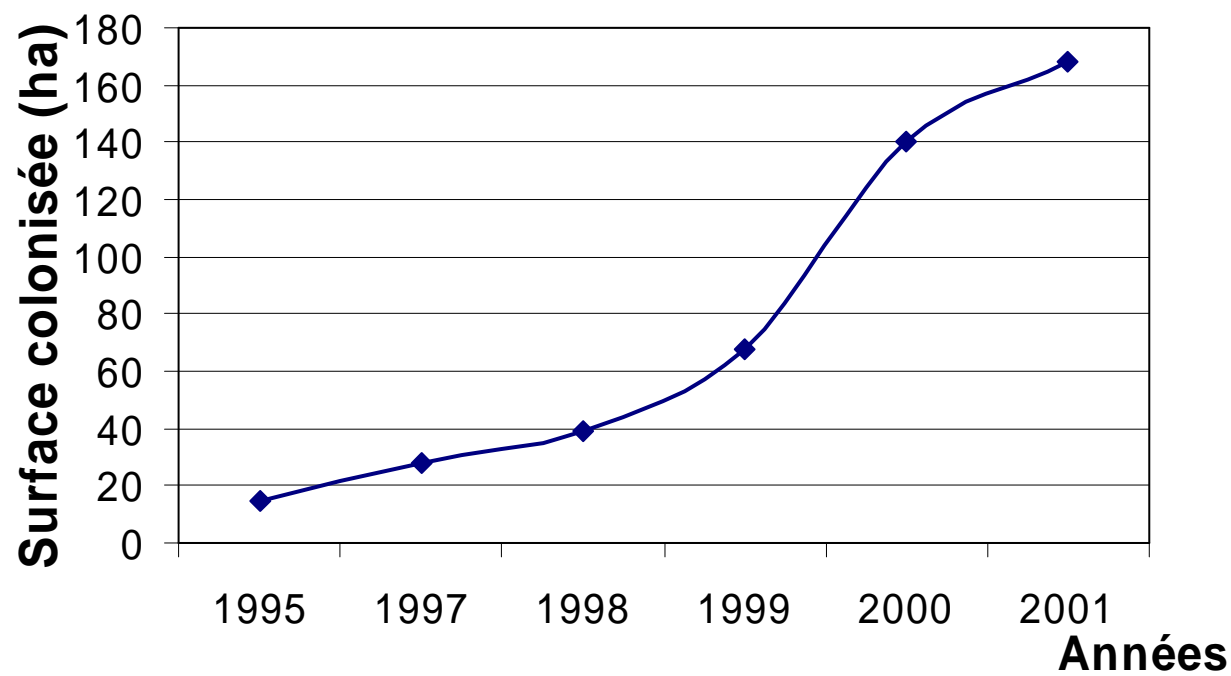


- Existence de la solution sensible au paramétrage des fonctions ( $C(Y,S)$ ,  $F(S)$ )
- Solutions pouvant être très différentes :
  - d'un site à l'autre
  - selon les techniques de contrôle utilisées
  - selon les usages et donc les dommages occasionnés
  - selon les mécanismes de diffusion

# **Quelques résultats empiriques**

- **Fonction de production naturelle de la jussie**
- **Fonction de coût de gestion**
- **Fonction de dommages**

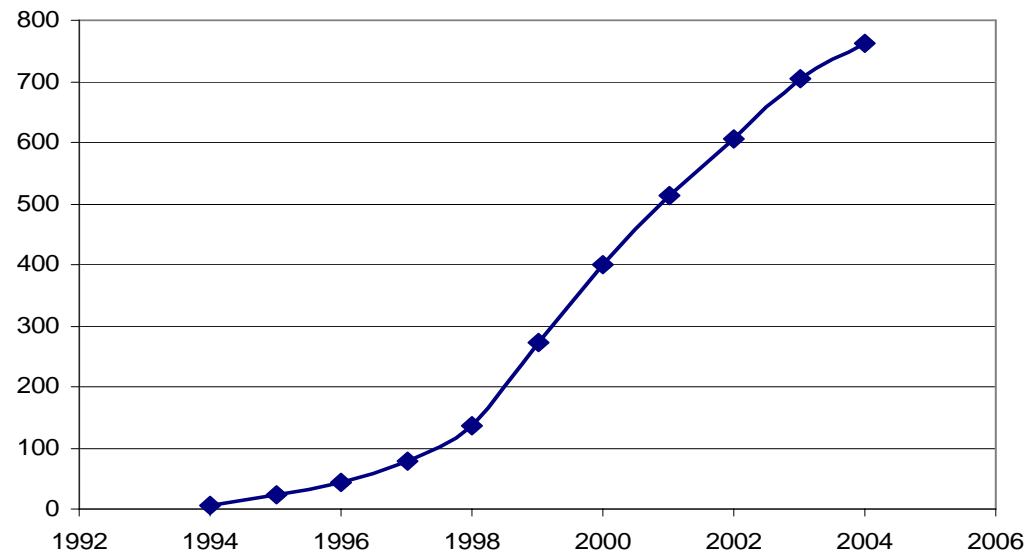
# Évolution de la colonisation du parc naturel de Brière par la jussie



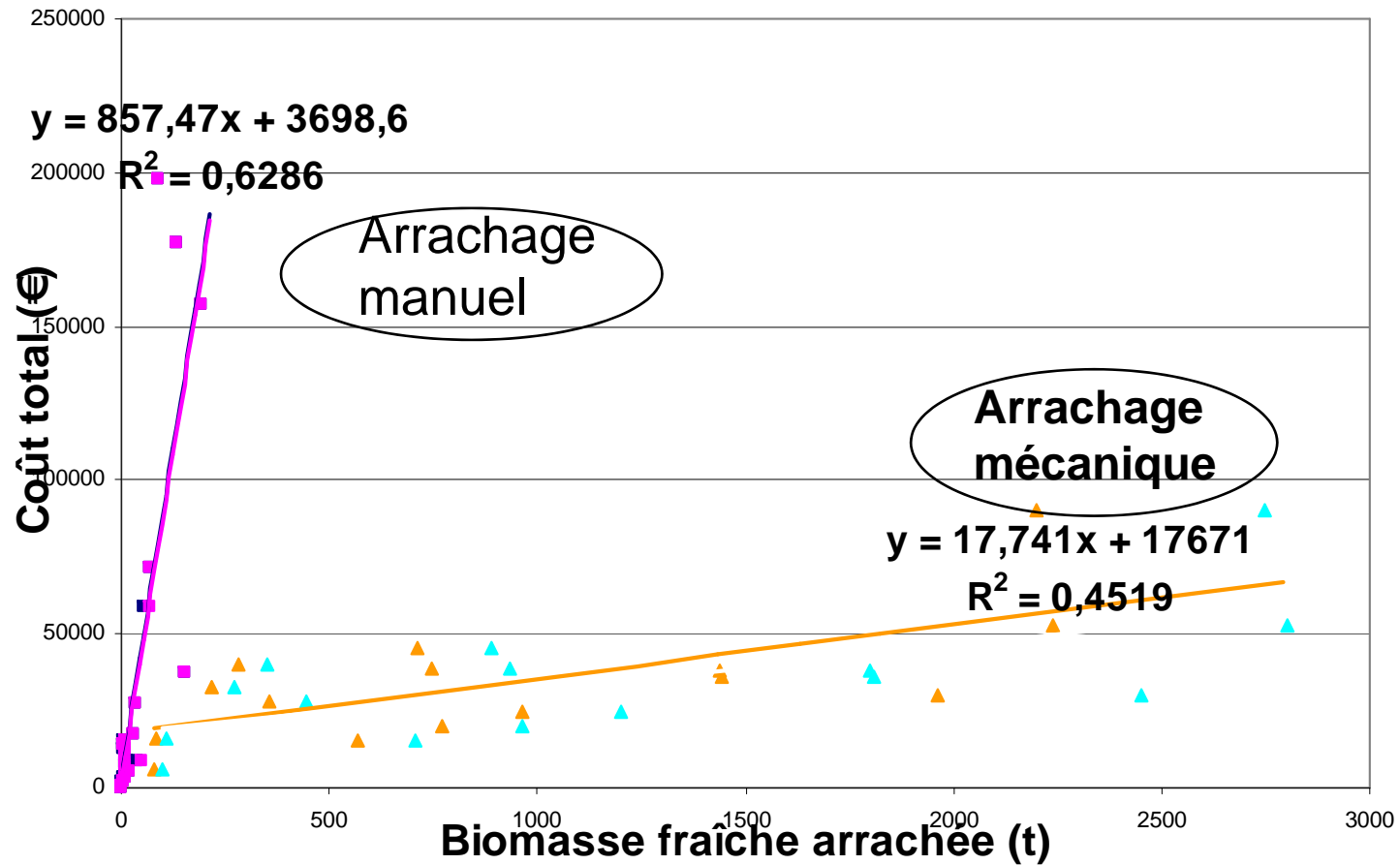


# Évolution de la colonisation du marais poitevin par la Jussie

linéaire colonisé (km)



# Coûts des interventions de gestion en fonction de la biomasse arrachée



## La fonction de coût

- Différenciation des structures de coûts pour les arrachages manuel et mécanique.
- Coût moyen compris entre:
  - **1100 et 1330 €/tonne** de biomasse fraîche arrachée pour l'**arrachage manuel**.
  - **51 et 64 €/tonne** de biomasse fraîche arrachée pour l'**arrachage mécanique**
- Relation décroissante entre les coûts marginaux d'extraction et l'état de la colonisation
- Calibrage d'une fonction de coût  $C(Y,S)$  sur quelques données sur la gestion du marais Poitevin

## La fonction de dommage

- Nombreux usages affectés
- Dommages évalués à partir de dépenses des visiteurs pour la pratique d'activités récréatives sur le marais poitevin (660€ de dommages par tonne de biomasse fraîche)

## Solution optimale sur le marais poitevin

Biomasse  $S^*=250$  tonnes, prélèvement  $Y^*=174$  tonnes par an : cohérent avec les pratiques courantes sur ce site

# Conclusion

- Eradication meilleure solution si absence d'un effet stock sur les coûts (situation rare)
- Maintien d'un stock à un niveau non nul si le coût des dernières unités à prélever augmente fortement (invasion contrôlée)
- « Laissez-proliférer » si effet stock sur les coûts exorbitants par rapport aux dommages
- Solutions d'équilibre de long terme, mais si l'état de la colonisation est loin du stock optimal, il peut être trop coûteux d'essayer de l'atteindre
- Analyse empirique exploratoire....
  - Peu de données sur les coûts de gestion
  - Evaluation de l'ensemble des dommages difficile
  - Analyse à approfondir pour pouvoir déboucher sur des recommandations en terme de stratégies de gestion mais problème des données non disponibles ou insuffisantes!