

Forêts et écosystèmes cultivés : vers une intensification écologique ?

Impacts de l'intensification des fonctions de préservation de la biodiversité et de production de bois sur la flexibilité de la sylviculture en futaie irrégulière.

Bruno Bonté^{1,2,4}, Jean-Denis Mathias¹, Francis de Morogues³ et Thomas Cordonnier²

¹ Laboratoire d'Ingénierie pour les **S**ystèmes **C**omplexes (**LISC**) **IRSTEA**

² **E**cosystèmes **M**ontagnards (**EM**) **IRSTEA**

³ **F**orêt **C**ellulose **B**ois-construction **A**meublement (**FCBA**)

⁴ **G**estion de l'**E**au, **A**cteurs, **U**sages (**GEAU**) **IRSTEA**

Introduction

La forêt est un système contrôlé

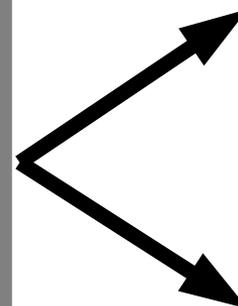
Recommandation
environnementale



Demande de
production



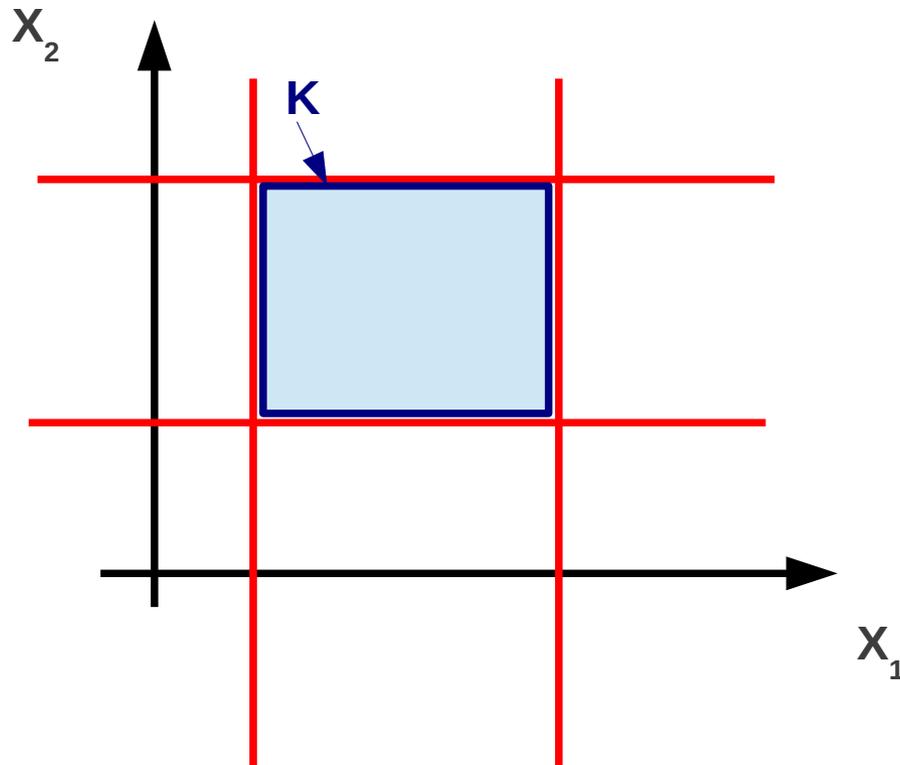
Fonction de
préservation



Fonction de
production

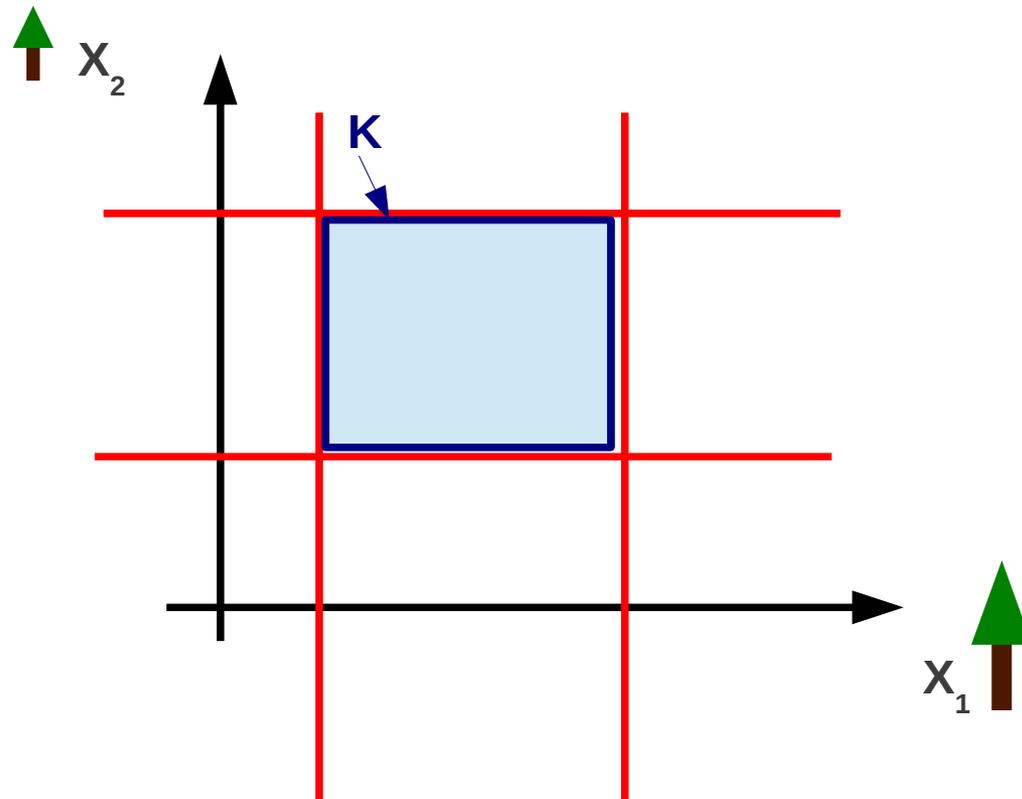
Introduction

Application de la théorie de la viabilité



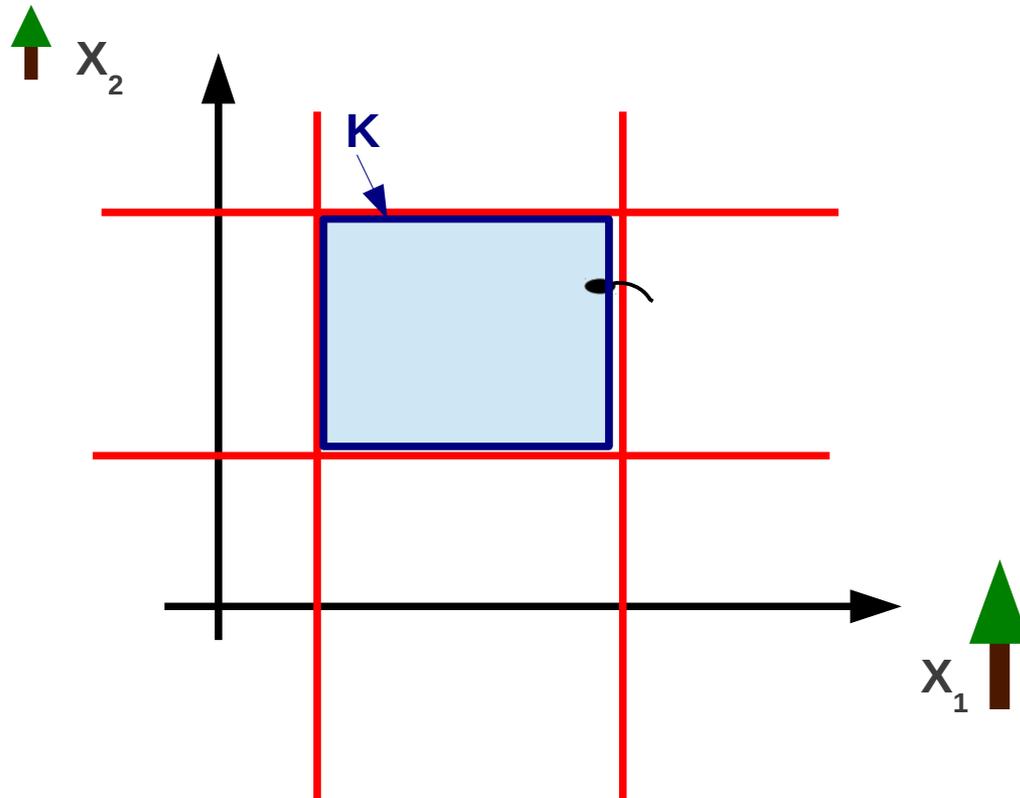
Introduction

Application de la théorie de la viabilité



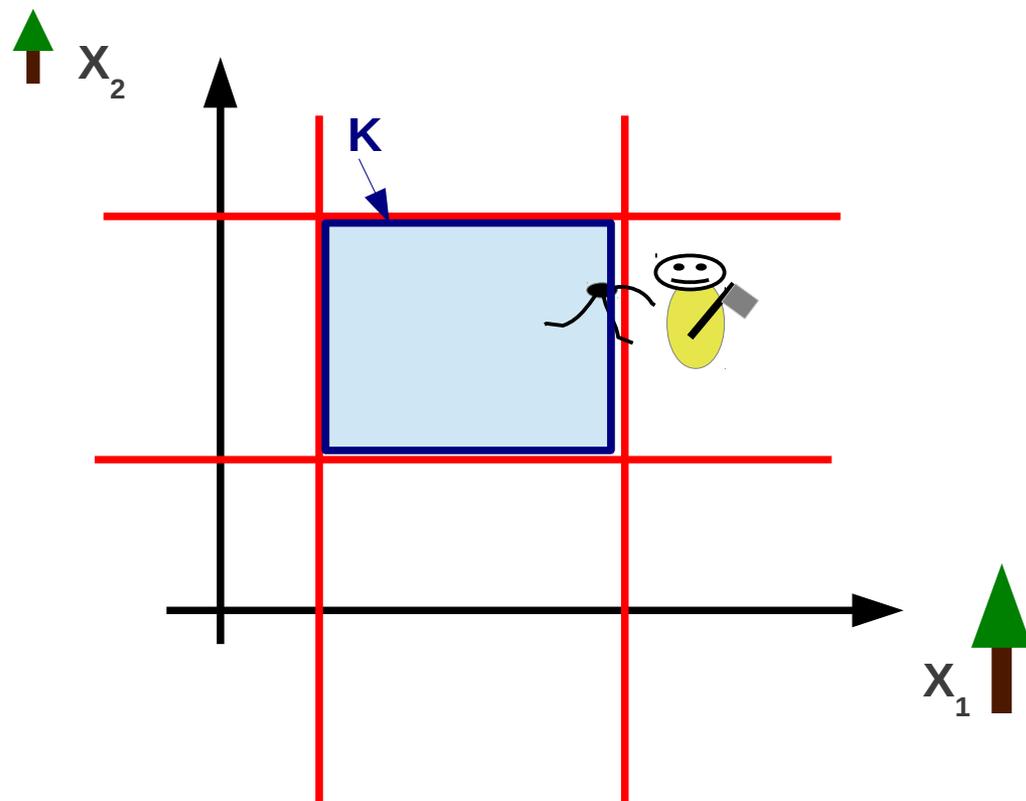
Introduction

Application de la théorie de la viabilité



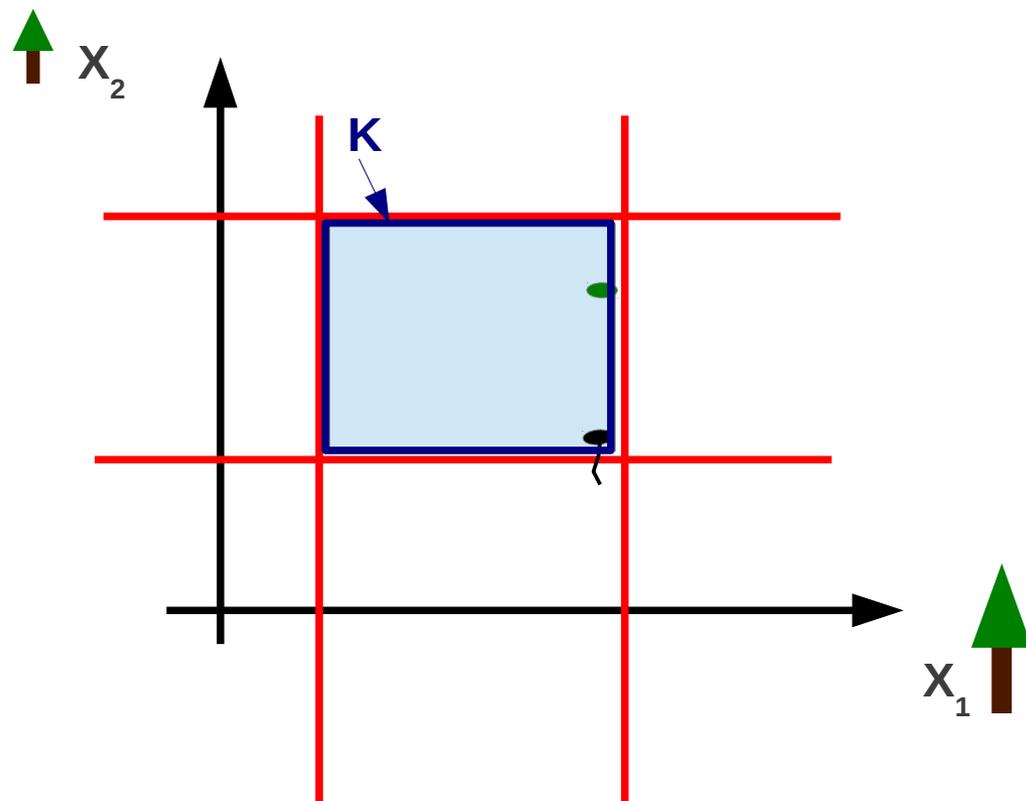
Introduction

Application de la théorie de la viabilité



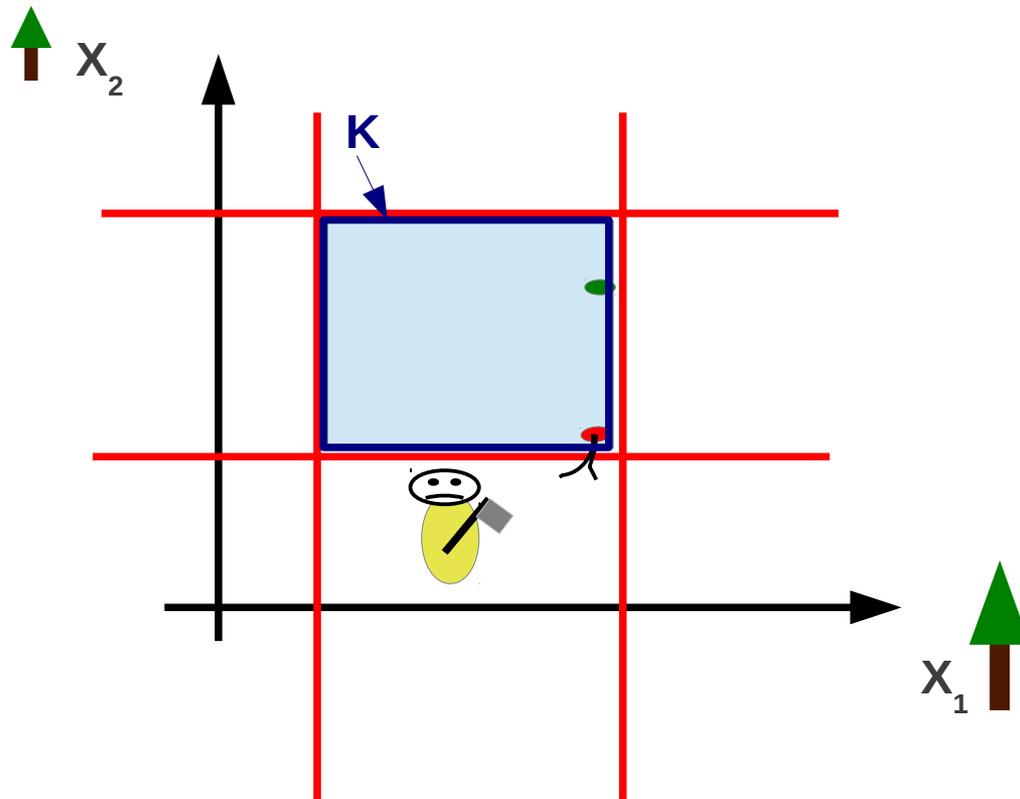
Introduction

Application de la théorie de la viabilité



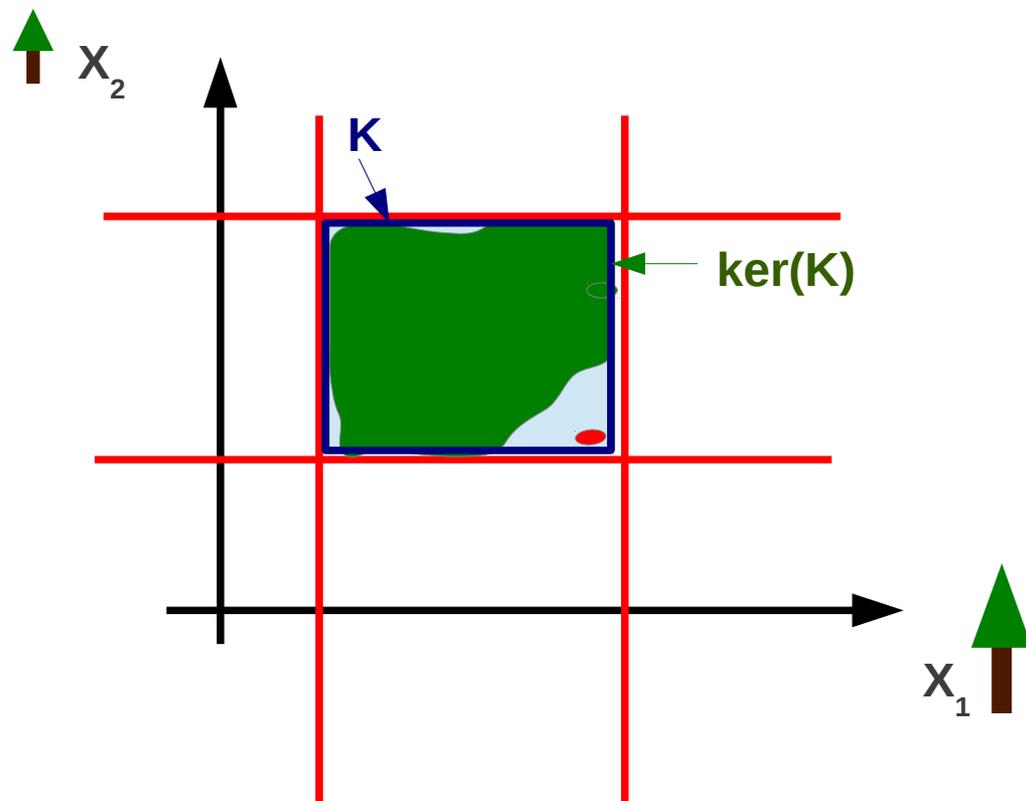
Introduction

Application de la théorie de la viabilité



Introduction

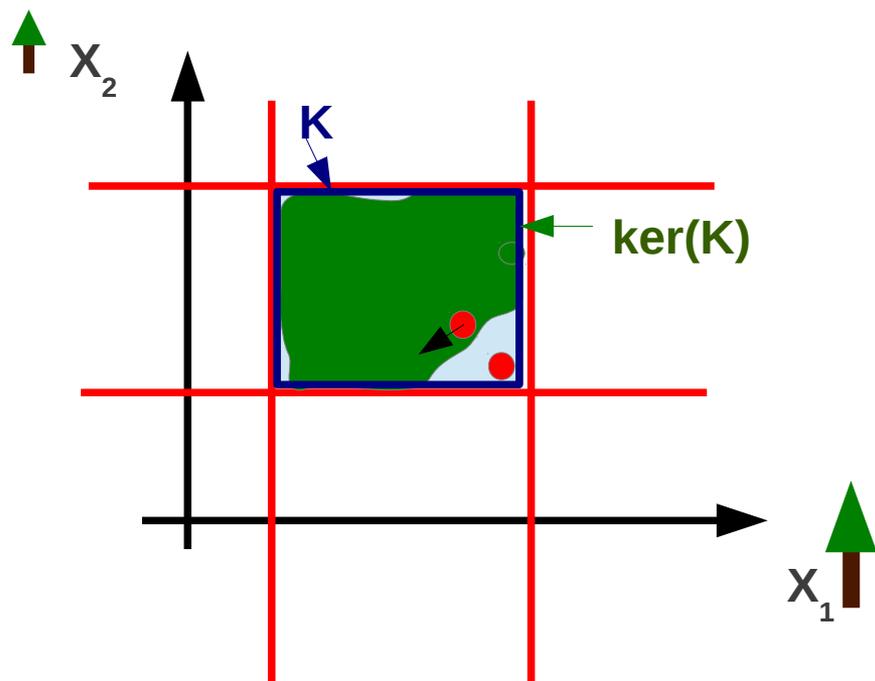
Application de la théorie de la viabilité



Introduction

Application de la théorie de la viabilité

Introduction d'une mesure de flexibilité

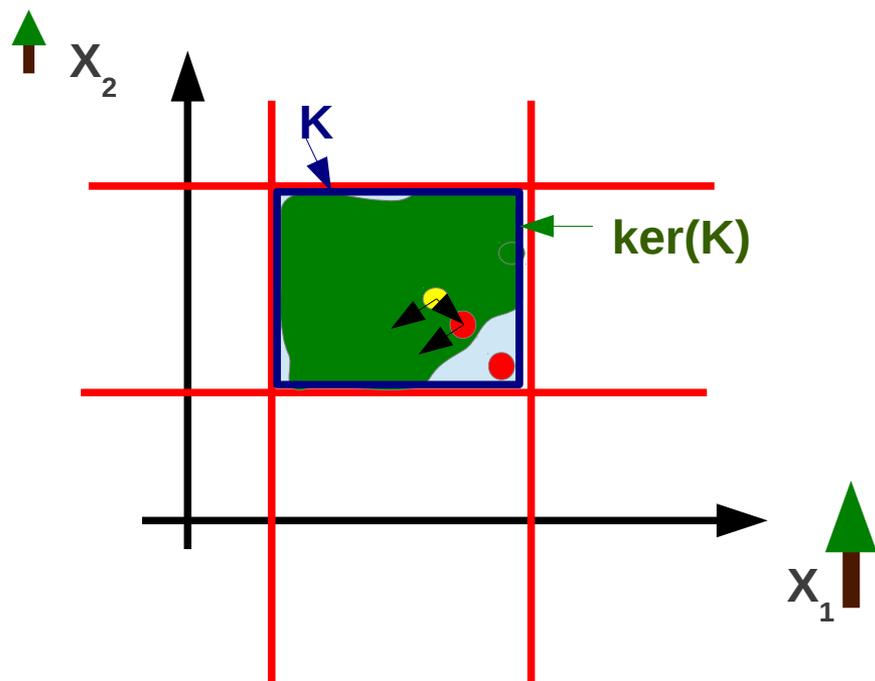


Locale

Introduction

Application de la théorie de la viabilité

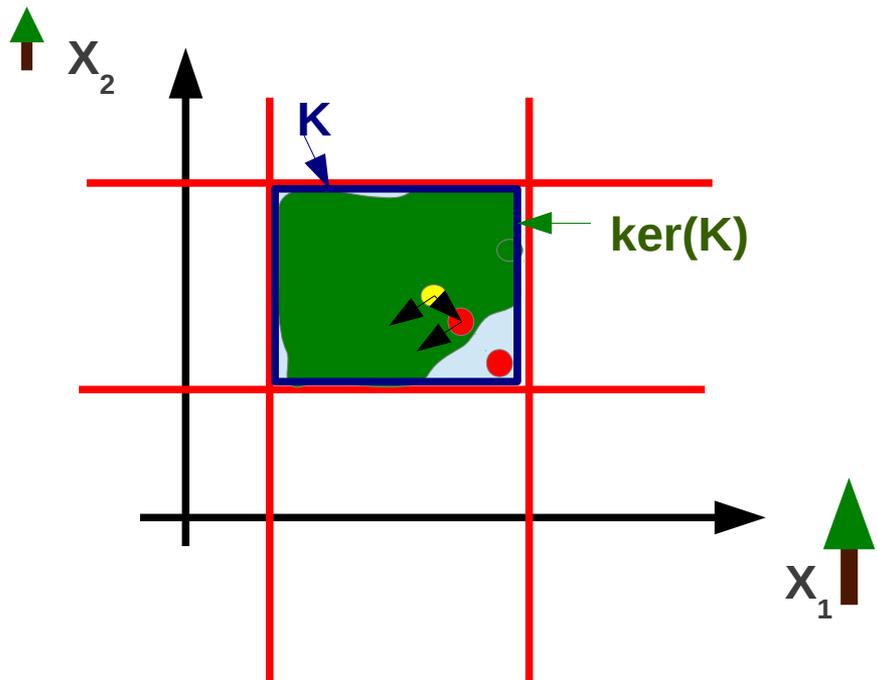
Introduction d'une mesure de flexibilité



Locale

Introduction

Application de la théorie de la viabilité



Introduction d'une mesure de flexibilité

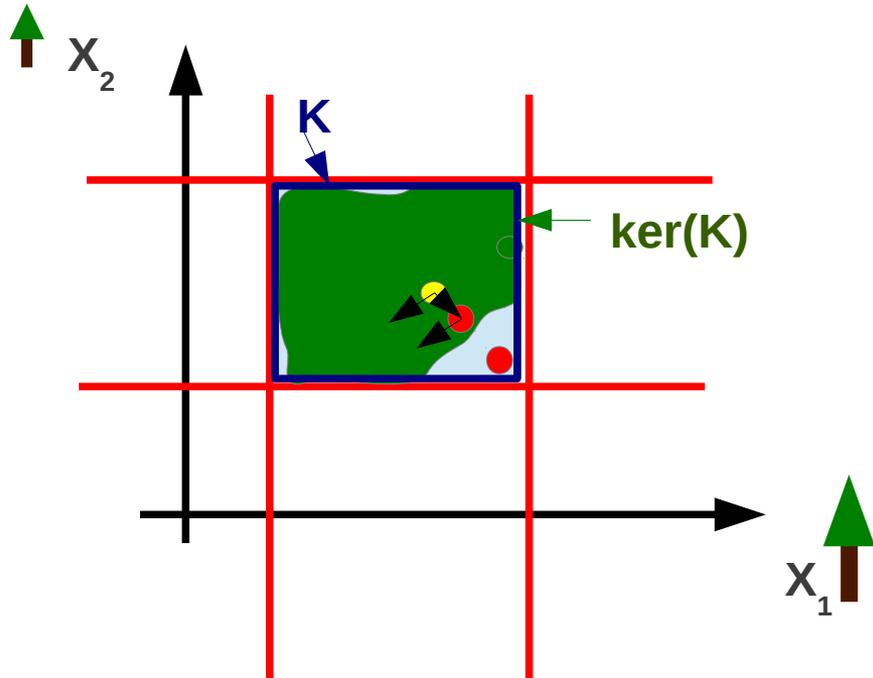


Locale

$$f(x) = \frac{|u_v(x)|}{|U|}$$

Introduction

Application de la théorie de la viabilité



Introduction d'une mesure de flexibilité



Locale

$$f(x) = \frac{|u_v(x)|}{|U|}$$

Globale

$$F(\Sigma, K) = \frac{\int f(k) dk}{\int dk}$$

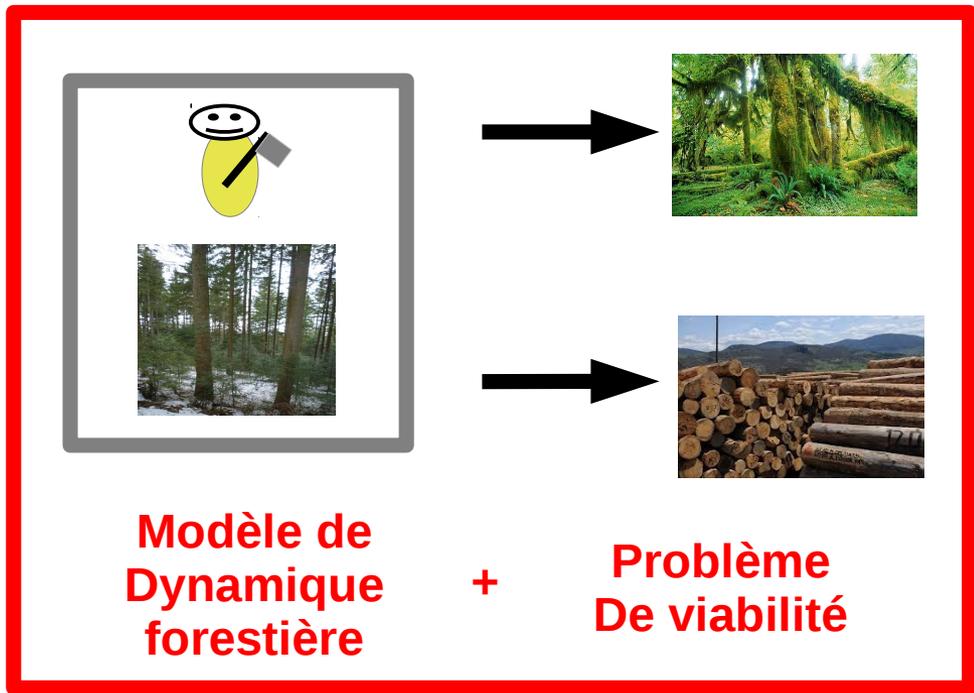
Introduction

Application de la théorie de la viabilité

Intensification de la fonction de Production:
 - Augmentation de la demande en bois



Intensification de la Fonction de préservation
 - Augmentation de la quantité minimale du volume de bois mort / ha



Quel impact de l'intensification des fonctions de préservation de la biodiversité et de production de bois sur la flexibilité ?



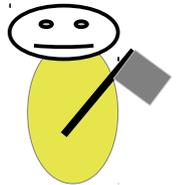
EFFET SUR LA FLEXIBILITÉ

Plan de la présentation

I. Modèle et problème de viabilité

II. Scénarios et résultats

III. Conclusions et perspectives

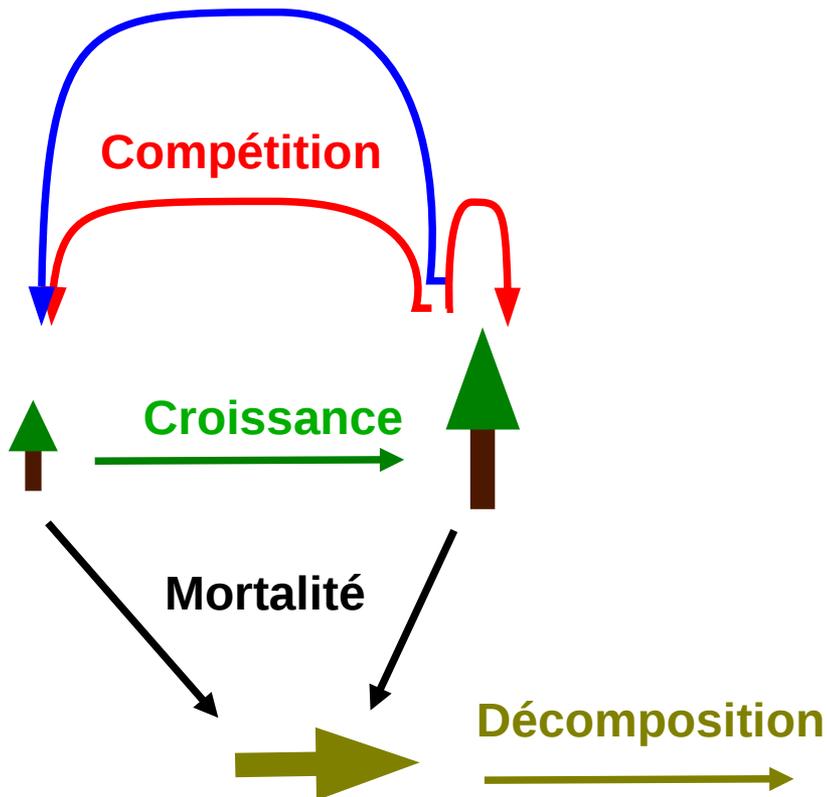


I. Modèle et Problème de viabilité

Modèle deux strates

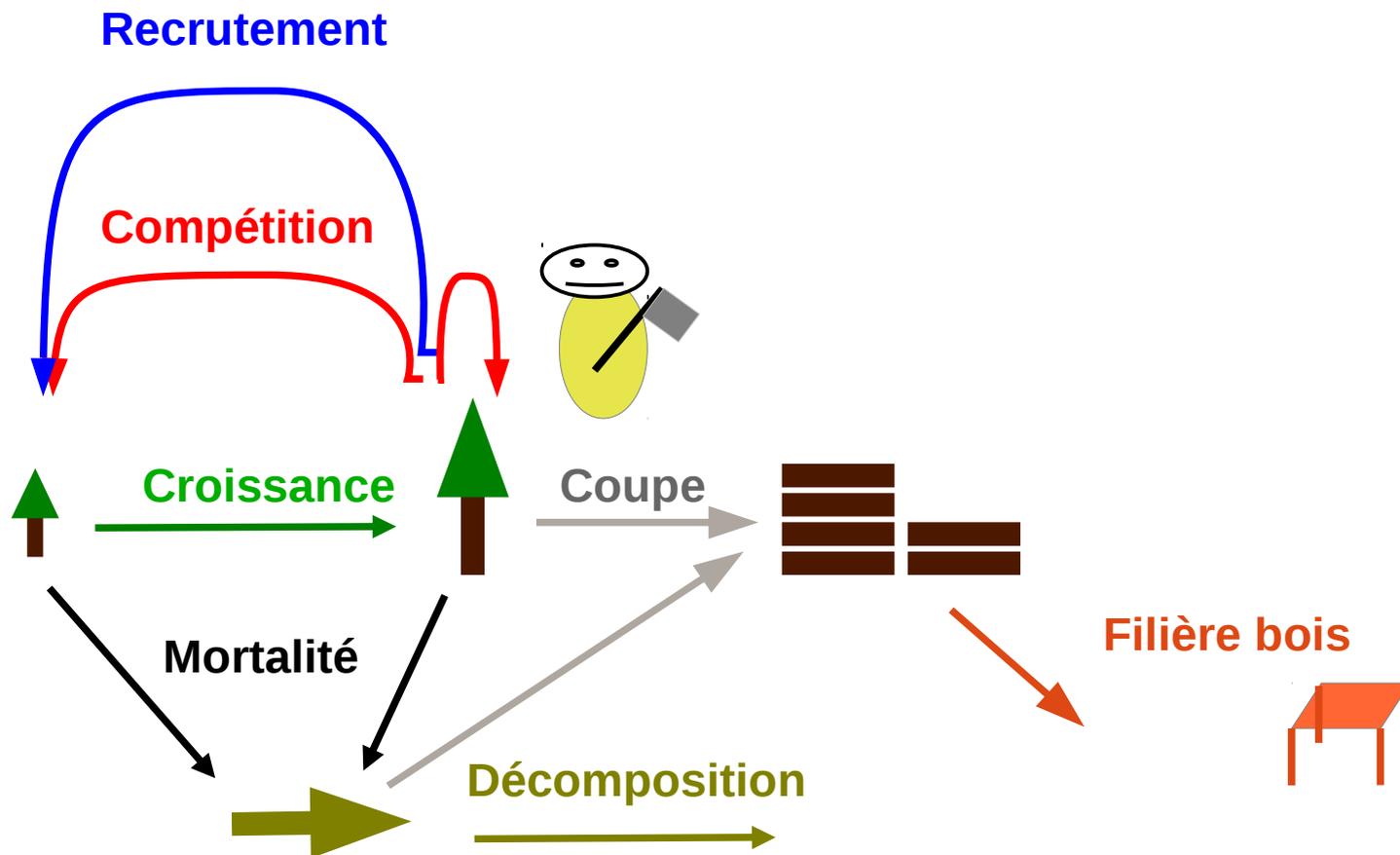
Inspiré de : T.S. Kohyama and T. Takada., 2012

Recrutement



I. Modèle et Problème de viabilité

Modèle deux strates + coupes et dynamique de filière



I. Modèle et Problème de viabilité

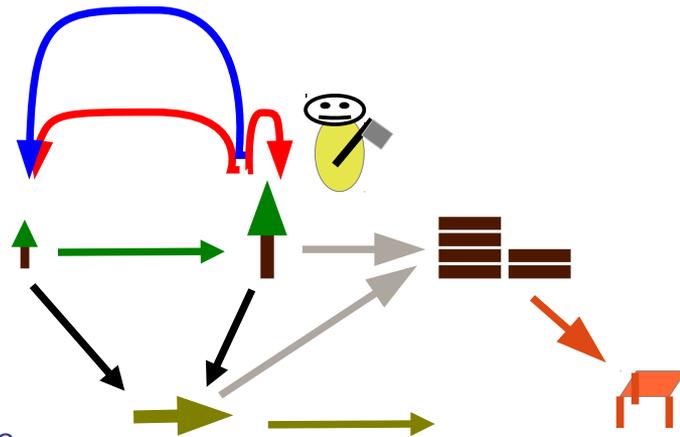
Modèle deux strates + coupes et dynamique de filière

$$\frac{dX_1}{dt} = hX_2(1 - wg_1 X_1) - dX_1 - \frac{u(t)}{v_1}$$

$$\frac{dX_2}{dt} = bg_1 X_1(1 - s(g_1 X_1 + g_2 X_2)) - hX_2(1 - wg_1 X_1) - X_2(zg_1 X_1 + d)$$

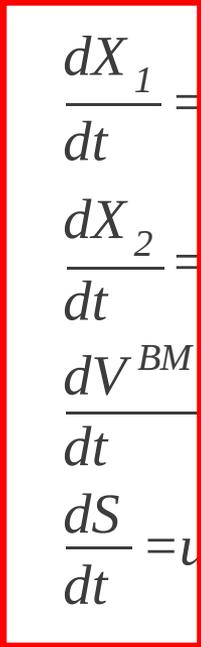
$$\frac{dV^{BM}}{dt} = v_2 X_2(zg_1 X_1 + d) + u(t)(1 - p_e) + dv_1 X_1((1 - p_e)p_a + (1 - p_a)) - \alpha V^{BM}$$

$$\frac{dS}{dt} = u(t)p_e + dv_1 X_1 - \rho$$



I. Modèle et Problème de viabilité

Modèle deux strates + coupes et dynamique de filière

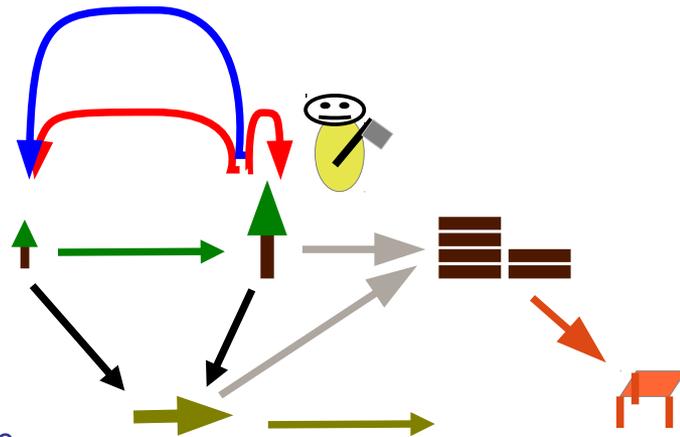


$$\frac{dX_1}{dt} = hX_2(1 - wg_1 X_1) - dX_1 - \frac{u(t)}{v_1}$$

$$\frac{dX_2}{dt} = bg_1 X_1(1 - s(g_1 X_1 + g_2 X_2)) - hX_2(1 - wg_1 X_1) - X_2(zg_1 X_1 + d)$$

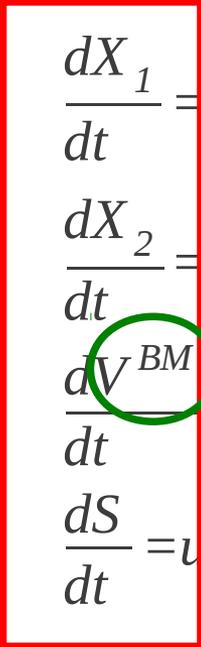
$$\frac{dV^{BM}}{dt} = v_2 X_2(zg_1 X_1 + d) + u(t)(1 - p_e) + dv_1 X_1((1 - p_e)p_a + (1 - p_a)) - \alpha V^{BM}$$

$$\frac{dS}{dt} = u(t)p_e + dv_1 X_1 - \rho$$



I. Modèle et Problème de viabilité

Modèle deux strates + coupes et dynamique de filière

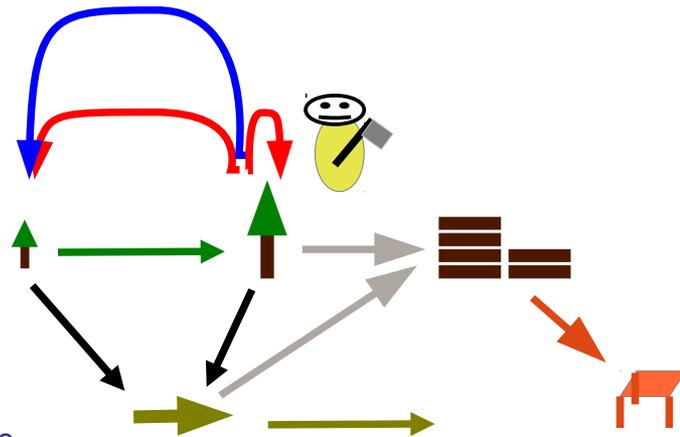


$$\frac{dX_1}{dt} = hX_2(1 - wg_1 X_1) - dX_1 - \frac{u(t)}{v_1}$$

$$\frac{dX_2}{dt} = bg_1 X_1(1 - s(g_1 X_1 + g_2 X_2)) - hX_2(1 - wg_1 X_1) - X_2(zg_1 X_1 + d)$$

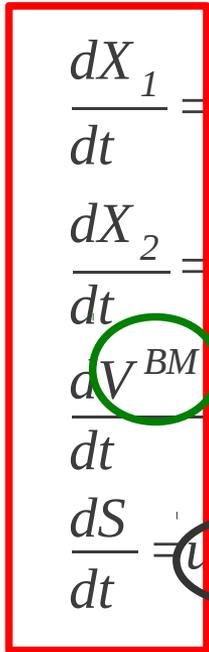
$$\frac{dV^{BM}}{dt} = v_2 X_2(zg_1 X_1 + d) + u(t)(1 - p_e) + dv_1 X_1((1 - p_e)p_a + (1 - p_a)) - \alpha V^{BM}$$

$$\frac{dS}{dt} = u(t)p_e + dv_1 X_1 - \rho$$



I. Modèle et Problème de viabilité

Modèle deux strates + coupes et dynamique de filière

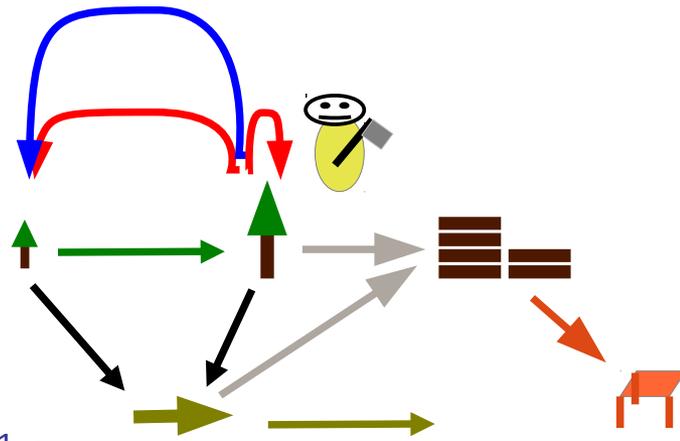


$$\frac{dX_1}{dt} = hX_2(1 - wg_1 X_1) - dX_1 \left(\frac{u(t)}{v_1} \right)$$

$$\frac{dX_2}{dt} = bg_1 X_1(1 - s(g_1 X_1 + g_2 X_2)) - hX_2(1 - wg_1 X_1) - X_2(zg_1 X_1 + d)$$

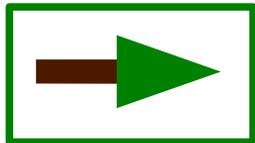
$$\frac{dV^{BM}}{dt} = v_2 X_2(zg_1 X_1 + d) + u(t)(1 - p_e) + dv_1 X_1((1 - p_e)p_a + (1 - p_a)) - \alpha V^{BM}$$

$$\frac{dS}{dt} = u(t)p_e + dv_1 X_1 - \rho$$



I. Modèle et Problème de viabilité

L'ensemble de contrainte K



Volume de bois mort minimal
(recommandation environnementale)
Et maximal (forêt gérée)



Stock de bois « filière » positif



Nombre positif d'arbres matures



Nombre positif d'arbres jeunes

$$V_{BM}^{\min} < V_{BM} < V_{BM}^{\max}$$

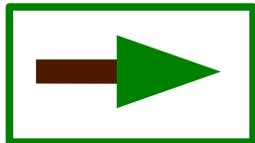
$$0 < S$$

$$0 < X_1$$

$$0 < X_2$$

I. Modèle et Problème de viabilité

L'ensemble de contrainte K



Volume de bois mort minimal
(recommandation environnementale)
Et maximal (forêt gérée)



Stock de bois « filière » positif



Nombre positif d'arbres matures



Nombre positif d'arbres jeunes

$$V_{BM}^{min} < V_{BM} < V_{BM}^{max}$$

$$0 < S$$

$$0 < X_1$$

$$0 < X_2$$

I. Modèle et Problème de viabilité

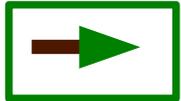
Intensification de la fonction de Production:



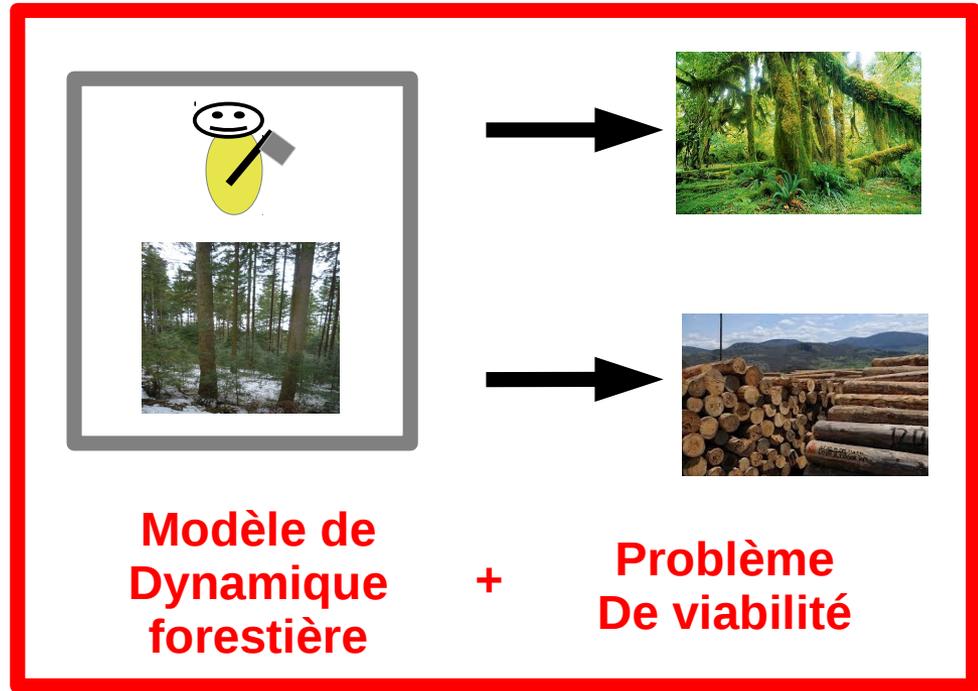
paramètre ρ



Intensification de la Fonction de préservation



Contrainte V_{BM}^{\min}



Quel impact de l'intensification des fonctions de préservation de la biodiversité et de production de bois sur la flexibilité ?



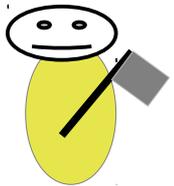
EFFET SUR LA FLEXIBILITÉ

Plan de la présentation

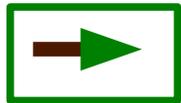
I. Modèle et problème de viabilité

II. Scénarios et résultats

III. Conclusions et perspectives



II. Scénarios et résultats



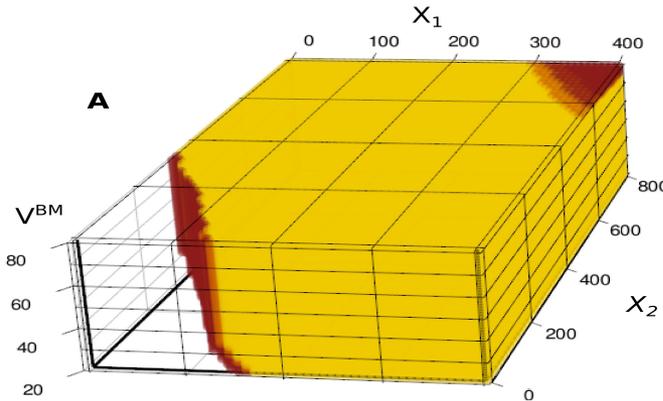
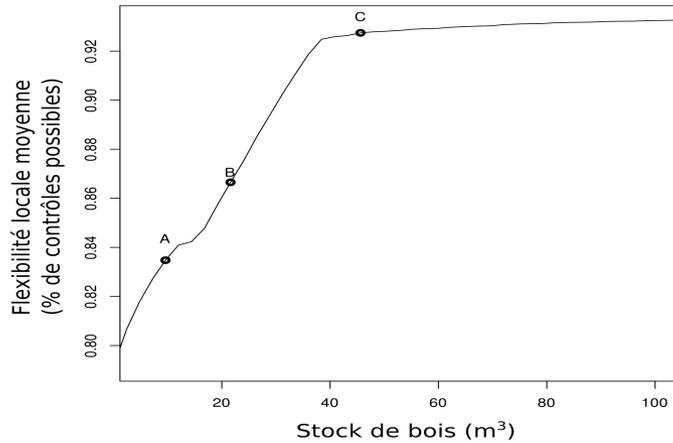
Contrainte V_{BM}^{\min} de 15 à 35 m^3/ha



Paramètre ρ de 2 à 14 $m^3/an/ha$

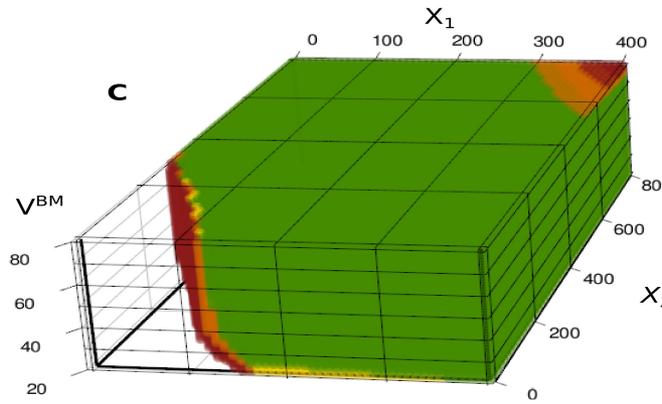
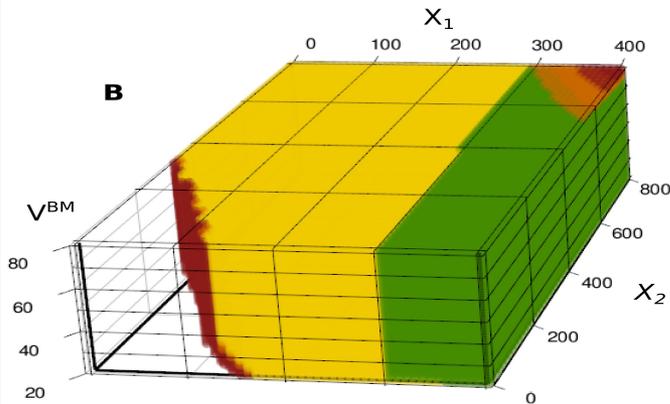
Scenarios

II. Scénarios et résultats



Flexibilité locale

$$f(x) = \frac{|u_v(x)|}{|U|}$$



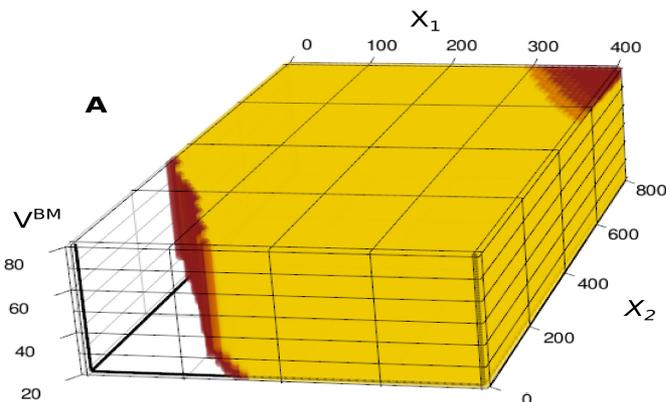
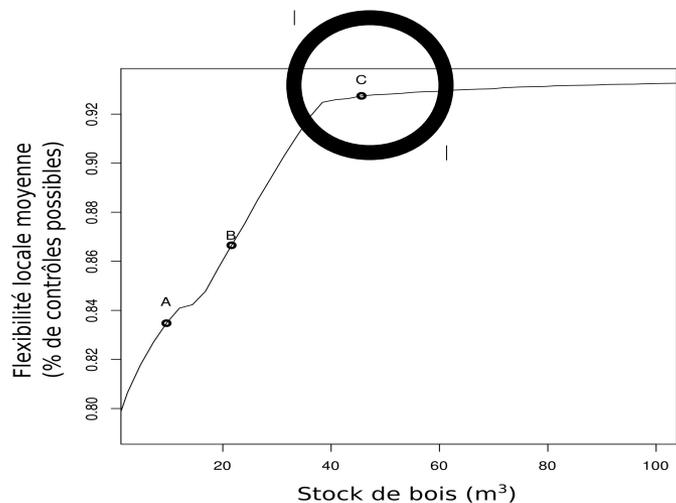
ρ
8 m³/an/ha

V_{BM}^{min}
20 m³/ha

Flexibilité locale
(proportion de contrôles disponibles)

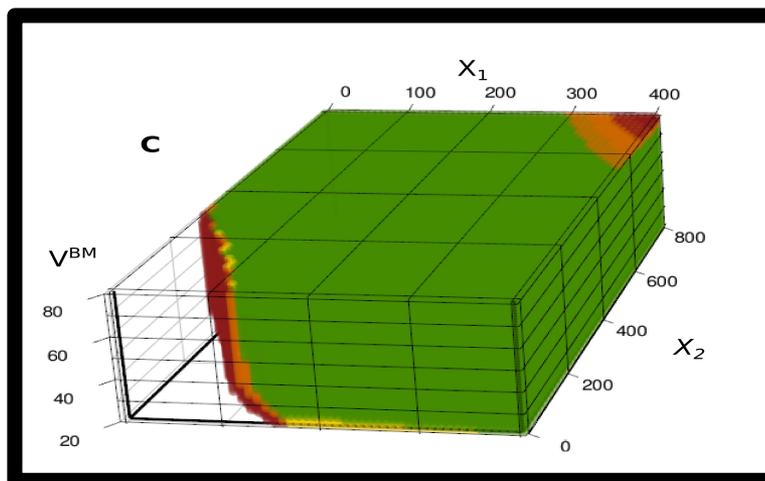
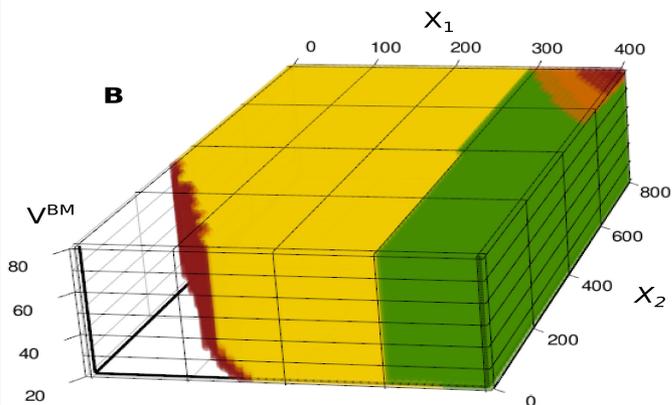


II. Scénarios et résultats



Flexibilité locale

$$f(x) = \frac{|u_v(x)|}{|U|}$$



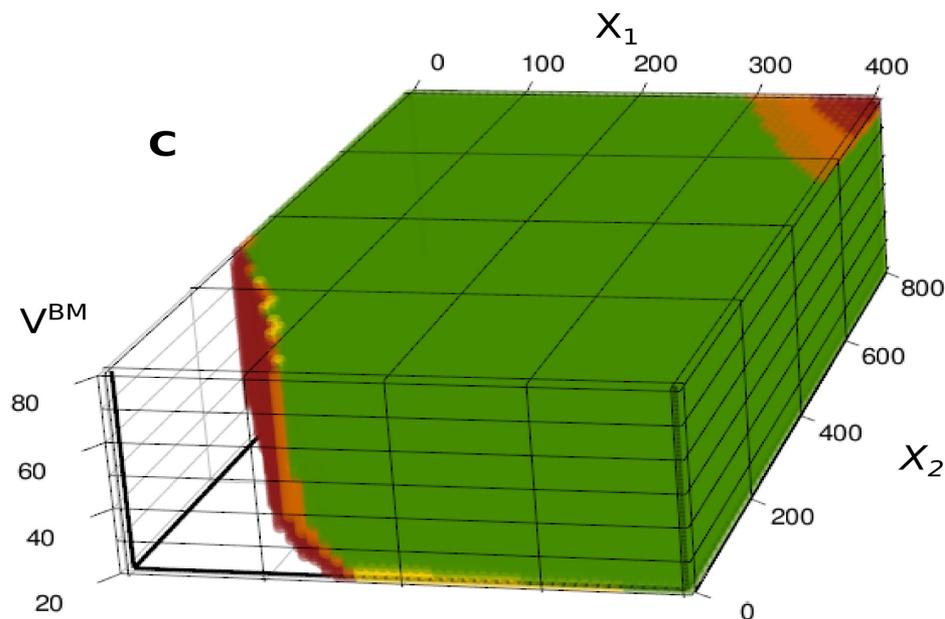
ρ
8 m³/an/ha

V_{BM}^{min}
20 m³/ha

Flexibilité locale
(proportion de contrôles disponibles)



II. Scénarios et résultats



Flexibilité locale
(proportion de contrôles disponibles)



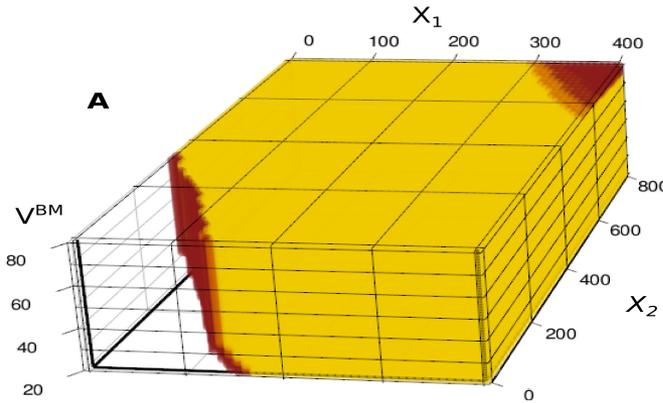
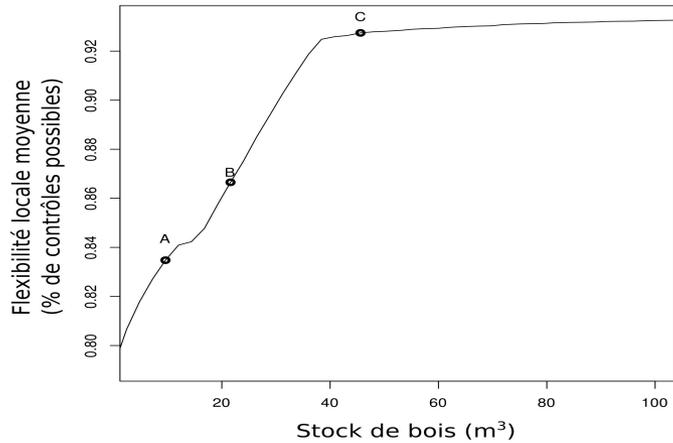
Flexibilité
locale

$$f(x) = \frac{|u_v(x)|}{|U|}$$

ρ
8 m³/an/ha

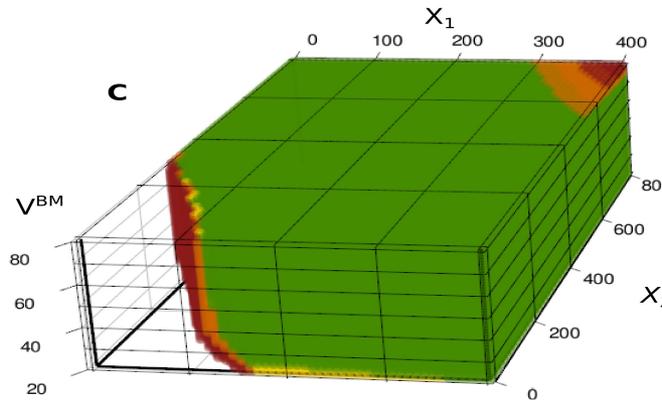
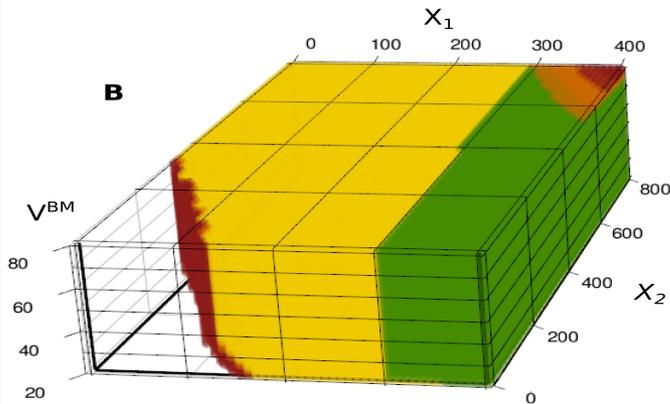
V_{BM}^{\min}
20 m³/ha

II. Scénarios et résultats



Flexibilité locale

$$f(x) = \frac{|u_v(x)|}{|U|}$$



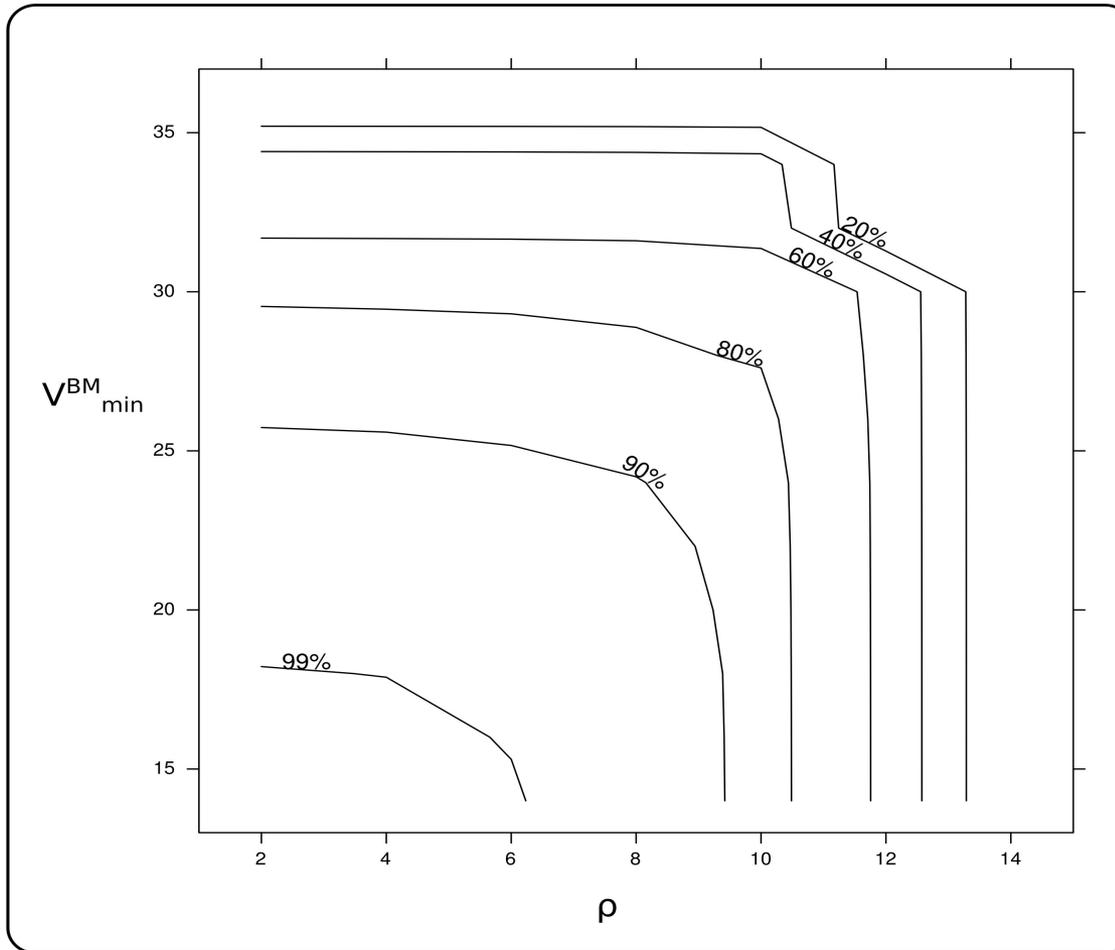
ρ
8 m³/an/ha

V_{BM}^{min}
20 m³/ha

Flexibilité locale
(proportion de contrôles disponibles)

- | | |
|---|--|
| Entre 75% et 100 % | Entre 25% et 50 % |
| Entre 50% et 75 % | Moins de 25 % |

II. Scénarios et résultats



**Flexibilité
Globale**

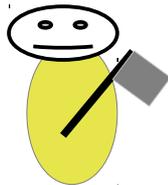
$$F(\Sigma, K) = \frac{\int f(k) dk}{\int dk}$$

Plan de la présentation

I. Modèle et problème de viabilité

II. Scénarios et résultats

III. Conclusions et perspectives



III. Conclusions et perspectives

- Un modèle sylvicole simple associé à un problème de viabilité.
- Permet de représenter la diminution de flexibilité du contrôle, due à l'intensification de la fonction de préservation et à la fonction de production.
- On observe des compensations entre les fonctions.

III. Conclusions et perspectives

- Comparaison avec les frontières de production observées sur un modèle IBM développé en parallèle et permettant de tester des scénarios de sylvicultures
- Précision de l'ensemble de contrainte et de la dimension de production de bois pour étudier différents types d'acteurs.
- Variation des paramètres de croissance et de mortalité pour simuler le changement climatique.



Merci !

