



2^e Séminaire sur le calcul des possibilités forestières

Chemin parcouru, portrait
actuel et perspectives d'avenir

3 et 4 décembre 2014
Manoir du Lac Delage, Québec

Bureau du forestier
en chef
Québec



Les « top-modèles » du calcul

Simon Guay, ing.f.

3 décembre 2014



Bureau du forestier
en chef

Québec



Qu'est-ce qu'un modèle ?

Un modèle est la représentation d'une réalité.

Pour nous, il représente la forêt dans un territoire.

- Son évolution
- Les perturbations
- Les modalités d'intervention
- Les mesures de protection
- Etc.

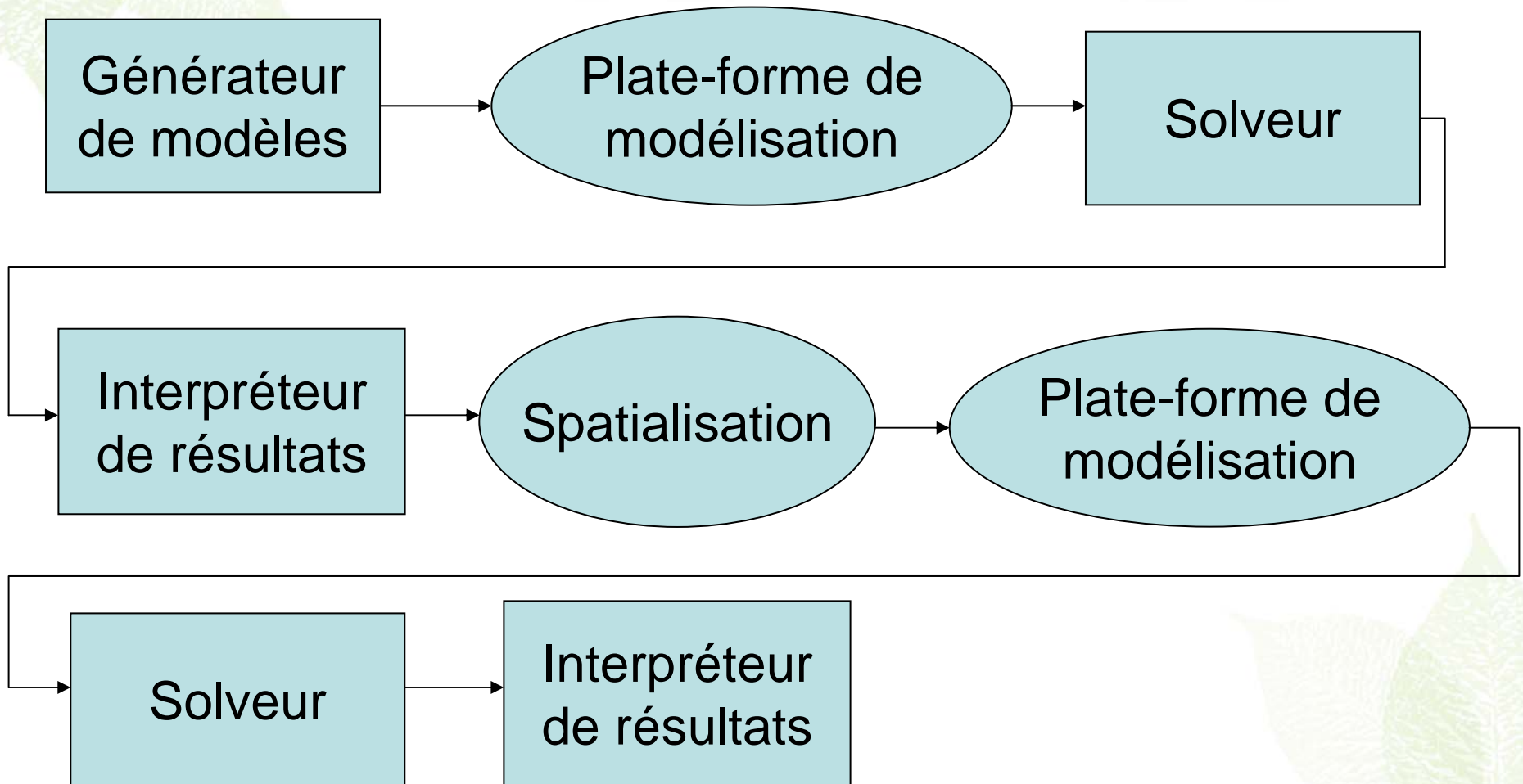


Le processus de modélisation

Processus de modélisation



Processus de modélisation



◦ Générateur de modèles

Horizon-CPF

Développé par l'équipe du BFEC

- Combine les intrants et l'expertise du forestier
- Assure la cohérence entre les divers éléments
- Produit les modèles sous un format utilisable par diverses plates-formes de modélisation
- Assemble les résultats



○ Générateur de modèles

Le tout se réalise au travers de 5 modules

- Diagnostic
- Stratégie
- Évolution
- Syntaxe
- Diffusion





Diagnostic

Classer la forêt en unités pour les modéliser

Module Diagnostic

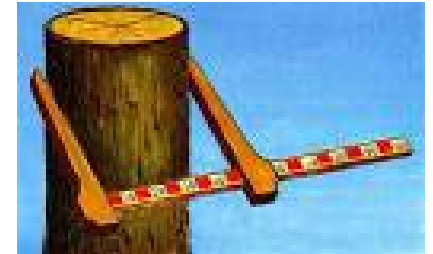
Les fondements

Les données dendrométriques

- Surface terrière, hauteur dominante, volume...

L'appellation de la strate

- Essences, densité, type écologique...



F BJB B 2 VIN C MJ22



Stratégie

Offrir les choix d'aménagement

*Bureau du forestier
en chef*

Québec 



Module Stratégie

Définies en collaboration avec nos vis-à-vis en région

- Selon les connaissances forestières du territoire
- En proposant des scénarios alternatifs plausibles

Doit permettre de répondre aux questions

- Si on ...

Retour Exporter en Excel
 Sauvegarder Restaurer Exporter en CSV
 Fermer le projet Imprimer

Série d'aménagement : EnRp_RS2_P7M_En_REG_I_CPRS14 Code de la protosérie : En_RS2_4_IR_CT Séquence générique : SCA-PL-DEG-EC-CPRS

Liste des traitements sylvicoles

Traitement sylvicole	Répétitif	Facultatif	Ajustement
PL	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
EC	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	AJU30_EC_SEQ_PL-EC-CT
CT	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	AJU31_CT_SEQ_PL-EC-CT

3/3

Séquence de traitements sylvicoles

Critères d'admissibilité et effets de traitement

Attributs descriptifs du traitement Critères d'admissibilité Effets de traitement

Réinitialiser

Code : En_RS2_CPRS14_PL

Description : PL

Taux de traitement pour analyse économique :

Taux de traitement disponibles

Traitement	Description	Taux (\$/ha)
CB	COUPE PAR BANDES AVEC PRO. DE LA RÉG. ET DES SOLS	126,64
CJ	COUPE DE JARDINAGE	673,45
CJP	COUPE DE JARDINAGE AVEC RÉGÉNÉRATION PAR PARQUETS	629,27
CPE_AU	Coupes progressive - (Autres GPP)	453,55
CPE_RA	COUPE PROGRESSIVE AVEC SÉLECTION RAPPROCHÉE	308,26
CPE_SEPM	Coupe progressive - (GPP SEPM, THO)	719,59
CPI	COUPE PROGRESSIVE IRRÉGULIÈRE	308,26
CPI_2	COUPE PROGRESSIVE IRRÉGULIÈRE 2	562,07

42/42

Taux du traitement et des connexes

Taux de traitement sélectionnés

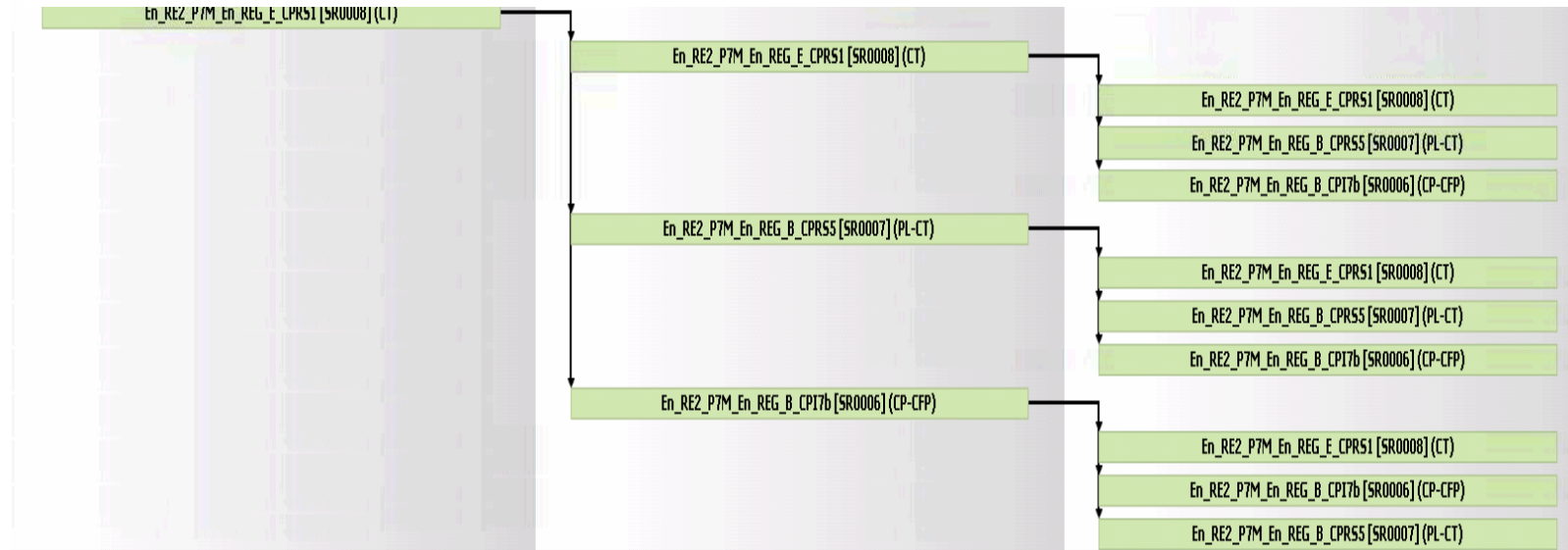
Traitement	Taux (\$/ha)	Connexe	Utilisation	Délai	Superficie (%)
DEG_PL_1_A	1 295,51	<input checked="" type="checkbox"/>	1.0	0	100
NET	943,32	<input checked="" type="checkbox"/>	1.0	3	100
PL_SEPM_2	557,43	<input type="checkbox"/>	1.0	0	100
SCA_1	388,98	<input checked="" type="checkbox"/>	1.0	0	100

4/4

Module Stratégie

[GS0012] - En_RE2_na_Req - Forestier

Multiplication des choix à chaque révolution



Module Stratégie

*ACTION aCPROG N Coupe progressive d'ensemencement. CPR (CPE), CPI.

*OPERABLE aCPROG

```
? ? ? ? ? ? EMEC ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ?  
GS0002 FORP Toutes SR0124 ? NAT ? INC ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ?  
GS0002 FORP Toutes SR0124 ? NAT ? INC ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ?  
GS0002 FORP Toutes SR0124 ? NAT ? INC ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ?  
GS0002 FORP Toutes SR0124 ? NAT ? INC ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ?  
GS0003 FORP Toutes SR0122 ? NAT ? INC ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ?  
GS0003 FORP Toutes SR0122 ? NAT ? INC ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ?  
GS0003 FORP Toutes SR0122 ? NAT ? INC ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ?  
GS0003 FORP Toutes SR0122 ? NAT ? INC ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ?  
GS0051 FORP 1 SR0048 ? NAT ? INC ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ?  
GS0091 FORP 1 SR0158 ? NAT ? INC ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ?  
GS0097 FORP Toutes SR0120 ? NAT ? INC ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ?  
GS0097 FORP Toutes SR0120 ? NAT ? INC ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ?  
GS0097 FORP Toutes SR0120 ? NAT ? INC ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ?  
GS0098 FORP Toutes SR0002 ? NAT ? INC ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ?  
GS0098 FORP Toutes SR0002 ? NAT ? INC ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ?  
GS0104 FORP 1 SR0118 ? NAT ? INC ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ?  
GS0111 FORP Toutes SR0004 ? NAT ? INC ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ?  
GS0111 FORP Toutes SR0004 ? NAT ? INC ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ?  
GS0111 FORP Toutes SR0004 ? NAT ? INC ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ?  
GS0123 FORP Toutes SR0123 ? EPC ? INC ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ?  
GS0123 FORP Toutes SR0123 ? EPC ? INC ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ?  
GS0123 FORP Toutes SR0123 ? EPC ? INC ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ?  
GS0123 FORP Toutes SR0123 ? EPC ? INC ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ?  
GS0169 FORP 1 SR0115 ? NAT ? INC ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ?
```

```
_AGE = 0  
_AGE >= 26 AND _AGE <= 40  
_AGE >= 26 AND _AGE <= 40  
_AGE >= 26 AND _AGE <= 40  
_AGE >= 26 AND _AGE <= 40  
_AGE >= 26 AND _AGE <= 40  
_AGE >= 26 AND _AGE <= 40  
_AGE >= 26 AND _AGE <= 40  
_AGE >= 26 AND _AGE <= 40  
_AGE >= 26 AND _AGE <= 40  
_AGE >= 26 AND _AGE <= 40  
yAgeMat >= 0 AND yAgeMat <= 3 AND yV_S >= 125 AND yV_S <= 300  
yAgeMat >= 0 AND yAgeMat <= 3  
yG_S >= 22 AND yG_S <= 30  
yG_S >= 22 AND yG_S <= 30  
yG_S >= 22 AND yG_S <= 30  
yG_S >= 22 AND yG_S <= 30  
yG_S >= 22 AND yG_S <= 30  
yG_S >= 22 AND yG_S <= 30  
yAgeMat >= 0 AND yAgeMat <= 3 AND yV_S >= 125 AND yV_S <= 300  
yG_S >= 22 AND yG_S <= 30  
yG_S >= 22 AND yG_S <= 30  
yG_S >= 22 AND yG_S <= 30  
_AGE >= 26 AND _AGE <= 40  
_AGE >= 26 AND _AGE <= 40  
_AGE >= 26 AND _AGE <= 40  
_AGE >= 26 AND _AGE <= 40  
yAgeMat >= 0 AND yAgeMat <= 3 AND yV_S >= 125 AND yV_S <= 300
```

*PARTIAL aCPROG

```
yG_E_BOJ yG_E_ERS yG_E_PIG yG_E_PRU yG_E_SAB yG_E_THO yG_G_gAFm yG_G_gF yG_G_gFI yG_G_gFMm yG_G_gFT yG_G_gPeu yG_G_gPins yG_G_gR yG_G_gSEPM yV_E_BC  
yV_G_EsFN yV_G_eAUF yV_G_eBOJ yV_G_eBOP yV_G_eCHCE yV_G_eERS yV_G_eERX yV_G_ePEU yV_G_ePIB yV_G_ePIR yV_G_eSEPM yV_G_eTOPU yV_G_gAFm yV_G_gEpX yV_G_gFI  
yVrecCP_G_eBOJ yVrecCP_G_eBOP yVrecCP_G_eCHCE yVrecCP_G_eERS yVrecCP_G_eERX yVrecCP_G_ePEU yVrecCP_G_eAUF yVrecCP_G_eSEPM yVrecCP_G_ePIB yVrecCP_G_ePIR  
yRCP_G_eERS yRCP_G_eERX yRCP_G_ePEU yRCP_G_ePIB yRCP_G_ePIR yRCP_G_eSEPM yRCP_G_eTOPU yV_G_gAutres yCoutV_CP_FT_gSEPM yCoutV_CP_ResFi_gSEPM yCoutV_CP_FT  
yRCP_G_eTOT
```





Évolution



Module Évolution

Attache les courbes aux unités forestières

- Choix de la courbe actuelle
- Positionnement en fonction de l'âge de la strate

Incorpore les courbes futures en lien avec la stratégie
(effets de traitement)



Syntaxe

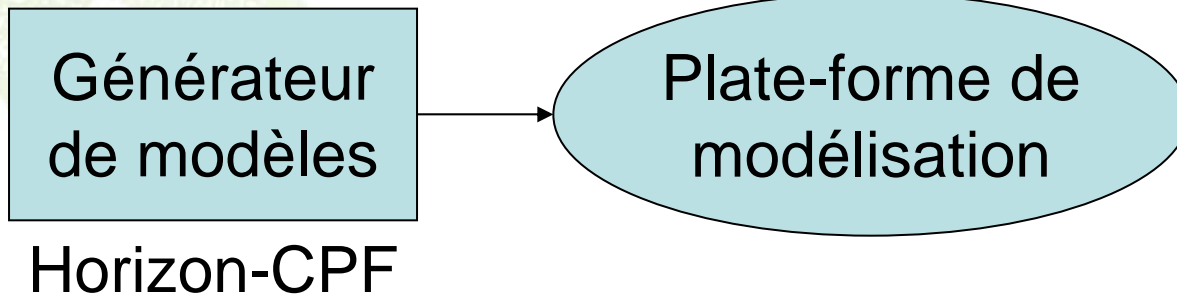


Module Syntaxe

Syntaxe: *Ensemble des règles d'écriture d'un programme informatique permises dans un langage de programmation.*
(Site Web Larousse)

- Produit l'essentiel du modèle (partie répétitive)
- Facilite la cohérence provinciale
- Augmente l'efficacité et le contrôle de la qualité
- Demeure en constante évolution
- Doit être ajustée pour chaque territoire par l'analyste

Processus de modélisation



Recherche d'une plate-forme

Critères

- Reproductibilité des résultats
- Rapidité d'exécution
- Prise en compte de nouveaux éléments
- Aspect spatial
- Cohérence avec d'autres juridictions



Programmation linéaire

Méthode d'optimisation mathématique

- Vise un objectif (maximiser / minimiser)
- Respecte des contraintes

Résultat

- La meilleure solution possible
- Des résultats reproductibles

$$A_{11}x_1 + A_{12}x_2 + A_{13}x_3 + A_{14}x_4 = B_1$$

$$A_{21}x_1 + A_{22}x_2 + A_{23}x_3 + A_{24}x_4 = B_2$$

$$A_{31}x_1 + A_{32}x_2 + A_{33}x_3 + A_{34}x_4 = B_3$$

$$A_{41}x_1 + A_{42}x_2 + A_{43}x_3 + A_{44}x_4 = B_4$$

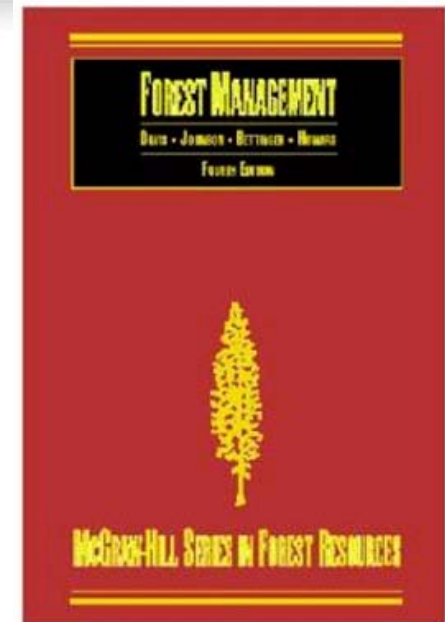
◦ Programmation linéaire

Le problème « *Steers and trees* »

Objectif : Maximiser les revenus

Contraintes

- Superficie disponible
- Budget initial
- Main d'œuvre
- Minimum de superficie disponible pour le pâturage



***Extrait du Manuel « Forest Management » (Davis et al., 2001)**

Programmation linéaire

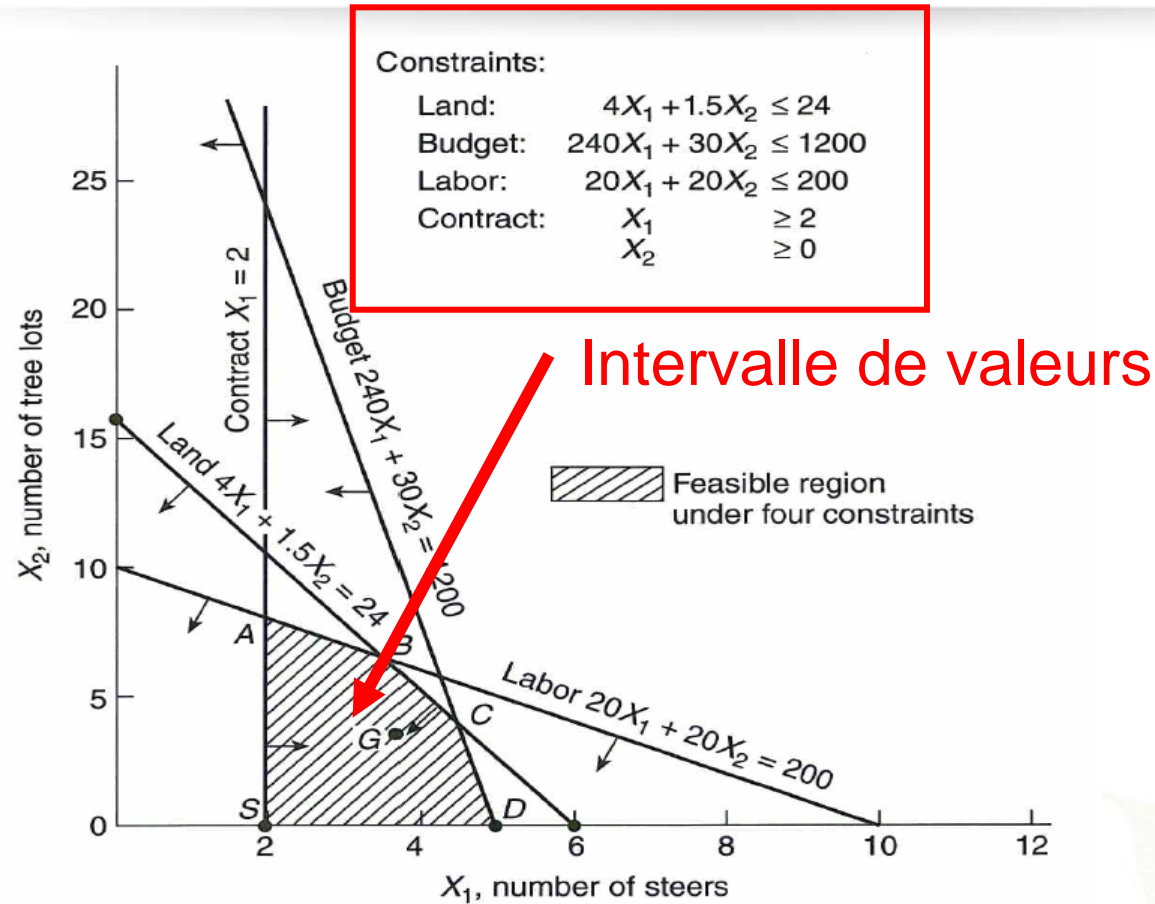


FIGURE 6.4
Feasible region for solution to the steers and trees problem.

Programmation linéaire

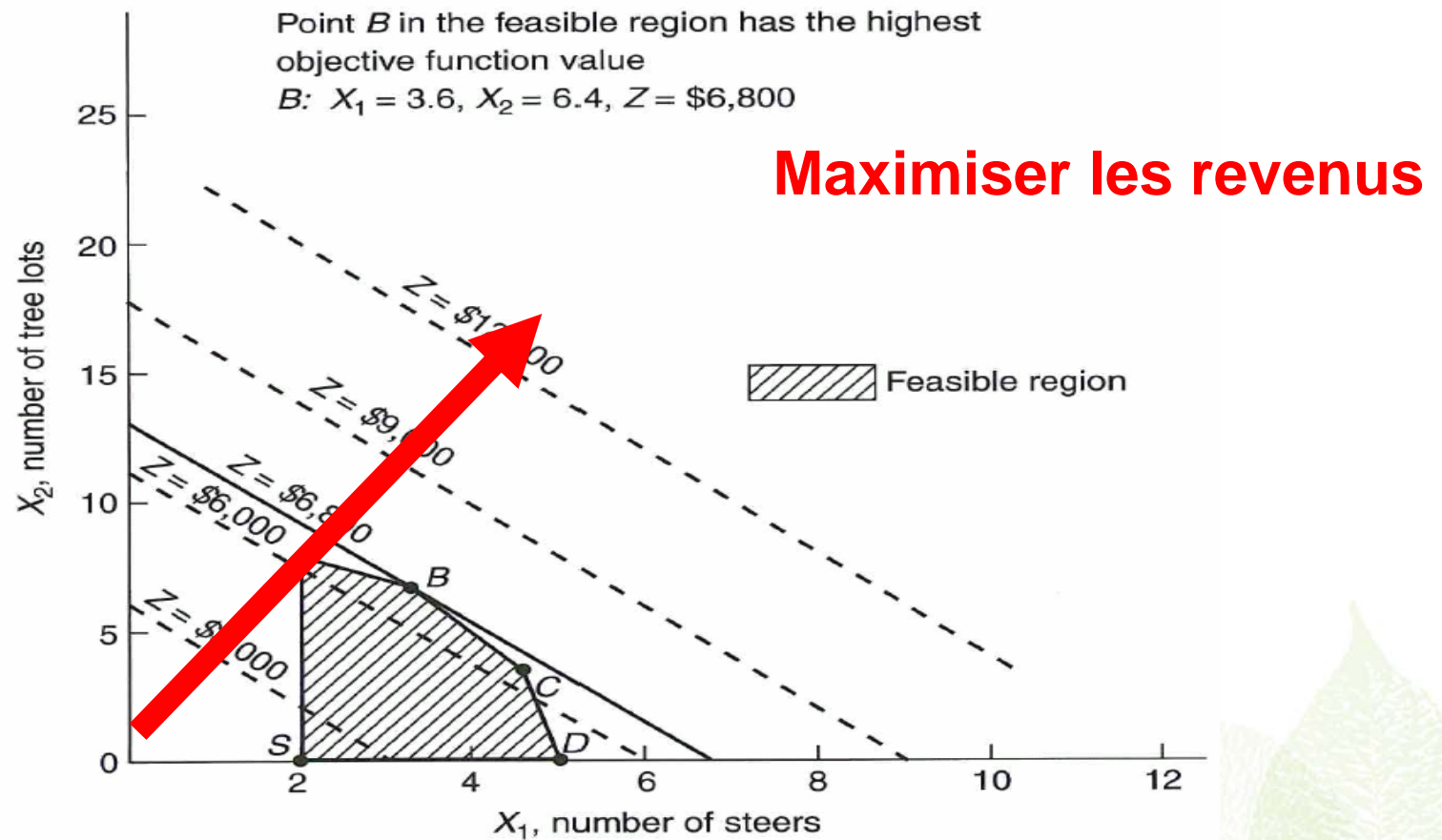


FIGURE 6.6
Optimal solution to the steers and trees problem.

Programmation linéaire

Solution optimale

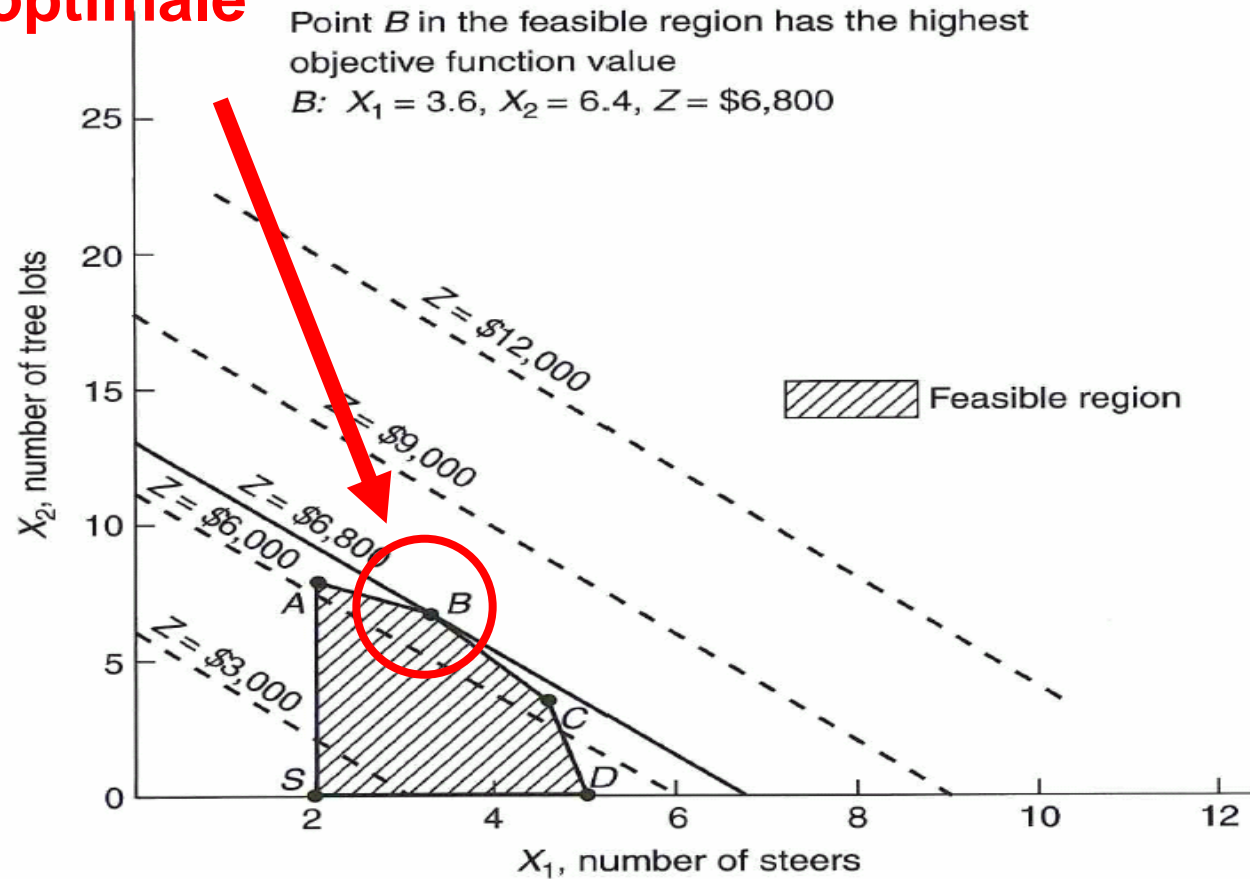


FIGURE 6.6
Optimal solution to the steers and trees problem.

○ Comparaison avec nos travaux

	« Steers and trees »	Calcul 2015-2018
Objectif	1	1
Variables de décision	2	des millions
Contraintes	5	des millions
Échelle temporelle de décision	1	150
Grosseur de la matrice	2 ko	5,6 Go

Modèles 2015-2018

Le logiciel Woodstock est utilisé

- Dans 19 pays
- Dans toutes les provinces canadiennes
- Dans 6 États américains
- Par près de 200 clients dans le monde

REMSOFT®

Les échelles d'utilisation du logiciel parmi les clients

- Stratégique (50 %)
- Stratégique et tactique (40 %)
- Stratégique, tactique et opérationnelle (10 %)



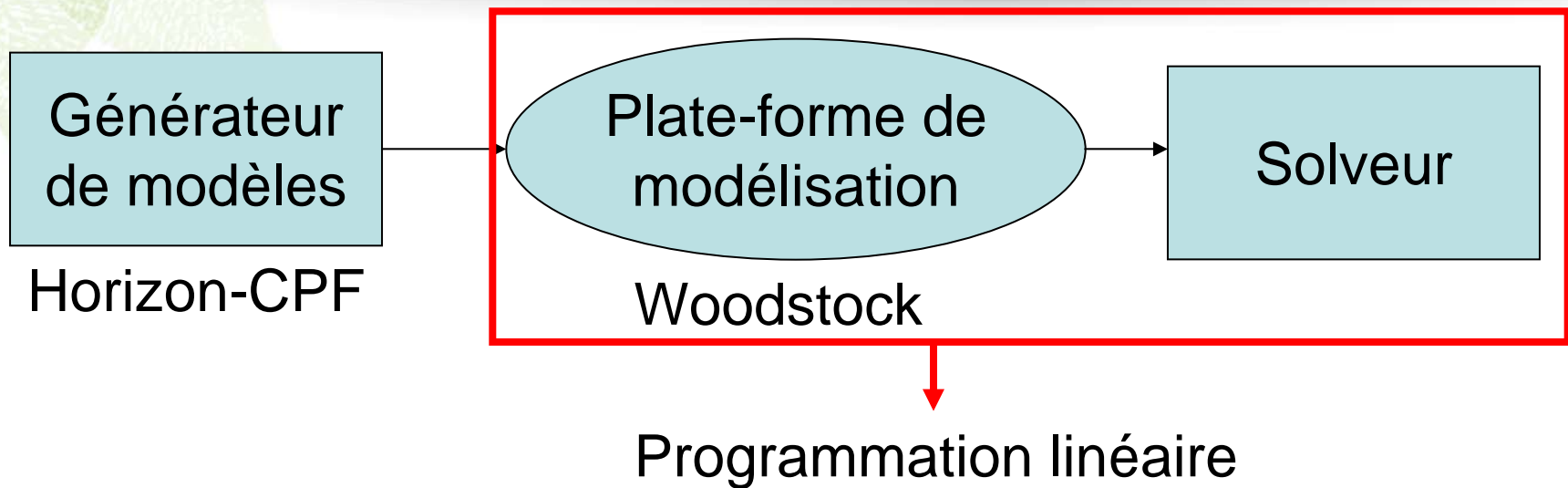


Modèles 2015-2018

Woodstock permet de traduire une réalité forestière en matrice de programmation linéaire

- Plate-forme ouverte et flexible pour la prise en compte de plusieurs éléments de natures différentes
- Possibilité de spatialiser les actions à l'aide du logiciel Stanley

Processus de modélisation





Modèles 2015-2018

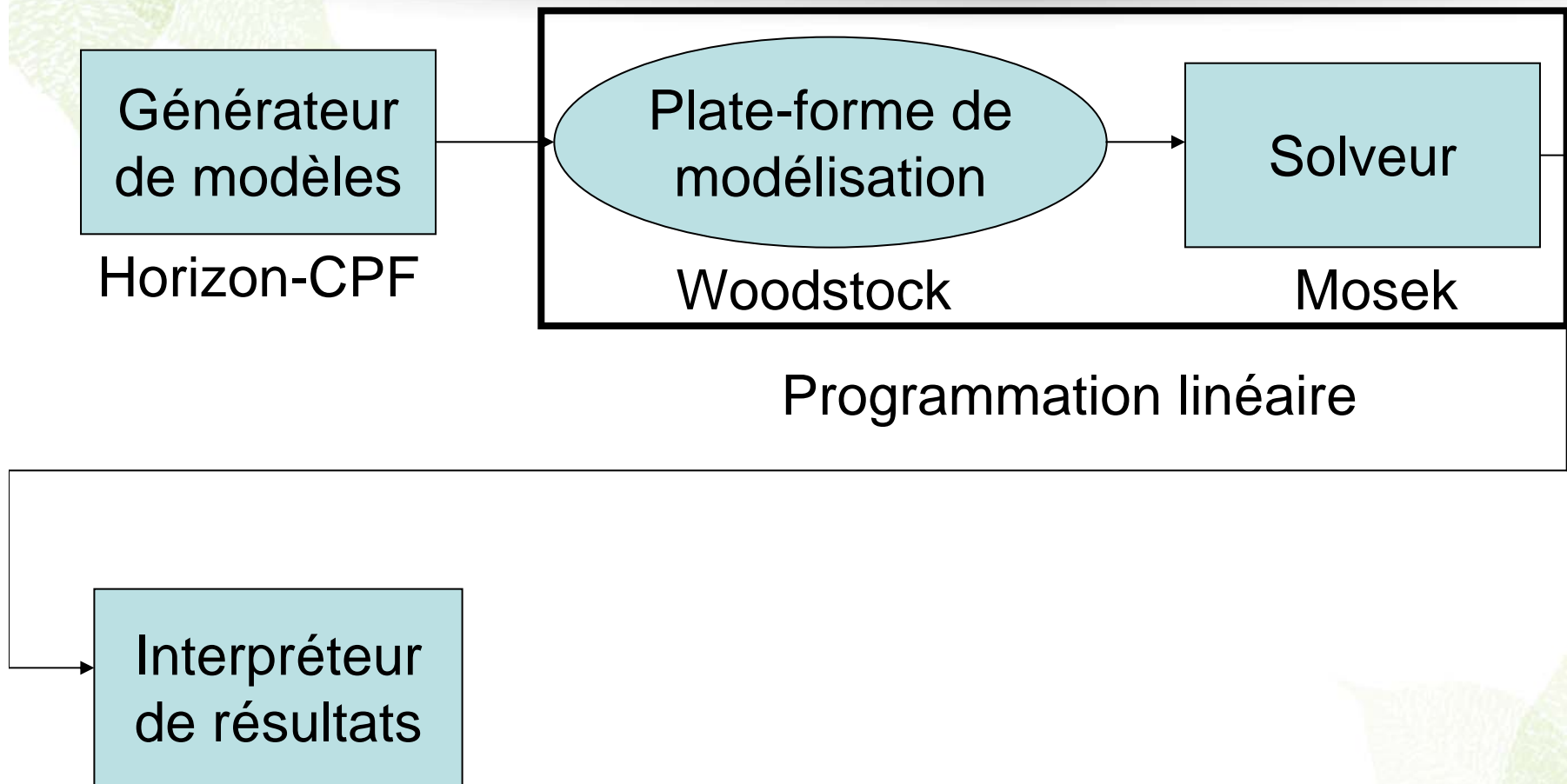
Solveur retenu : MOSEK

- L'un des plus performants en programmation linéaire
- 2 procédés de résolution
- Validation croisée des résultats



mosek

Processus de modélisation





◦ Interpréteur de résultats

Une autre force du logiciel Woodstock

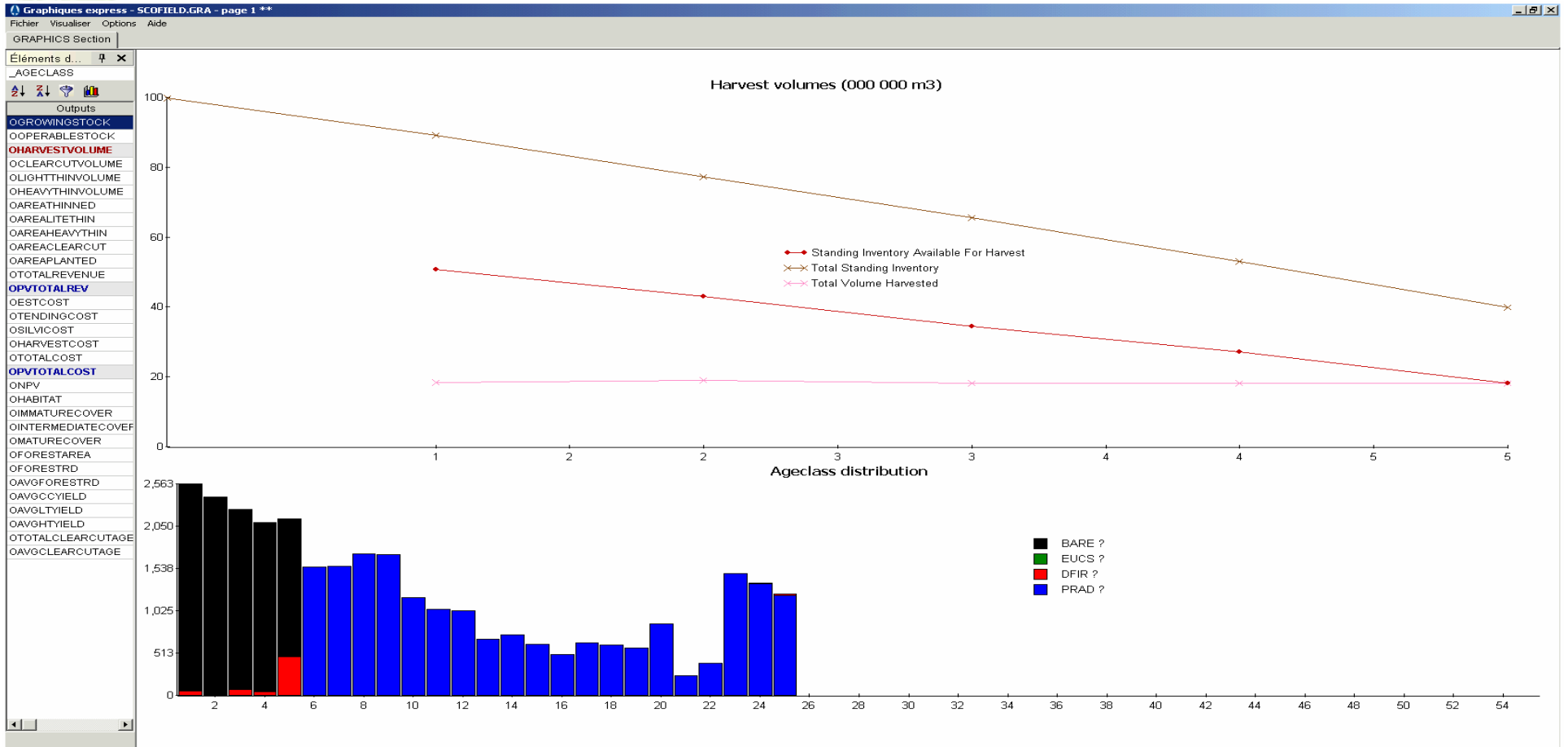
Permet l'exploitation des résultats sous plusieurs formes

- Graphiques
- Rapports
- Autres ...



REMSOFT®

Graphiques



Rapports

```
*TARGET Trace.dbf
_TRACE 1.._LENGTH
```

```
*TARGET Output.dbf
_ALL 0.._LENGTH
```

```
*TARGET Ageclass.dbf
_AGECLASS ? ? ? ? FCAGE ? ? INC ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? 0..30
_AGECLASS ? ? ? ? FCAGE ? ? EXIN ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? 0..30
_AGECLASS ? ? ? ? FCST ? ? INC ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? 0..30
_AGECLASS ? ? ? ? FCST ? ? EXIN ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? 0..30
```

```
*TARGET DETAIL PC5014 09751 sc6.dbf
_DETAIL ( ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ) 1.._LENGTH
```

```
YV_S, YG_S, YV_G_GAFM, YV_E_BOP, YV_G_GFNM, YV_G_GPEU, YV_E_BOJ, YV_E_ERR, YV_E_ERS, YV_G_GSEPM, YV_G_GPINS, yV_G_Gepx, YV_E_PIG, YV_E_PRU, YV_E_SAB, YV_E_THO
oVolTotRec
oVolGPEURec
oVolBojRec
oVolBopRec
oVolErsRec
oVolErrRec
oVolGSEPMRec
oVolSabRec
oVolGEPXRec
oVolPruRec
oVolThoRec
ovolgrrec
ovolgfirc
ovolgtrec
```

```
*TARGET AREA.dbf
_AREA 0,30
```

```
*TARGET cosope.dbf
_OPERABLE(aec,acp,acprog,act1,acr1,acfp1) 2..5
```



Plates-formes Remsoft Analytics

The screenshot shows the Microsoft Excel interface with the Remsoft ribbon selected. A red circle highlights the 'Remsoft' tab name, with a red arrow pointing to it from the top right. The spreadsheet content includes the logo of the 'Bureau du forestier en chef Québec' and a table titled 'Annexe 2 : Description des grands types de forêt (GTYF) - UA U02661_3FF'.

GTYF_Description	GTYF_Woodstock_FC	GTYF_Code	GTYF_Woodstock_GS	Couvert_Code	Couvert_Description
Bétulaies blanches	FCTYF_BOP	BOP	GSTYF_BOP	FI	Feuillus intolérants
Peupleraies	FCTYF_PEU	PEU	GSTYF_PEU	FI	Feuillus intolérants
Feuillus tolérants	FCTYF_FT	FT	GSTYF_FT	FT	Feuillus tolérants
Érablières rouges	FCTYF_ERO	ERO	GSTYF_ERO	FI	Feuillus intolérants
Bétulaies blanches à résineux	FCTYF_BOPR	BOP_R	GSTYF_BOPR	MFI	Mélangés à feuillus intolérants
Peupleraies à résineux	FCTYF_PEUR	PEU_R	GSTYF_PEUR	MFI	Mélangés à feuillus intolérants
Feuillus tolérants à résineux	FCTYF_FTR	FT_R	GSTYF_FTR	MFT	Mélangés à feuillus tolérants
Résineux à feuillus	FCTYF_RF	R_F	GSTYF_RF	MR	Mélangés à résineux
Pessières	FCTYF_EPX	EPX	GSTYF_EPX	R	Résineux
Sapinières	FCTYF_SAB	SAB	GSTYF_SAB	R	Résineux
Pinèdes grises	FCTYF_PIG	PIG	GSTYF_PIG	R	Résineux
Pinèdes blanches	FCTYF_PIN	PIN	GSTYF_PIN	R	Résineux
Cédrrières	FCTYF_THO	THO	GSTYF_THO	R	Résineux
Prucheraies	FCTYF_PRU	PRU	GSTYF_PRU	R	Résineux
Tous les GTYF	FCTYF_TOUS		GSTYF_TOUS		

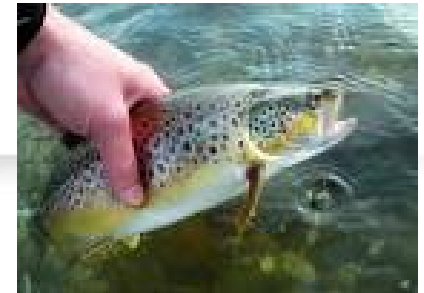


Les défis de la programmation linéaire

○ Défis

Résultats parfois contre intuitifs

- Diminution de la vulnérabilité à la TBE sans éliminer les vieilles sapinières
- Retrait de superficies forestières sans impact significatif sur la possibilité
- Etc.



Évaluation de variables contributives

- L'impact d'un élément est en fonction du tout
- Une petite variation d'un élément peut tout faire basculer



Ne permet pas l'utilisation de variable binaire



Questions ?