Evaluating financial outcomes of silvicultural scenarios

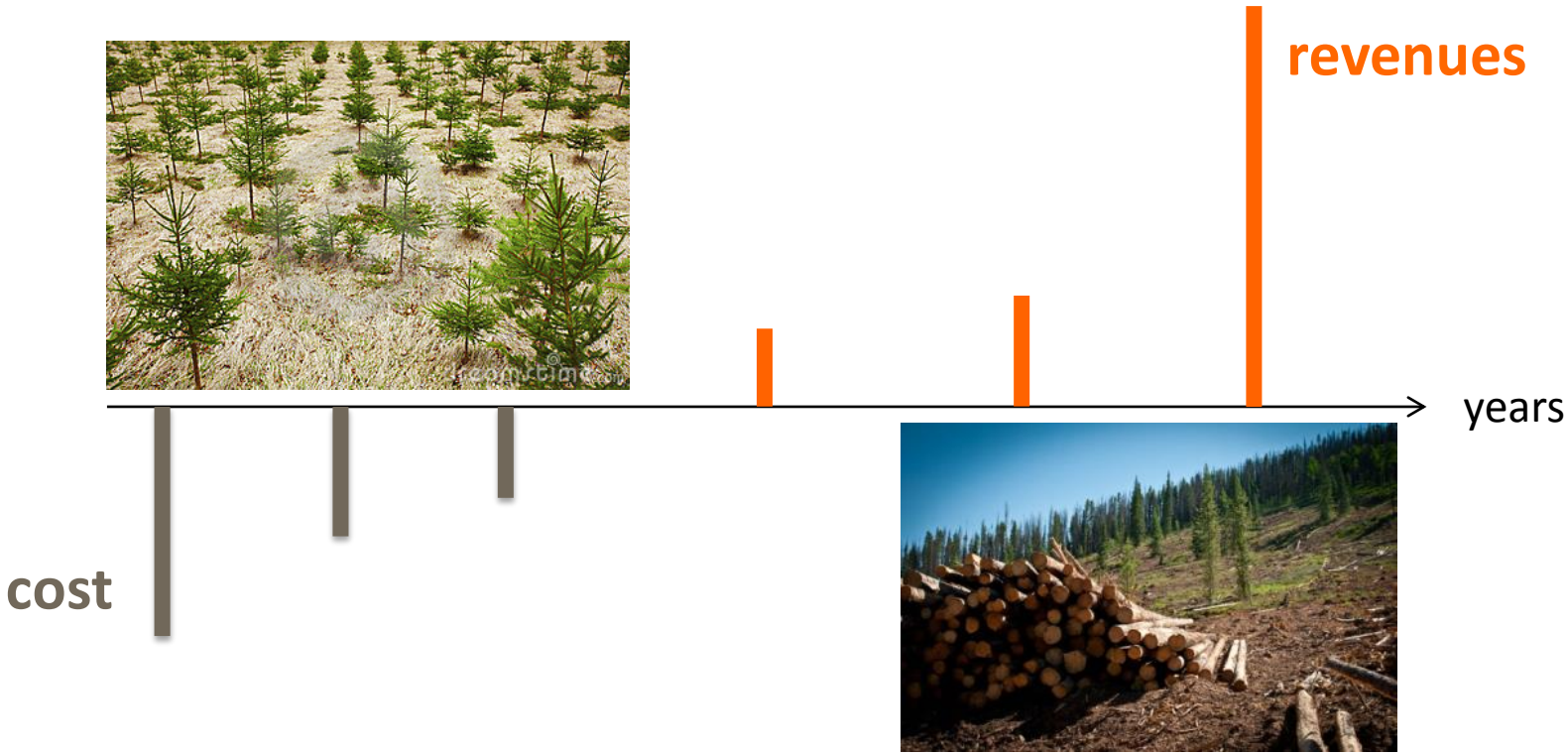
Examples using `Economics2` Capsis Library

Gauthier LIGOT

Gembloux Agro-Bio Tech
Université de Liège

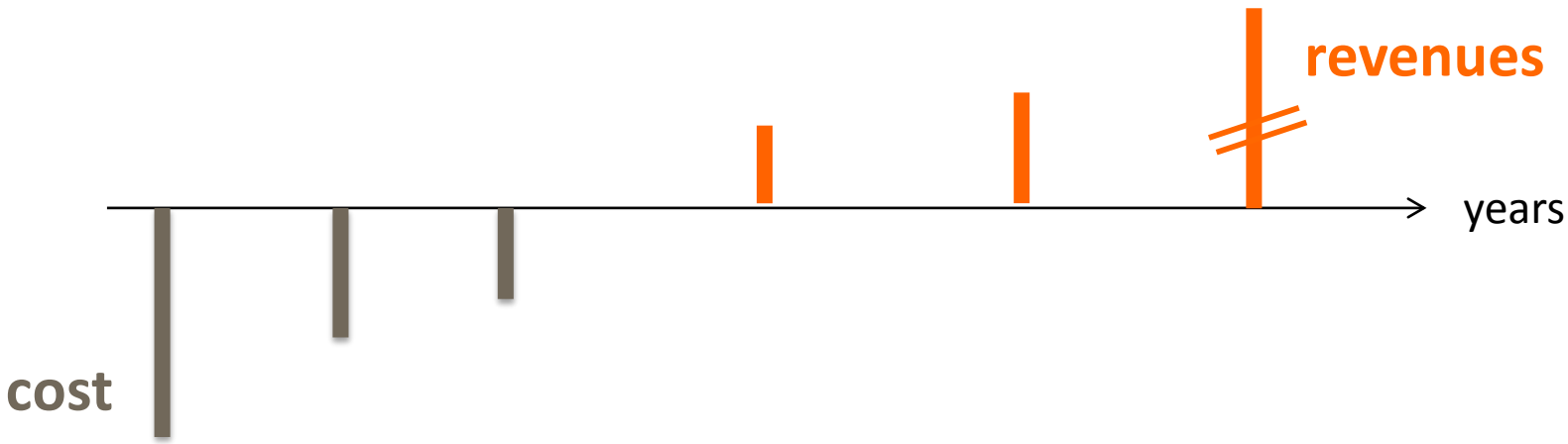
SPW
Service public de Wallonie

How to evaluate financial outcomes of silvicultural scenarios?



➡ Need of criteria to summarize cash flow values

How to evaluate financial outcomes of silvicultural scenarios?



Net cash flow (€/ha) = ∑ revenues - ∑ costs

Total harvested volume (m^3/ha) = ∑ harvested volume

+	-
Very simple	Very incomplete

How to evaluate financial outcomes of silvicultural scenarios?

Net present value , NPV

Bénéfice actualisé simple, BAS

$$\sum_{t=0}^{t=n} \frac{(R_t - C_t)}{(1+r)^t}$$

+	-
Take into account the repartition in time of cash flow values	Does not take into account project length, cannot be used to compute forest/land value

How to evaluate financial outcomes of silvicultural scenarios?

Infinite net present value

Bénéfice actualisé à séquence infinie, BASI :

$$\sum_{t=0}^{\infty} \frac{(R_t - C_t)}{(1+r)^t}$$

Particular case:

t_0 : bare land

t_n : clear-cut

Assuming similar repetitive rotations

Land expectation value, LEV

Valeur du fonds, Critère de Faustmann

$$\text{LEV} = \text{NPV}\,\frac{(1+r)^n}{(1+r)^n - 1}$$

How to evaluate financial outcomes of silvicultural scenarios?

Forest expectation value, FEV

Bénéfice actualisé à séquence infinie, BASI :

$$\sum_{t=1}^{\infty} \frac{(R_t - C_t)}{(1+r)^t}$$

+	-
very meaningfull Can be used either to compare scenarios or to estimate forest value	Assumptions about future management (can be interpreted as a model)

Economics Library

Economics2 Library

Economics module

ECONOMIC TOOLBOXES IN CAPSIS4

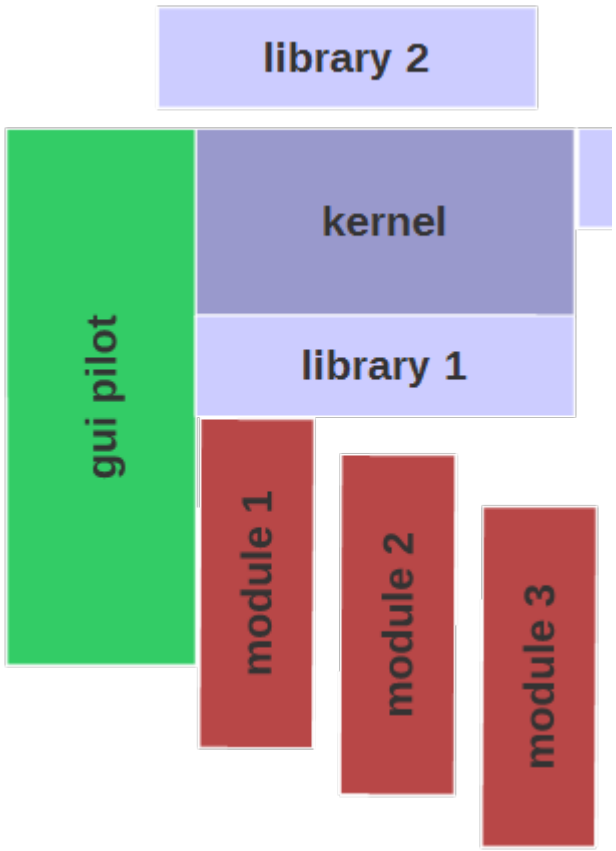
Economic toolboxes in Capsis4

- 2003 : Economics library
  (François de Coligny et Christophe Orazio)
  2008 : Update of Economics library
  (Olivier Pain)

- 2013 : new Economics2 library
  (François de Coligny et Gauthier Ligot)

- 2015 : Economics module
  (François de Coligny, Christine Deleuze, Priscilla Cailly)

- Non exhaustive list



Economic toolboxes in Capsis4

	Work to get your module compatible	GUI	Tools to compare scenarios	Cost and income definition
Library Economics				Txt file or manually (/m³, /ha)
Library Economics2				Txt file, manually, or hard coded in the module Timber price (dbh class, species, quality) and operation lists (/ha, /m³, /tree)
Module Economics				Hard coded with equation parameters in the txt file

Greater flexibility
At the cost of more programming work in the modules

1. Simulating a rotation of pure even-aged douglas stand
2. Simulating a transformation of pure even-aged stand into uneven-aged spruce stand
3. Simulating 100 years of 967 ha with uneven-aged mixed broadleaved forests

EXAMPLES OF USES OF ECONOMICS2

1. EVENAGED SPRUCE STANDS

Evenaged spruce stand

AIM : Compare financial returns of different scenarios

Simulator : GYMNOS

Independent-distance tree model
Empirical equations for pure and even-aged stands of spruce, larch or douglas-fir

Caractéristiques : Essence : douglas — Classe I (40 m à 50 ans) — Plantation : 2.5 x 2 (85% de reprise) — Cloisonnement : 1 ligne sur 9 — Rotation : 6 ans — Taux d'actualisation : 2 %

Table de production

Age	Hdom	Avant prélèvement				Prélèvement				Après prélèvement				Accroissements						h/d	Ecl	Dist
		Nha	Cg	Gha	Vha	Nha	Cg	Gha	Vha	Nha	Cg	Gha	Vha	ACC	ACG	AMG	ACV	AMV	PTV			
année	m	N/ha	cm	m²/ha	m³/ha	N/ha	cm	m²/ha	m³/ha	N/ha	cm	m²/ha	m³/ha	cm/ha/an	m²/ha/an	m²/ha/an	m³/ha/an	m³/ha/an	m³/ha		%	m
15	13.5	1613	46	26.8	150	527	44	8.2	45	1087	46	18.6	105	2.7	2.55	1.79	26.1	10.0	150	92	32.6	3.3
21	18.7	1080	63	33.9	261	392	55	9.4	69	688	67	24.6	192	2.8	2.23	2.01	27.8	14.6	307	88	36.3	4.1
27	23.6	684	83	38.0	359	206	72	8.4	78	478	88	29.5	281	2.8	1.99	2.06	28.6	17.5	474	84	30.1	4.9
33	28.2	476	105	41.5	453	134	90	8.7	93	342	110	32.8	359	2.8	1.78	2.04	28.4	19.6	645	81	28.1	5.8
39	32.4	340	127	43.5	530	88	110	8.5	103	252	132	34.9	427	2.9	1.60	2.00	27.7	20.9	816	77	25.8	6.8
45	36.3	251	149	44.6	593	54	134	7.7	103	197	153	36.8	491	2.9	1.45	1.95	26.9	21.8	982	74	21.6	7.7
51	39.8	196	171	45.5	652	37	154	7.0	100	159	174	38.5	552	2.9	1.34	1.89	26.1	22.4	1 144	72	19.0	8.5
57	43.1	159	192	46.5	708	26	176	6.5	99	132	195	40.1	609	2.9	1.24	1.83	25.3	22.8	1 300	69	16.6	9.3
63	46.1	132	212	47.5	761	20	192	6.0	96	112	216	41.5	666	2.9	1.15	1.78	24.6	23.1	1 452	67	15.3	10.1
69	48.9	112	233	48.4	813	15	217	5.7	96	97	235	42.8	718	2.9	1.08	1.72	23.9	23.2	1 600	65	13.5	10.9
75	51.4	97	253	49.3	861	12	232	5.2	91	85	255	44.0	770	2.9	1.02	1.67	23.3	23.2	1 743	63	12.5	11.7
81	53.9	85	273	50.2	910	85	273	50.2	910	-	-	-	-	-	-	1.62	-	23.3	1 883	62	-	-

Distribution des volumes produits par classe de grosseur

Age	Hdom	Classes de grosseur - Volume sur pied								VMV		Classes de grosseur - Volume prélevés								VMP		VMA
		20-40	40-60	60-70	70-90	90-120	120-150	150-180	180+	VMV	VMA	20-40	40-60	60-70	70-90	90-120	120-150	150-180	180+	VMP	VMA	totale
année	m	m³/ha	m³/ha	m³/ha	m³/ha	m³/ha	m³/ha	m³/ha	m³/ha	€ /ha	€ /ha	m³/ha	m³/ha	m³/ha	m³/ha	m³/ha	m³/ha	m³/ha	m³/ha	€ /ha	€ /ha	€ /ha
15	13.5	29	90	26	5	0	0	0	0	2 214	1 645	10	25	8	2	0	0	0	0	589	437	1 645
21	18.7	7	69	60	101	24	0	0	0	7 862	5 187	5	30	14	16	4	0	0	0	1 484	979	5 625
27	23.6	1	21	30	122	172	13	0	0	15 893	9 311	1	13	13	25	23	2	0	0	2 625	1 538	10 728
33	28.2	0	5	10	55	225	157	0	0	24 707	12 853	0	4	6	24	40	19	0	0	4 120	2 143	15 807
39	32.4	0	0	2	16	136	263	112	0	33 790	15 609	0	0	2	11	48	32	10	0	5 320	2 458	20 707
45	36.3	0	0	0	2	39	222	262	67	42 698	17 515	0	0	0	2	21	45	26	9	6 231	2 556	25 069
51	39.8	0	0	0	0	7	91	300	254	51 071	18 602	0	0	0	0	4	39	37	19	6 630	2 415	28 713
57	43.1	0	0	0	0	0	21	169	516	58 489	18 918	0	0	0	0	0	13	43	42	7 049	2 280	31 443
63	46.1	0	0	0	0	0	3	47	711	64 389	18 493	0	0	0	0	0	2	23	70	7 134	2 049	33 299
69	48.9	0	0	0	0	0	0	7	805	69 177	17 642	0	0	0	0	0	0	5	90	7 298	1 861	34 497
75	51.4	0	0	0	0	0	0	0	861	73 377	16 617	0	0	0	0	0	0	0	91	7 022	1 590	35 332
81	53.9	0	0	0	0	0	0	0	910	77 574	15 599	0	0	0	0	0	0	0	910	77 574	15 599	35 905
Total	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**16**	**73**	**43**	**80**	**139**	**152**	**144**	**1230**	-	**35 905**	-

Gembloux Agro-Bio Tech
Université de Liège

SPW
Service public de Wallonie

DGO 3

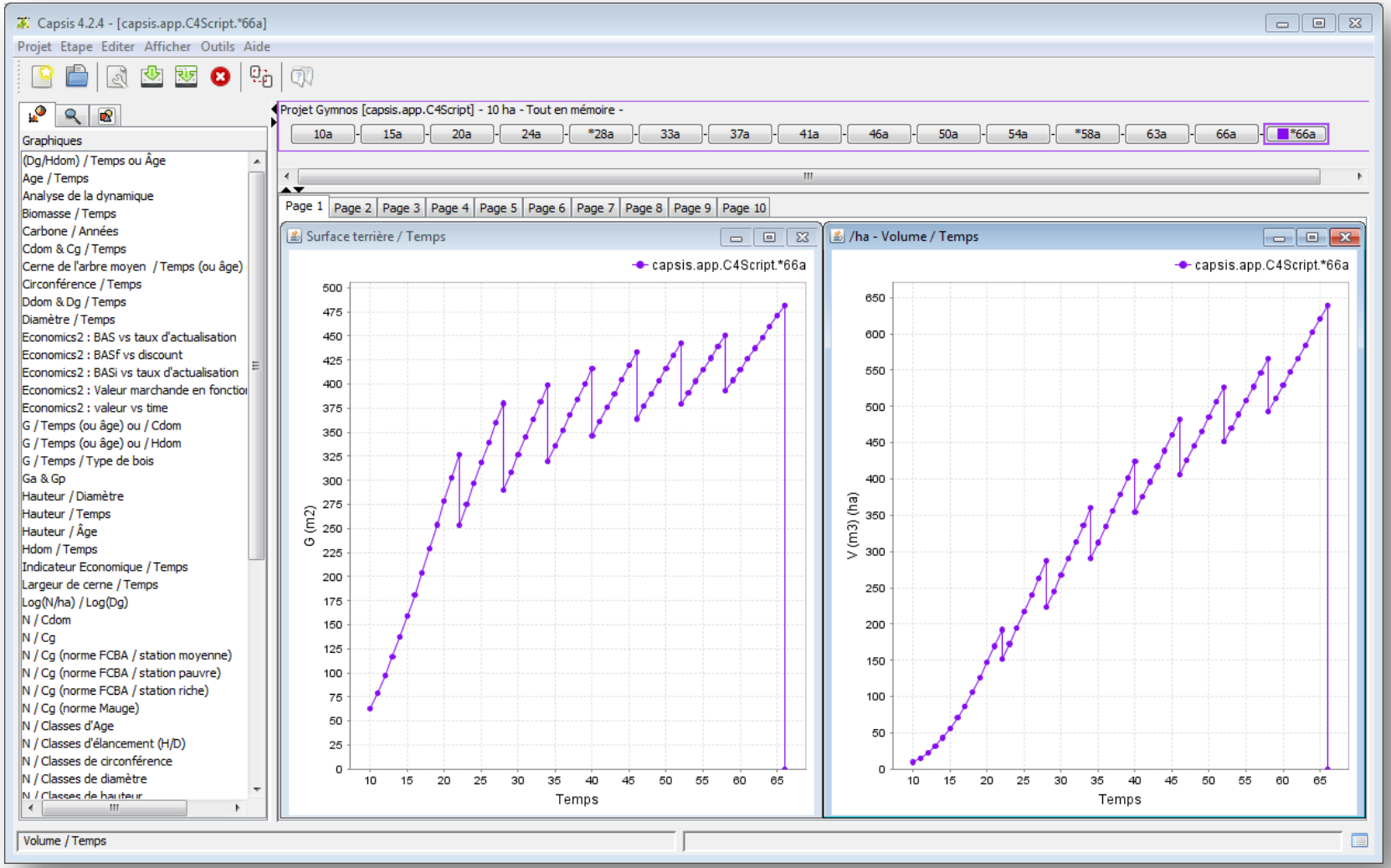
J. Perin, 2016
(j.perin@ulg.ac.be)

Evenaged spruce stand

Scenario

- Plantation : 2000 trees/ha, 2800€/ha
- Plantation cleaning: 450€/ha (2 yrs)
- Thinnings according to the appropriate yield table
- Clear-cut : 66 year old
- 3 years between clear-cut and plantation (Hylobe)
- Annual cost = hunting revenue

Evenaged spruce stand



Evenaged spruce stand

Projet Gymnos [Epicéa] - 10 ha - Tout en mémoire -

10a - *28a - 46a - 63a - *66a

Définir un scénario Economics2 - 1.0 - Epicéa.*66a

1) Définir la période

1 - cycle infini avec observation du fonds

Date de début du scénario économique : 0 | Date de fin de la période transitoire : 10 | Date de fin du scénario économique : 69

2) Définir et charger un fichier de paramètres économiques

D:\Data_G\3-currentProject\economics2\normesEp\economicOperations.txt

3)Définir le taux d'actualisation et/ou le fonds

Taux d'actualisation [0,1] : 0.03 | Fonds : -1.0

4) Vérifier et modifier la liste des opérations définies manuellement

date	1ere date	dernière date	frequence	label	type	trigger	dépense	recette
0	0	0	0	plantation	EUR/Ha	ON_DATE	2 800	0
0	1	2	1	Degagement	EUR/Ha	ON_FREQUENCY	450	0

Ajouter | Supprimer

5) Vérifier et modifier la liste des opérations produites automatiquement par le modèle

date	label	type	trigger	dépense	recette
22	thinning	LISTE DE PRIX	ON_INTERVENTION	0	0
28	thinning	LISTE DE PRIX	ON_INTERVENTION	0	0
34	thinning	LISTE DE PRIX	ON_INTERVENTION	0	0
40	thinning	LISTE DE PRIX	ON_INTERVENTION	0	0
46	thinning	LISTE DE PRIX	ON_INTERVENTION	0	0
52	thinning	LISTE DE PRIX	ON_INTERVENTION	0	0
58	thinning	LISTE DE PRIX	ON_INTERVENTION	0	0
66	NHAThinner	LISTE DE PRIX	ON_INTERVENTION	0	0

6) Vérifier et modifier la liste de prix

espèce	classe dhp : limite sup.	prix	Catégorie (optionnel)
épicéa	25,5	27,2	
épicéa	28,6	27,5	
épicéa	31,8	37,8	
épicéa	35	42,7	
épicéa	38,2	46,8	
épicéa	41,2	50,1	
épicéa	44,6	51,9	
épicéa	47,7	53,2	
épicéa	500	53,8	

Ajouter | Supprimer | Trier

Define simulation period

4 “economic cases”

- Infinity cycle with bare land observation
- Infinity cycle without bare land observation
- Transitory period
- Transitory period + infinity cycle

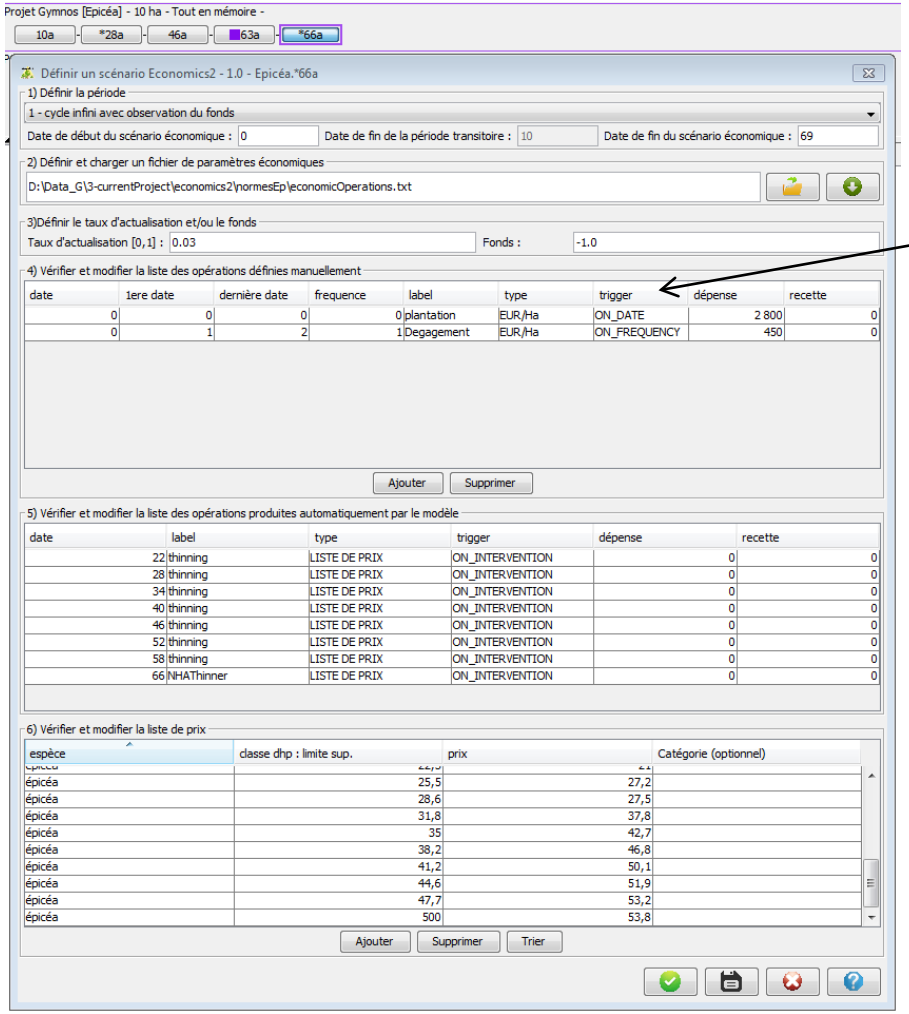
Period : 0 – 69 ans

```
discountRate = -1
land = 4000

# Economic Operation list
#date frequency   label type  trigger  income   price
0  {} plantation  FIXED ON_DATE  false 2800
-1 {1,2,1}  Degagement  FIXED ON_FREQUENCY   false 450

# Price list
# dbh (upper limit)  prix  species
9.50  0.00  3
12.7  1.20  3
15.9  7.70  3
19.1  14.4  3
22.3  21.0  3
25.5  27.2  3
28.6  27.5  3
31.8  37.8  3
35.0  42.7  3
38.2  46.8  3
41.2  50.1  3
44.6  51.9  3
47.7  53.2  3
500.0 53.8  3
```

Evenaged spruce stand

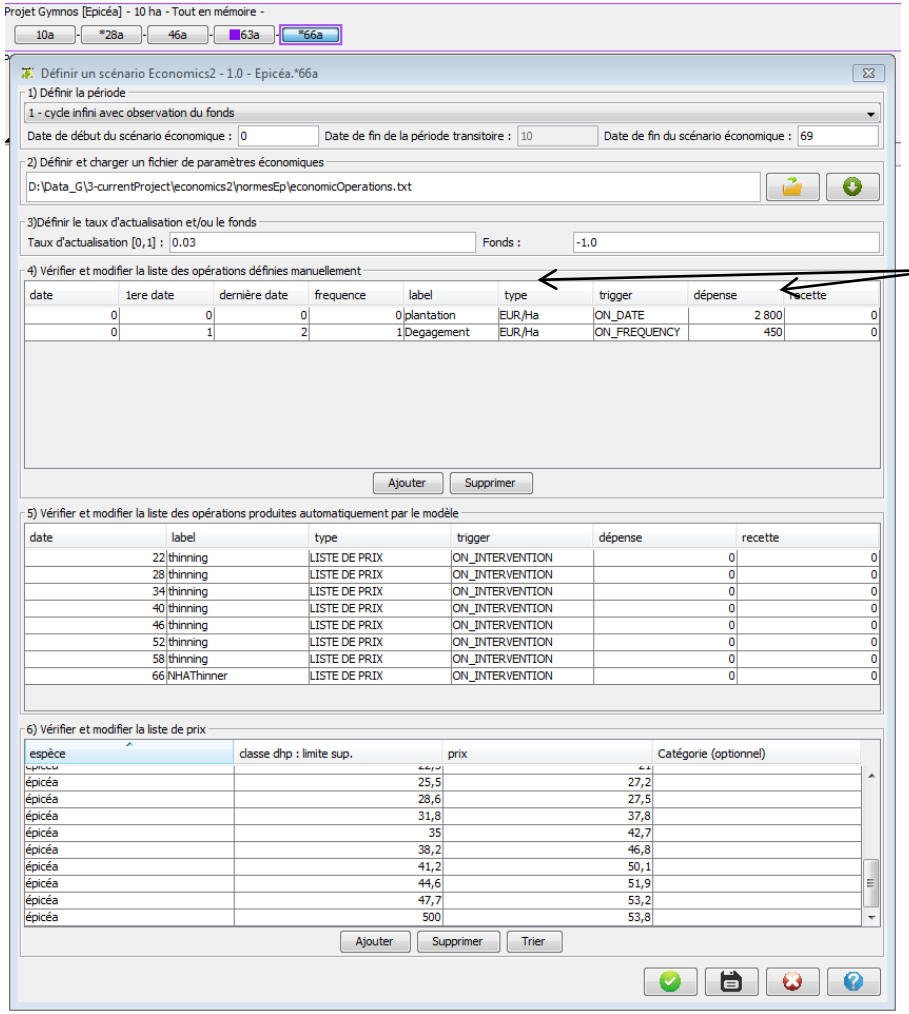


Define "economic operation" dates

<u>Trigger :</u>

- ON DATE (one given date: 1st column)
- ON FREQUENCY (first, last dates and freq. : 2nd – 4th column)
- YEARLY

Evenaged spruce stand



Define “economic operation” prices

<u>Type :</u>

- EUR / HA
- EUR / TREE
- EUR / M³
- PRICE LIST

- Cost or Income

Evenaged spruce stand

Projet Gymnos [Epicéa] - 10 ha - Tout en mémoire -

10a - *28a - 46a - 63a - *66a

Définir un scénario Economics2 - 1.0 - Epicéa.*66a

1) Définir la période

1 - cycle infini avec observation du fonds

Date de début du scénario économique : 0 | Date de fin de la période transitoire : 10 | Date de fin du scénario économique : 69

2) Définir et charger un fichier de paramètres économiques

D:\Data_G\3-currentProject\economics2\normesEp\economicOperations.txt

3)Définir le taux d'actualisation et/ou le fonds

Taux d'actualisation [0,1] : 0.03 | Fonds : -1.0

4) Vérifier et modifier la liste des opérations définies manuellement

date	1ere date	dernière date	frequence	label	type	trigger	dépense	recette
0	0	0	0	plantation	EUR/Ha	ON_DATE	2 800	0
0	1	2	1	Degagement	EUR/Ha	ON_FREQUENCY	450	0

Ajouter | Supprimer

5) Vérifier et modifier la liste des opérations produites automatiquement par le modèle

date	label	type	trigger	dépense	recette
22	thinning	LISTE DE PRIX	ON_INTERVENTION	0	0
28	thinning	LISTE DE PRIX	ON_INTERVENTION	0	0
34	thinning	LISTE DE PRIX	ON_INTERVENTION	0	0
40	thinning	LISTE DE PRIX	ON_INTERVENTION	0	0
46	thinning	LISTE DE PRIX	ON_INTERVENTION	0	0
52	thinning	LISTE DE PRIX	ON_INTERVENTION	0	0
58	thinning	LISTE DE PRIX	ON_INTERVENTION	0	0
66	NHAThinner	LISTE DE PRIX	ON_INTERVENTION	0	0

6) Vérifier et modifier la liste de prix

espèce	classe dhp : limite sup.	prix	Catégorie (optionnel)
épicéa	25,5	27,2	
épicéa	28,6	27,5	
épicéa	31,8	37,8	
épicéa	35	42,7	
épicéa	38,2	46,8	
épicéa	41,2	50,1	
épicéa	44,6	51,9	
épicéa	47,7	53,2	
épicéa	500	53,8	

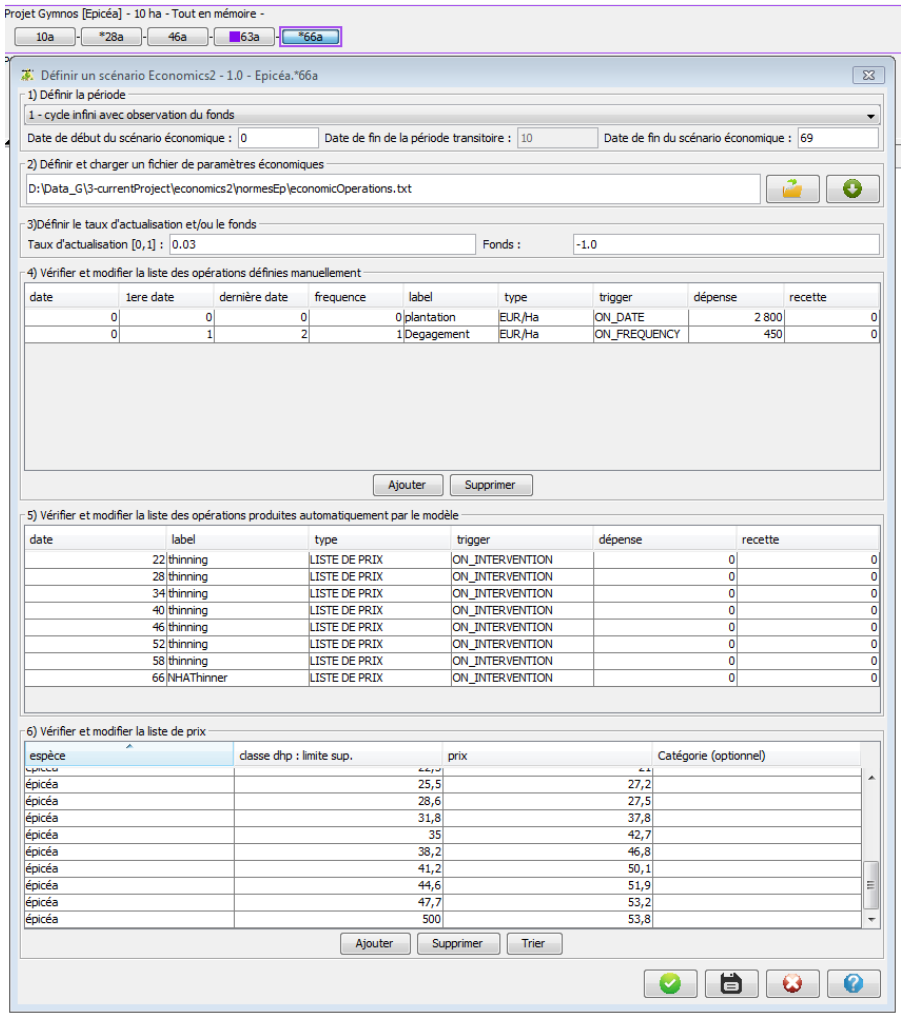
Ajouter | Supprimer | Trier

List of model interventions

because `Xintervener` implements `CustomEconomicOperation`

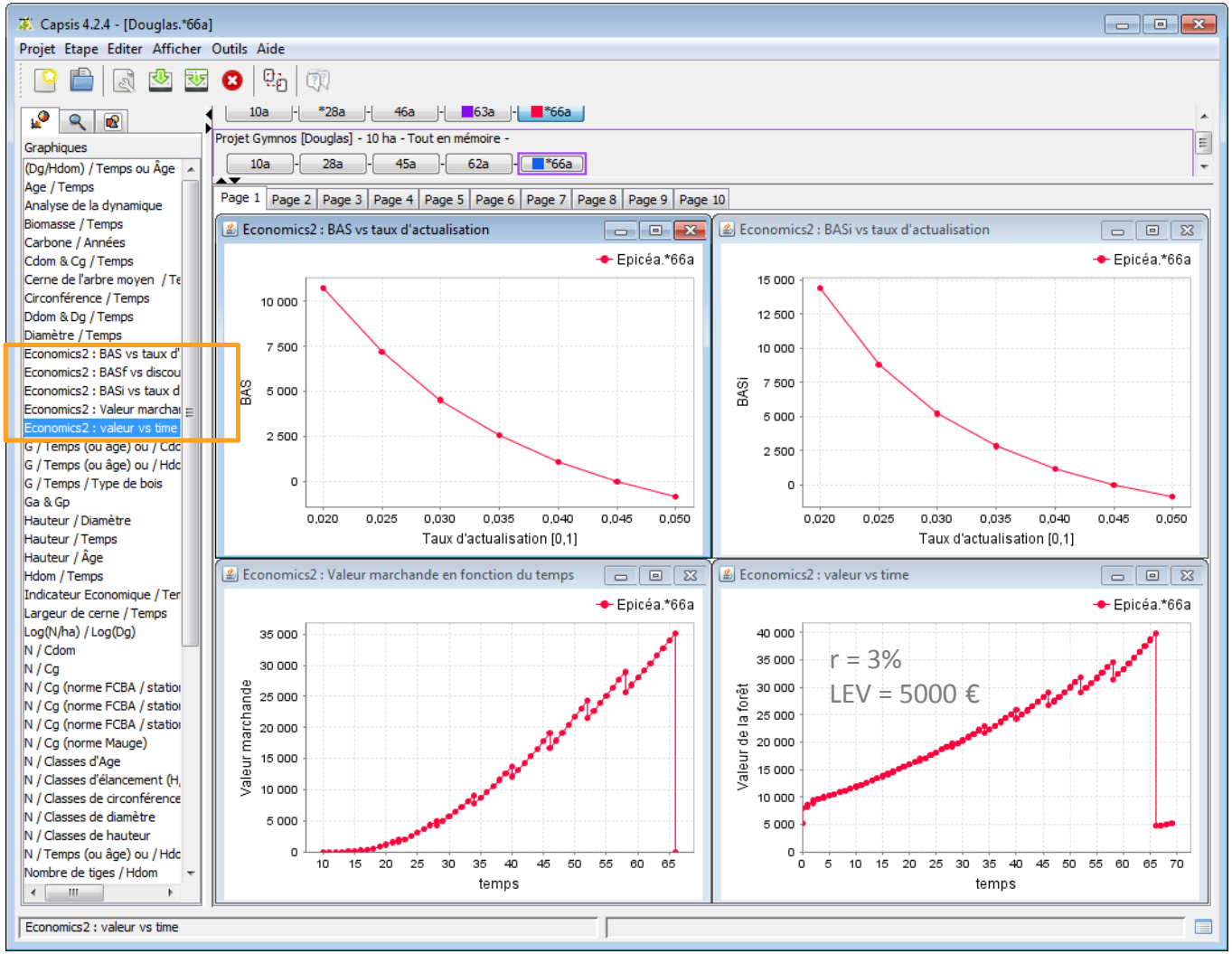
But price can be modified manually

Evenaged spruce stand

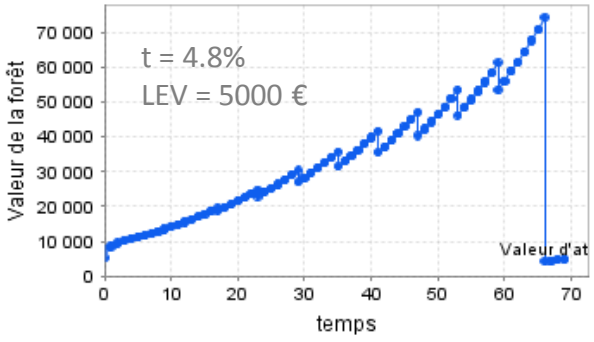


Check loaded list of prices
(species, diameter class, price, category)

Evenaged spruce stand



Evenaged spruce stand

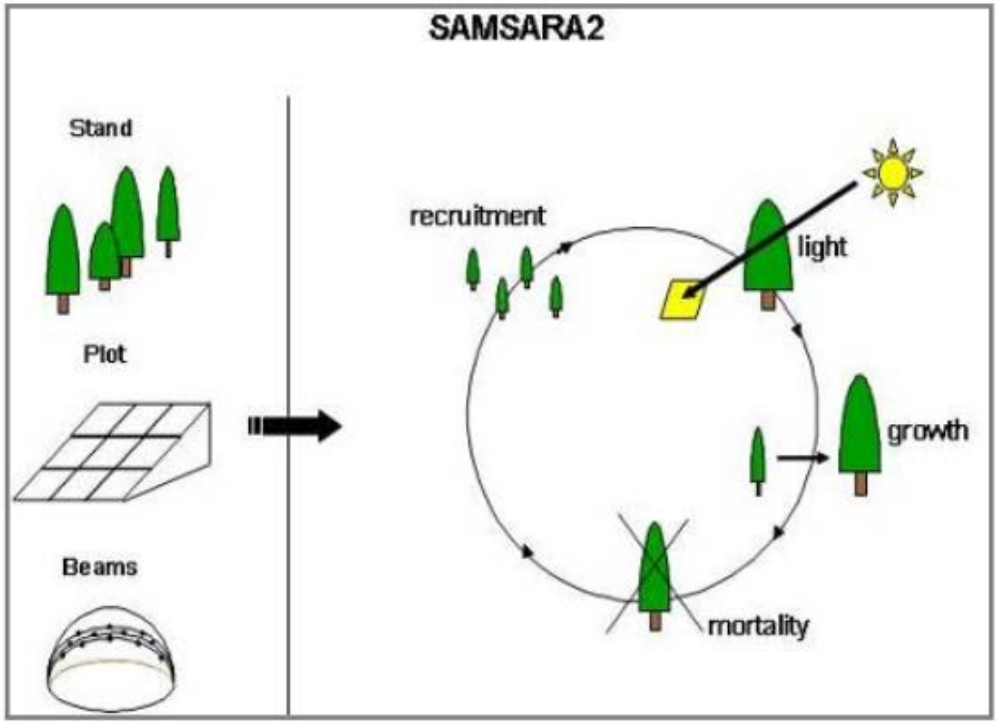


2. TRANSFORMATION OF EVENAGED SPRUCE STANDS

Transformation of spruce stand

AIM : Compare different strategies to transform even-aged stands

Simulator : Samsara2

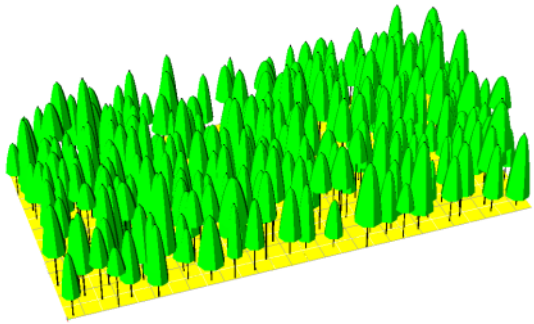


Courbaud et al. (2015) Ecol. Model.

Transformation of spruce stand

Initial situation

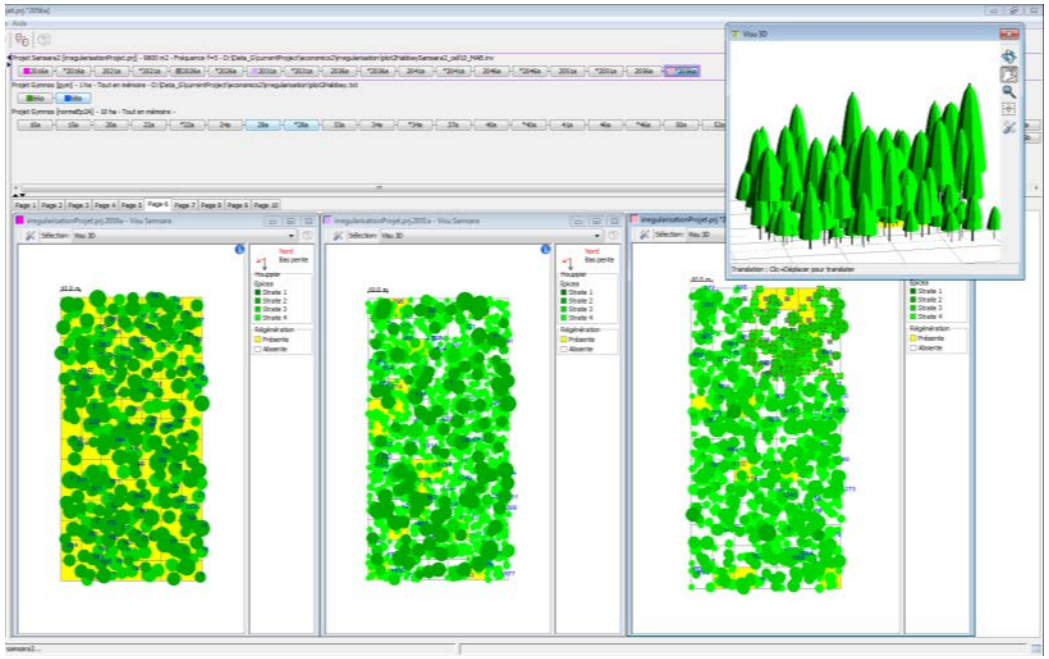
- **66 year old even-aged spruce stand**
- Dominant height = 32.6 m
- Density = 272 trees/ha
- Density of saplings > 20 000 / ha
- Basal area = 35.3 m^2/ha
- Standing volume = 446 m^3/ha



Transformation of spruce stand

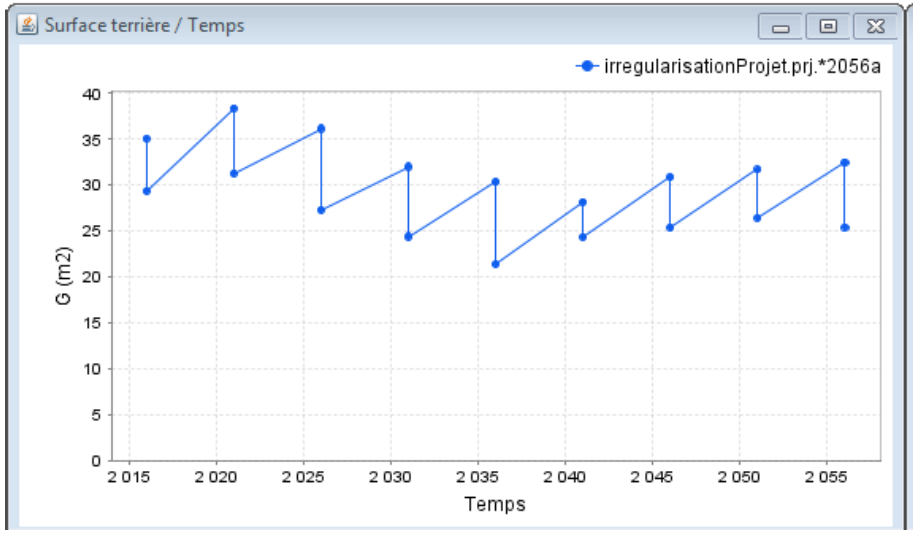
Scenario

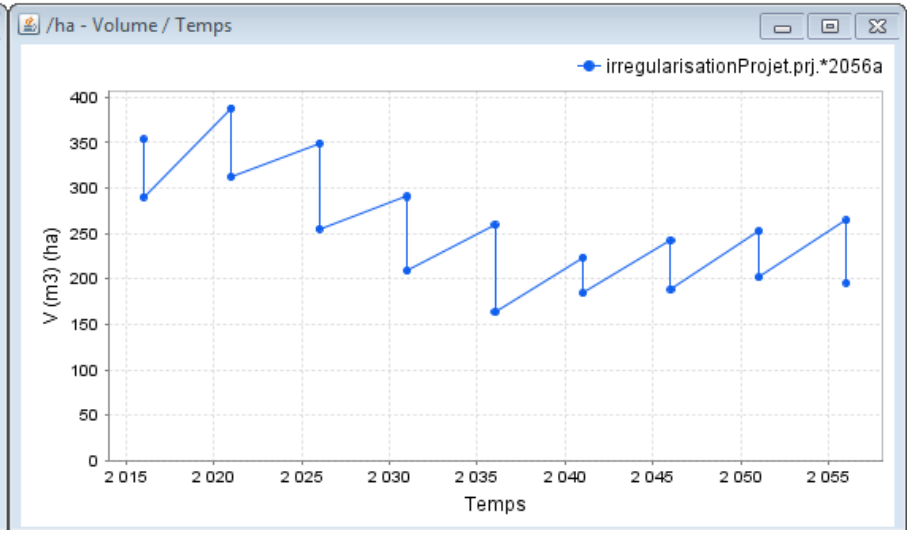
- **Thinnings from above**
- Thinned volume : 50-100m³/ha
  (15-20% of standing volume, 8-15% of stand density)
- Thin every 5 years
- Plantation and clearings = 0€
- Simulation over 40 years
- Annual cost = 50 €



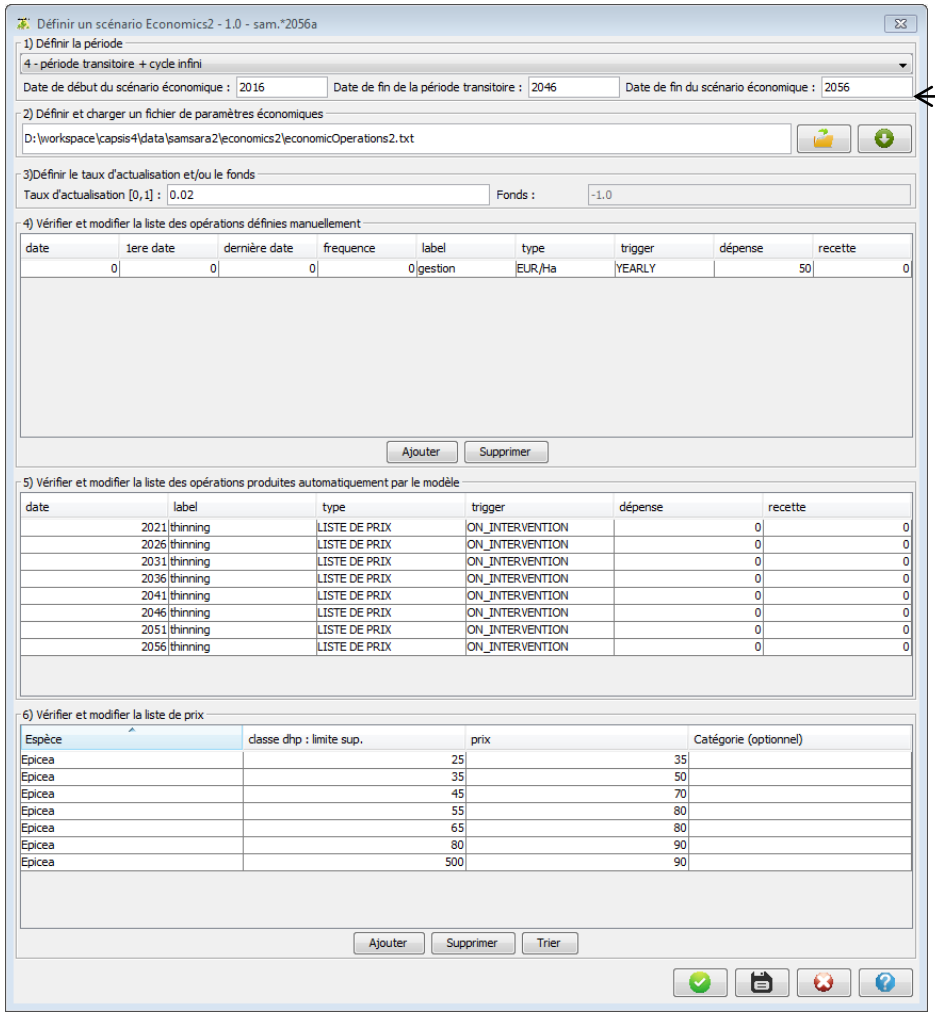
Transformation of spruce stand

Scenario





Transformation of spruce stand



Transitory period (2016-2046) + infinity cycle (2046-2056)

Transformation of spruce stand

Explorateur
Explorateur Samsara2
Inspecteur
Visu MAID
Visu Samsara
Visu Sapin
Visu Simple
Visu Texte

Economics2 Text viewer

Page 1 | Page 2 | Page 3 | Page 4 | Page 5 | Page 6 | Page 7 | Page 8 | Page 9 | Page 10

sam.*2056a - Economics2 Text Viewer

```
Cas de figure : 4 - période transitoire + cycle infini
Nombre d'années : 40
Date de début du scénario économique : 2016
Date de fin de la période transitoire : 2046
Date de fin du scénario économique : 2056
Taux d'actualisation [0,1] : 0.02
-----------------------------------
EconomicTextViewer.titleStandDescription
-----------------------------------
Description du peuplement à l'année 2016
---
SpCode  SpName  N              Dm      BA      volume  market value
---
0       Epicea  276.5306122448971      39      36      360     25003
---
Total           276.5306122448971      39      36      1       25003
---
Description du peuplement à l'année 2046
---
SpCode  SpName  N              Dm      BA      volume  market value
---
0       Epicea  495.9183673469369      24      35      351     24921
---
Total           495.9183673469369      24      35      1       24921
---
Description du peuplement à l'année 2056
---
SpCode  SpName  N              Dm      BA      volume  market value
---
0       Epicea  447.95918367346775     27      37      78      27095
---
Total           447.95918367346775     27      37      2       27095
---
-----------------------------------
Estimations de la valeurs de la forêt
-----------------------------------
BAS = 43067.4
Valeur initiale de la forêt (BASi) = 89099.08
```

Summary of scenario parameters

Check the assumptions about the infinity cycle is repespected

Financial indicators

3. Uneven-aged broadleaved forests

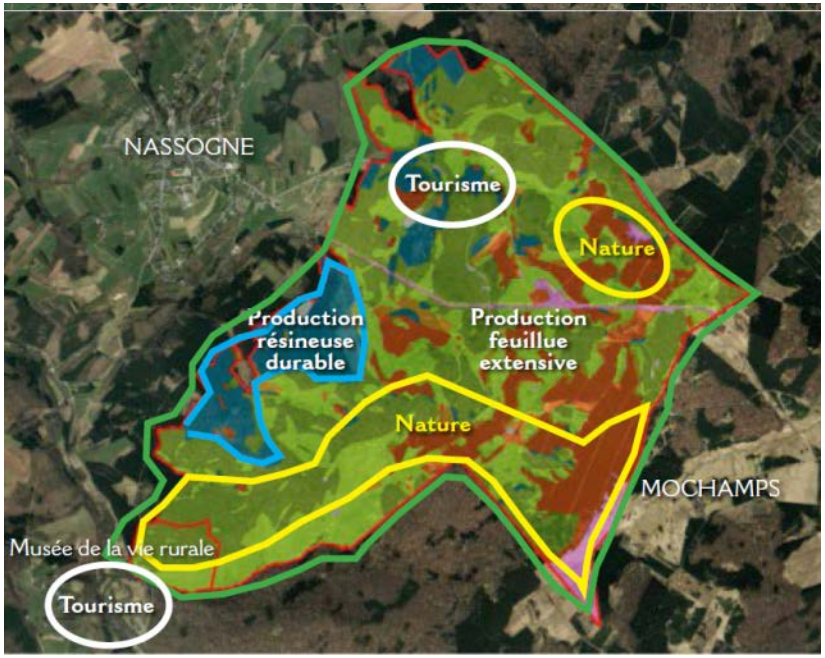
NASSONIA

Uneven-aged broadleaved forests

AIM : Compute cash flows over 100 years

Simulator : `Walltree`

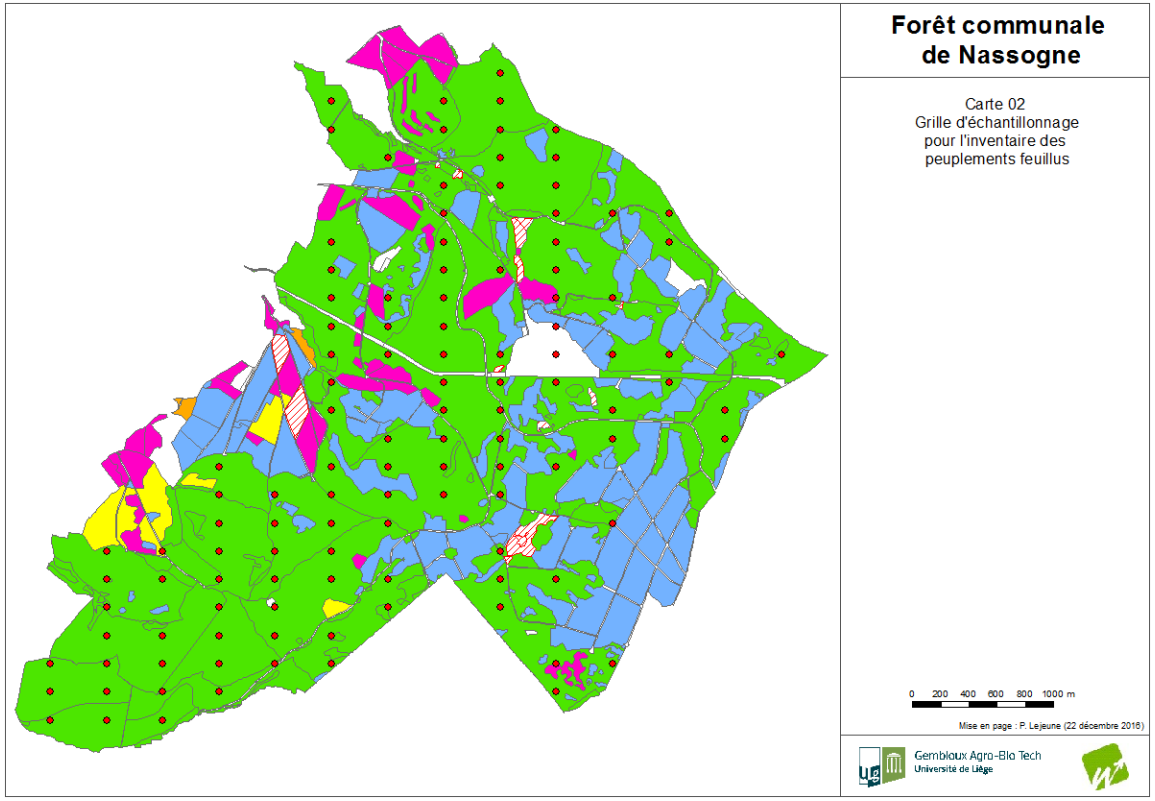
Independent-distance tree model
Very simple empirical equations for all Walloon tree species (eg. mean tree growth, recruitment and mortality rates)



Uneven-aged broadleaved forests

Initial situation

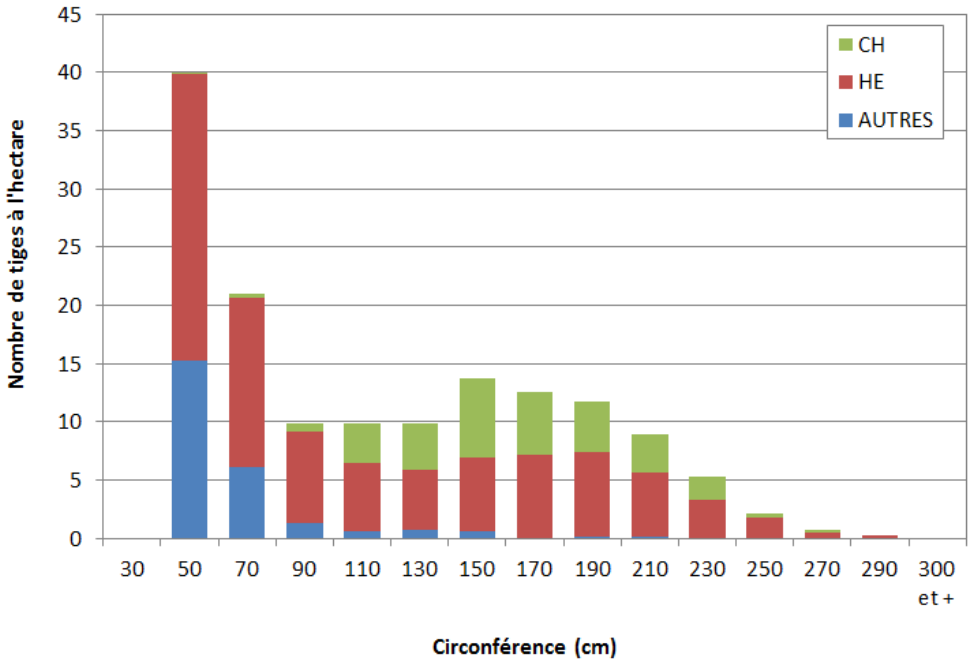
- Forest inventory with 115 sampling units (2005, 2011, 2016)



Uneven-aged broadleaved forests

Initial situation

- Forest inventory with 115 sampling units (2005, 2011, 2016)



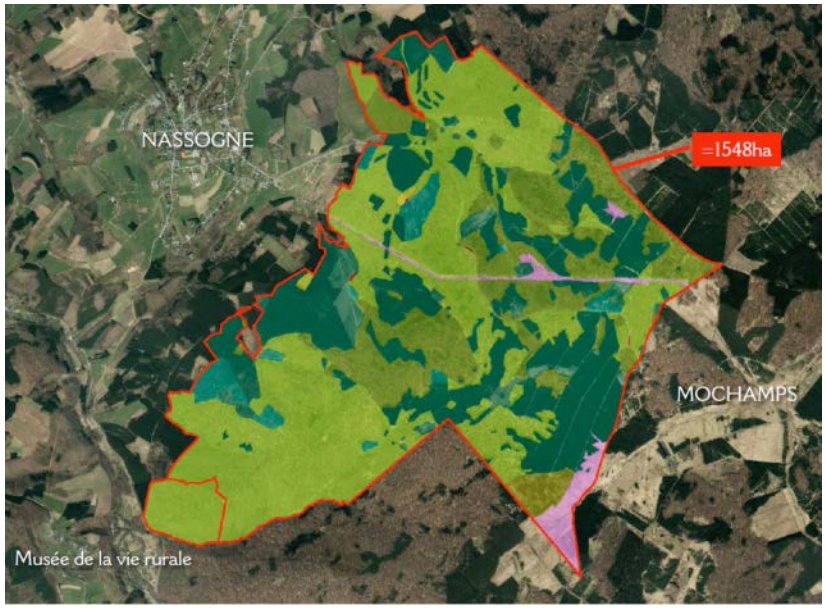
	Peuplement total		Chêne		Hêtre		Autres	
	Moy	Err %	Moy	Err %	Moy	Err %	Moy	Err %
GHA	20.1	*6.8*	6.9	*19.6*	12.2	*10.4*	0.9	*58.3*
NHA	145.8	*13.2*	30.8	*25.7*	90.0	*15.5*	25.0	*80.0*
VHA	238.4	*6.8*	78.1	*19.5*	150.9	*10.8*	9.4	*57.3*
GHA %			34.6		60.7		4.6	
NHA %			21.1		61.7		17.2	

Hêtre : 60.8%, Chênes indigènes : 34.5%, Epicéa commun : 2.6%, Charme : 1.1%, Bouleau : 0.79%, Aulne glutineux : 0.14%, Erable sycomore : 0.08%

Uneven-aged broadleaved forests

Scénario

- Creating a virtual stand of 100 ha, drawing 146 trees/ha from the sampled tree distribution
- Model calibration with inventory data (n=115)
- Thin every 12 years
  - target basal area : 18.5 m²/ha
  - Harvest DBH limit for oak : 95 cm
  - Harvest DBH limit for beech : 67 cm
  - Harvest DBH limit for conifers : 38 cm



Uneven-aged broadleaved forests

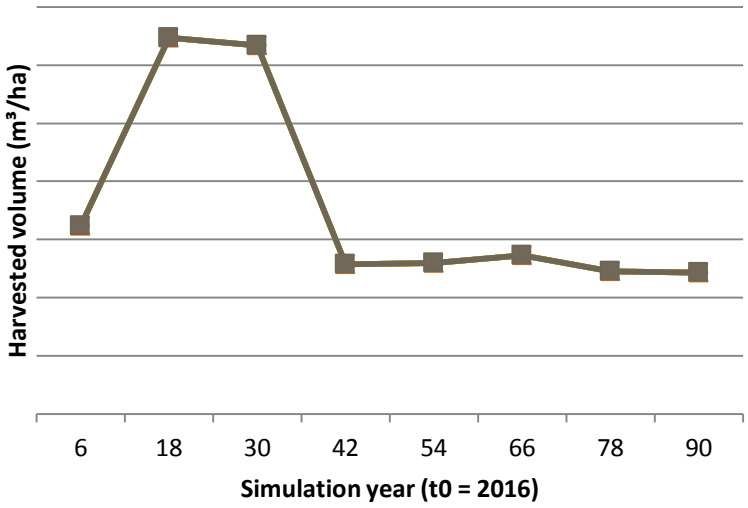
Scénario

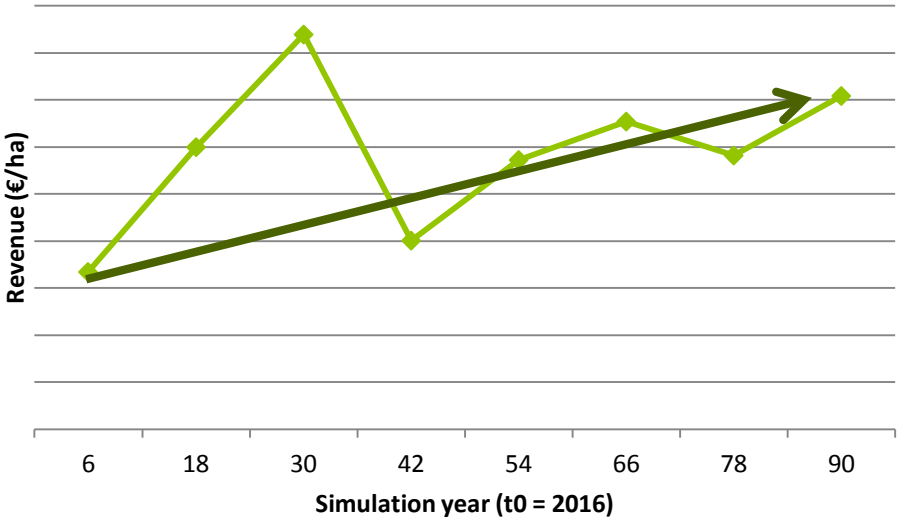
- Stumpage prices from forest public administration databases

Girth	Price (€/m³)	Species	Category
100-120	35	Oak	Lumber
120-150	55	Oak	Lumber
150-185	70	Oak	Lumber
185-200	80	Oak	Lumber
200-250	85	Oak	Lumber
>250	90	Oak	Lumber
100-120	30	Beech	Lumber
120-150	45	Beech	Lumber
150-185	55	Beech	Lumber
185-200	60	Beech	Lumber
200-250	65	Beech	Lumber
>250	65	Beech	Lumber
>250	17	Beech	Firewood
>250	17	Oak	Firewood

Girth	Price (€/m³)	Species	Category
0-20	0	Spruce	Lumber
20-40	0	Spruce	Lumber
40-60	14	Spruce	Lumber
60-70	34	Spruce	Lumber
70-90	43	Spruce	Lumber
90-120	54	Spruce	Lumber
120-150	60	Spruce	Lumber
150-185	58	Spruce	Lumber
185-200	55	Spruce	Lumber
200-250	54	Spruce	Lumber
>250	51	Spruce	Lumber

Uneven-aged broadleaved forests





In brief…

economics2 is :

- A relatively new toolbox that works with Gui and scripts
- flexible
- Operational (few bugs remain in the Gui)
- Further work remains to use it smartly
  - designing interesting and comparable scenarios given the data and the models

Don’t hesite to try it!

Report using it, improve it…

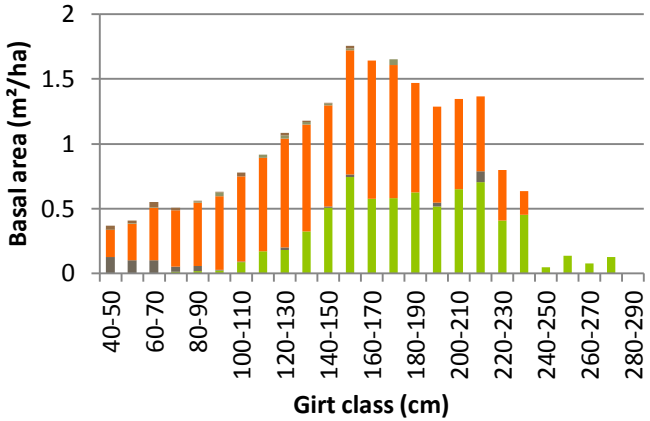
merci

Gembloux Agro-Bio Tech
Université de Liège

Gauthier LIGOT
gligot@ulg.ac.be

Uneven-aged broadleaved forests

Initial situation : 2016

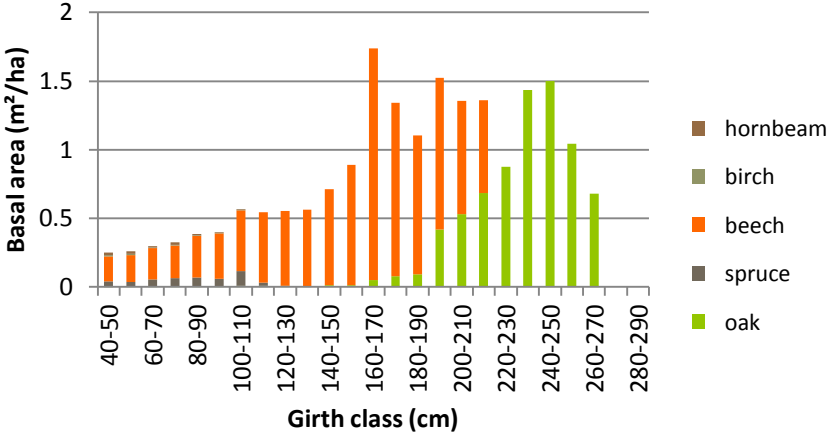


BA: 20,5 m²/ha

$BA_{Hêtre}$: 61 % - mean tree volume : 1,5 m³

$BA_{Chêne}$: 34 % - mean tree volume : 2,9 m³

Final situation : 2112

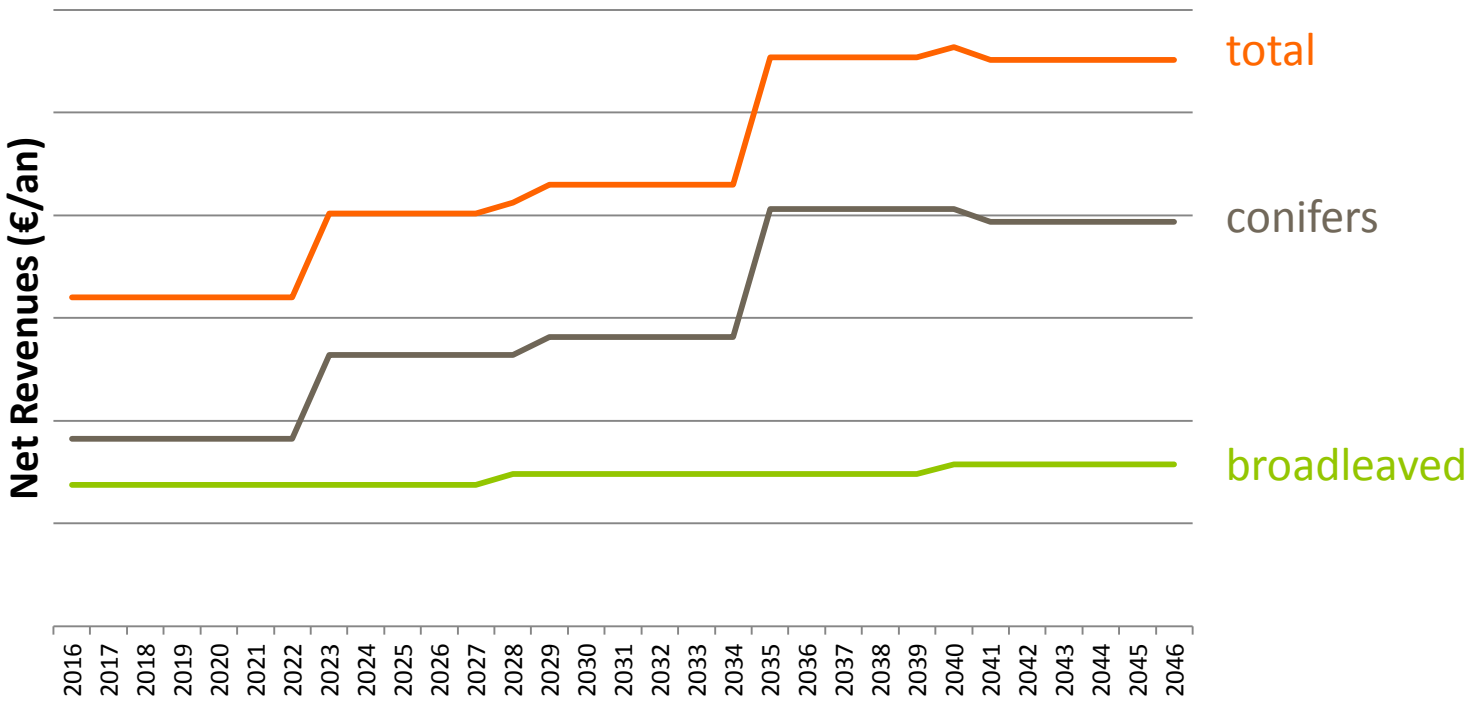


BA : 20,4 m²/ha

$BA_{Hêtre}$: 62 % - mean tree volume : 1,3 m³

$BA_{Chêne}$: 35 % - mean tree volume : 5.3 m³

Uneven-aged broadleaved forests



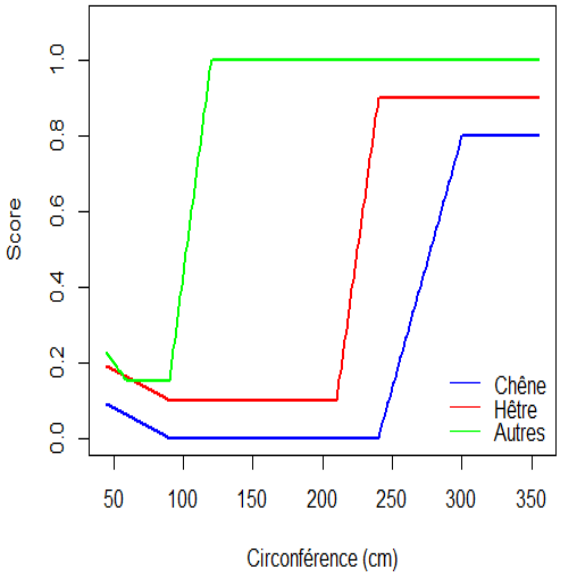
Evolution de la forêt feuillue

Simulation de l'évolution de la forêt et estimation de la production ligneuse

Données utilisées :

- Estimation de la mortalité naturelle : elle est considérée comme nulle (tous les arbres sont récoltés)

- Définition des éclaircies : utilisation d'un algorithme de sélection des arbres récoltés



- attribution d'un score à chaque arbre
- sélection des arbres à récolter sur base notamment du score obtenu, jusqu'à obtention d'une surface terrière cible (18,5 m²/ha)

Making your module compatible with Economics2

- `XModel`, `XTree`, `XScene` must implement some interfaces
- `XIntervener` can implement an interface
- Check out the on-line documentation