

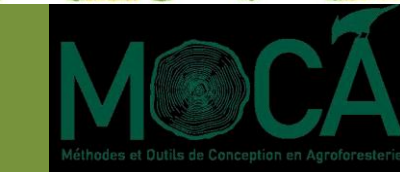


Agroforesterie par bosquets : Composer des Bosquets et CAPSIS EcoAF



F Santi, F de Coligny*, F Liagre**,
T Mayeur, R Margaritat, J Ruffier, A Carrer, X Cazenave, P Sergent, C Thomas
INRAE UMR BioForA et AMAP*, Agroof**

FOREM, Nancy, 4 avril 2024
Images à jour / Capsis 4.2.7-20650



Nombreuses pelouses / prairies vides

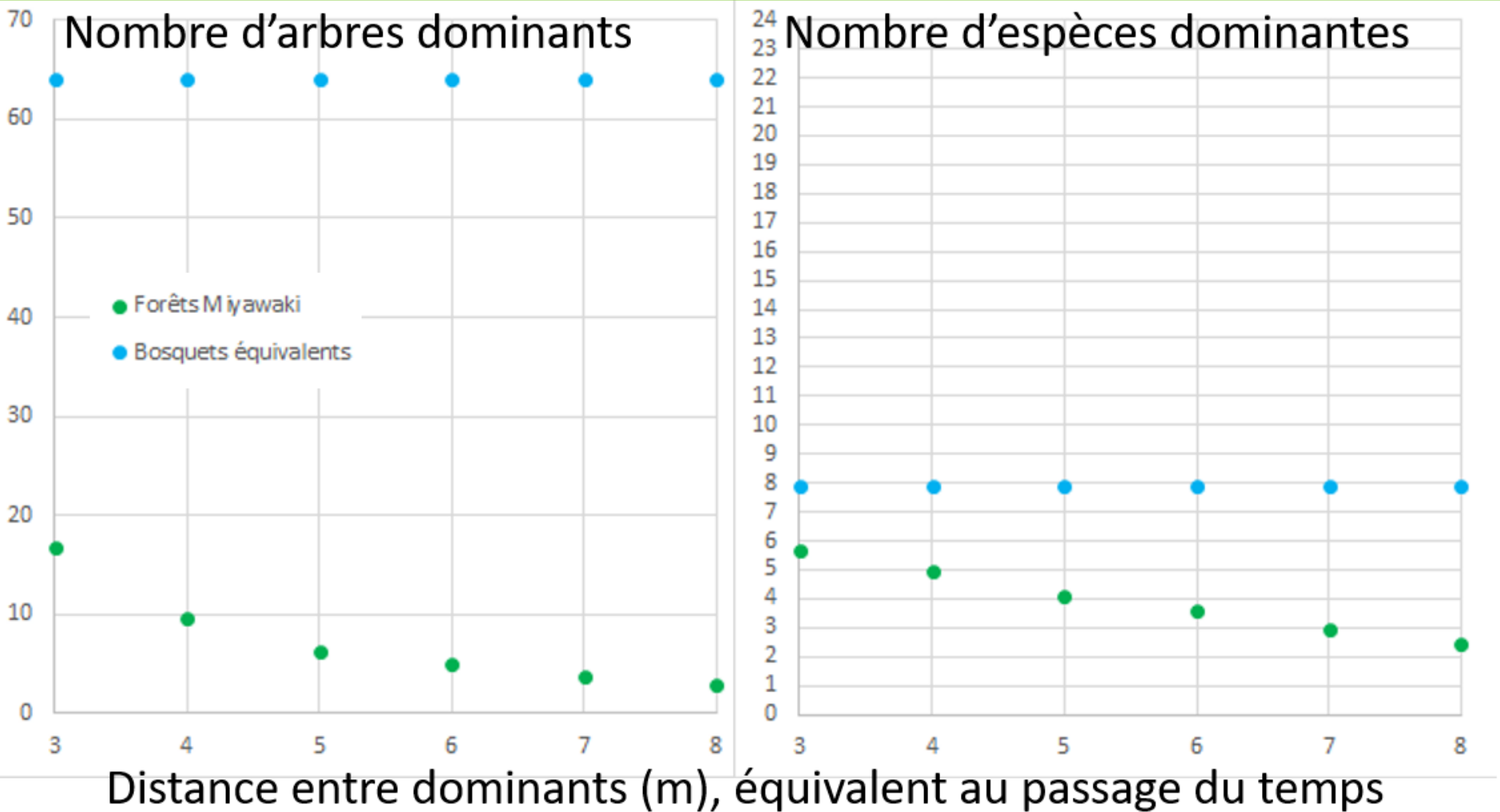
- ❖ Les planter avec des arbres formés est très coûteux : souvent 1 seule espèce
- ❖ Un seul jeune plant de semis est trop fragile et de génétique incertaine
- ❖ Planter densément (3 / m²) arbres et arbustes // forêt de type Miyawaki ?



Comparer une forêt Miyawaki et des bosquets

- ❖ 1 forêt = 1040 plants répartis en 32 espèces dont 24 d'arbre divisées en 4 catégories de taille
- ❖ Les 1040 plants divisés en 64 bosquets de 16 plants aboutissent à 64 arbres

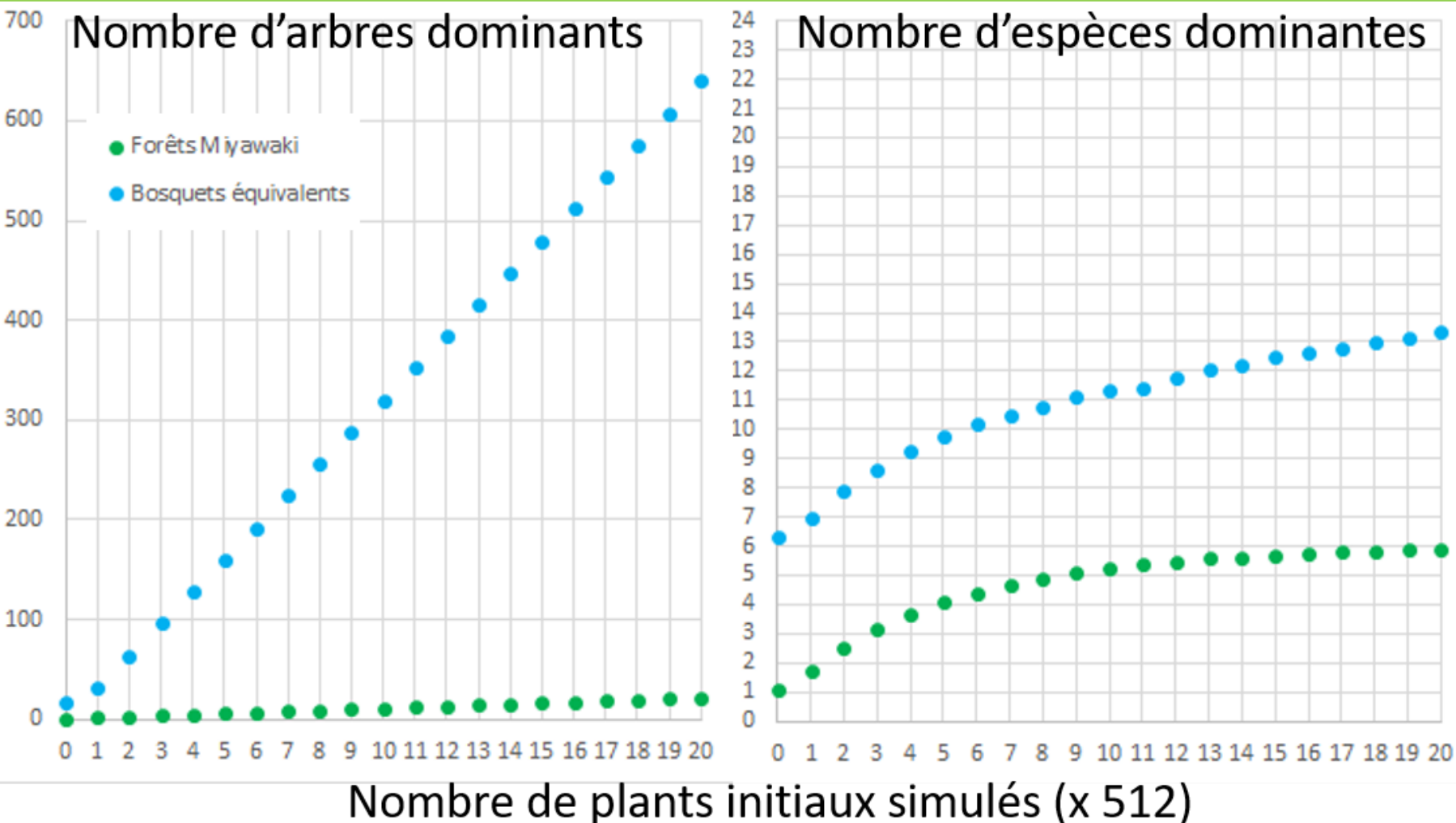
Moyennes pour 1000 simulations au cours du temps des nombres finaux d'arbres et d'espèces dans les forêts et les ensembles de bosquets équivalents :



Agrandir la forêt Miyawaki n'est pas efficace

- ❖ Simulation de forêts, et de bosquets équivalents, de taille croissante
- ❖ La canopée des bosquets augmente beaucoup et se diversifie bien plus

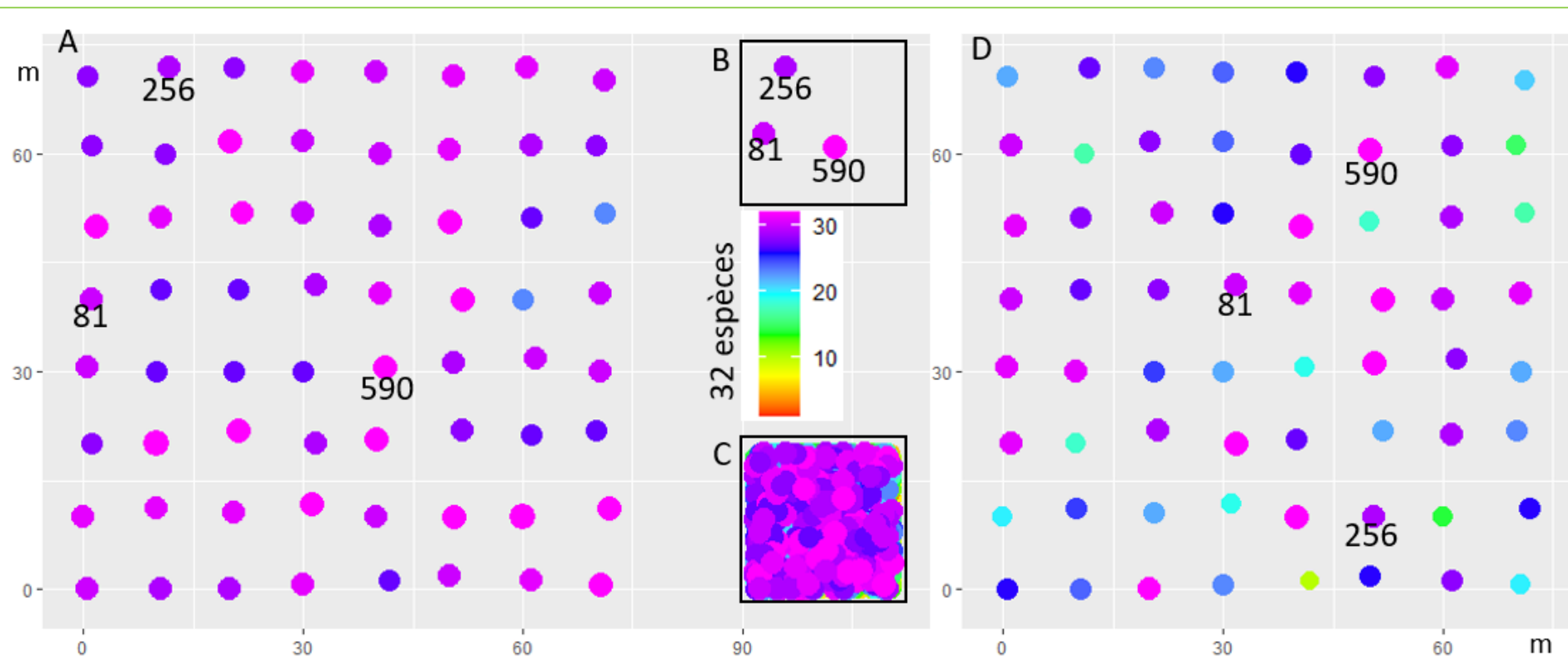
Moyennes pour 1000 simulations des nombres finaux d'arbres et d'espèces (distance minimale de 8 m entre dominants) dans les forêts et les ensembles de bosquets équivalents, quand le nombre de plants varie de 256 (0,5 x 512) à 10240 (20 x 512) :



Bosquets créés seulement au hasard ?

- ❖ Comment favoriser la diversité finale ?
- ❖ 1 bosquet = 3 espèces arborées x 4 plants + 4 plants d'arbustes ou vivaces
- ❖ La diversité moyenne passe de 7,9 à 17,2 espèces d'arbre sur 24 (pour 1024 plants)

Une des 1000 simulations avec 1040 plants, 8 m entre dominants. Bosquets : 7 espèces dominantes sur 24 si tout est disposé au hasard (A), 19 avec 3 espèces d'arbre par bosquet (D) ; forêt : 3 espèces dominantes sur 24 seulement (B : les 3 arbres dominants numérotés 81, 256, 590 ; C : tous les arbres et arbustes, les points des meilleurs disposés dessus) :



ComposerDesBosquets : outil Rshiny

- ❖ Planter de nombreux bosquets élémentaires avec de nombreuses espèces
- ❖ Problème : comment les composer aléatoirement ? Appli Version01 : <https://mayeurtommy.shinyapps.io/test/>



❖ Onglet Décider : importer-modifier ou créer un groupe de bosquets puis les télécharger

Ouvrir 2 à 4 fois (...) ou aller en 1 !

Charger composition ⓘ

Ouvrir CompoDefault.xls

Upload complete

1 - Nombre bosquets ⓘ

1 64 500

Soit 1024 plants

Aide pour ce nombre :
Si surface herbeuse (m²),

4500

écart entre bosquets (m),

13

choisir : 26 bosquet(s)

2 - Plants par bosquet ⓘ

12 petits et 1 grand

16 petits

Compétition entre les espèces ⓘ

4 - Catégorie de hauteur maximale ⓘ

2 (5 à 10 m)

3 (10 à 15 m)

4 (15 à 20 m)

5 (20 m et plus)

5 - Conditions / sol ⓘ

Sec toléré Calcaire +-
oui - aci, aci -

6 - Choix espèces ⓘ

Petits plants d'arbre
Cornouiller mâle, Griottier -

24 choisie(s)

Petits plants d'arbuste
Abélia, Amélanchier du C -

8 choisie(s)

Afficher composition équilibrée

Liste des espèces respectant les conditions choisies

Rechercher

Nom français	Nom latin	Sec toléré	Calcaire +-	Elevage	Catégorie hauteur
Bouleau verruqueux	Betula pendula	oui	aci neu		5 (20 m et plus)
Cèdre blanc de Californie	Calocedrus decurrens	oui	aci neu bas		5 (20 m et plus)
Cèdre de l'Atlas	Cedrus atlantica	oui	aci neu bas		5 (20 m et plus)
Cèdre du Liban	Cedrus libani	oui	aci neu bas		5 (20 m et plus)
Châtaignier commun	Castanea sativa	oui	aci neu		5 (20 m et plus)

Affichage de 1 à 5 sur 205 entrées

Précédent 1 2 3 4 5 ... 41

Que voulez vous conserver ? ⓘ

Décliquez plus d'une espèce par type pour changer des nombres de plants. Attention, impossible si choix 16 petits plants + Forte/Faible cor

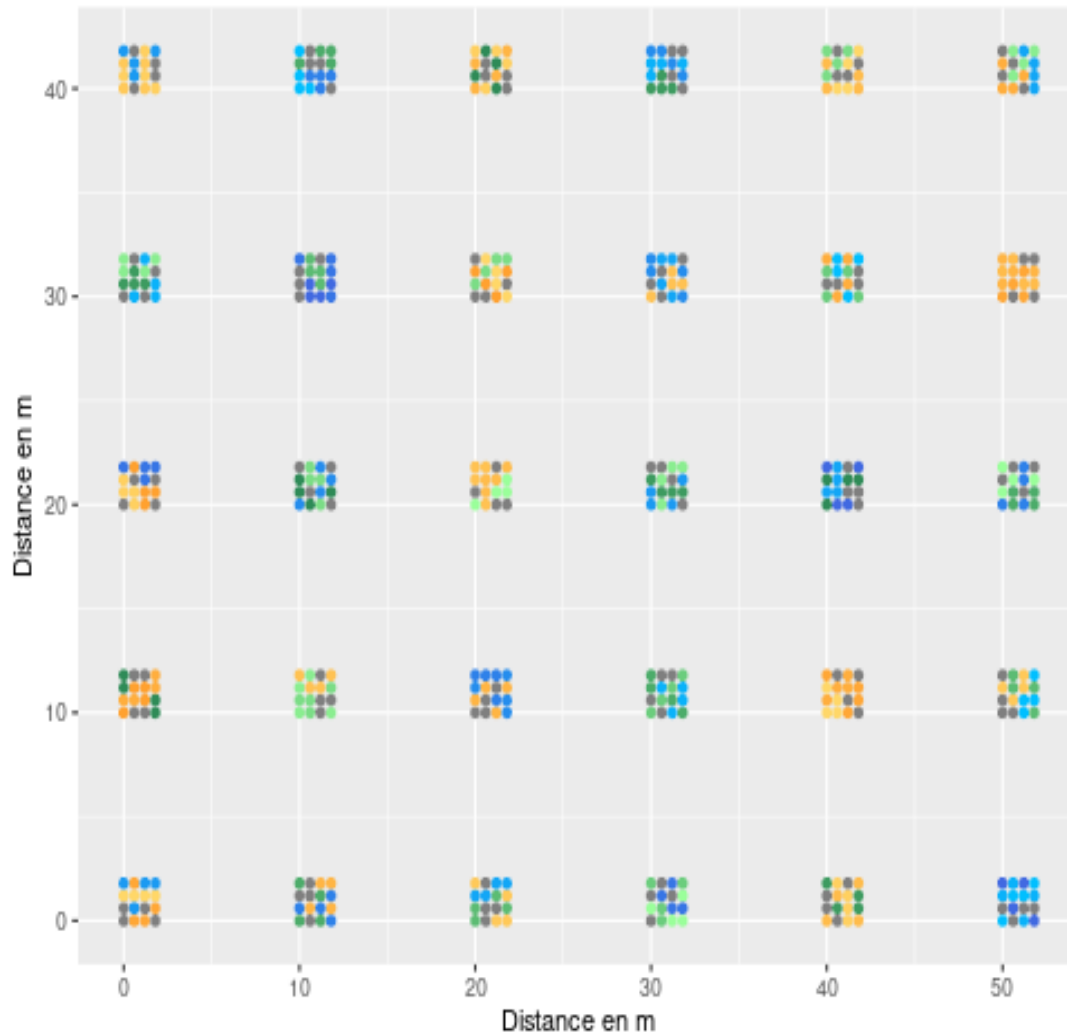
Cornouiller mâle / par 4 plants / 32 plant(s) -

Changer certains nombres de plants

[Voir la comparaison de la diversité correspondante](#)

Plants par bosquet	Nom français	Nom latin	Nb plants	Catégorie
4 petits	Cornouiller mâle	Cornus mas	32	2
4 petits	Griottier	Prunus cerasus	32	2
4 petits	Néflier commun	Mespilus germanica	32	2
4 petits	Noisetier commun	Corylus avellana	32	2
4 petits	Pommier sauvage	Malus sylvestris	32	2

❖ Onglet Comparer : vue à la plantation



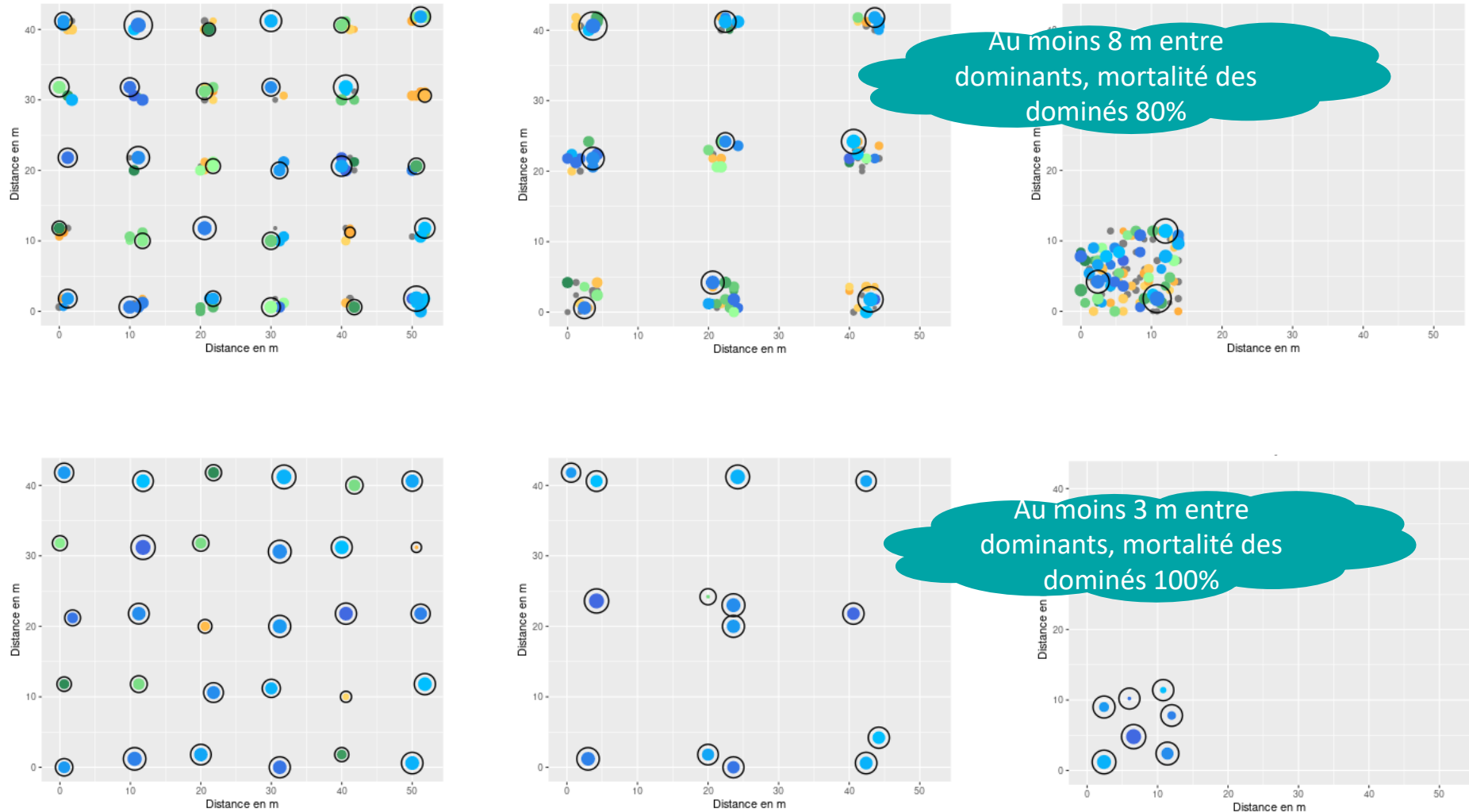
Bosquets élémentaires de 16 plants à la plantation

Espèces

- | | |
|-----------------------------|-----------------------------|
| ● Alisier torminal | ● Erable de Montpellier |
| ● Arbousier | ● Frêne à fleurs |
| ● Arbre de Judée | ● Mélange d'arbustes |
| ● Aulne de Corse | ● Micocoulier occidental |
| ● Bouleau de Chine | ● Mûrier noir |
| ● Céanothe arborescent | ● Néflier du japon |
| ● Chêne à feuilles de saule | ● Noisetier de Byzance |
| ● Chêne bicoloré | ● Oranger des Osages |
| ● Chêne écarlate | ● Poirier de Chine |
| ● Chêne tauzin | ● Savonnier |
| ● Chêne vert | ● Sophora du Japon |
| ● Cormier | ● Tamaris à quatre étamines |
| ● Cytise | ● Virgilier à bois jaune |

- ❖ Jouer avec les distances finales des arbres dominants, le taux de mortalité des dominés
- ❖ Si mortalité = 100 %, on peut représenter une plantation avec arbres déjà formés

Bosquets élémentaires, puis regroupés par 4, puis tous ensemble (forêt), après croissance



Exemple de 500 bosquets

- ❖ 12 petits et 1 grand plants → le grand plant sera le dominant
- ❖ 18 espèces de catégories 3 4 5 pour les grands plants
- ❖ 18 espèces de catégories 2 3 4 pour les petits plants
- ❖ Mélange d'arbustes

Ouvrir 2 à 4 fois (._.) ou aller en 1 !

Charger composition ⓘ

Ouvrir Simul-forem-

Upload complete

1 - Nombre bosquets ⓘ

1 500

1 51 101 201 301 401 500

Soit 6500 plants

Aide pour ce nombre :
Si surface herbeuse (m²),

4500

écart entre bosquets (m),

13

choisir : 26 bosquet(s)

2 - Plants par bosquet ⓘ

12 petits et 1 grand
 16 petits

4 - Catégorie de hauteur maximale ⓘ

2 (5 à 10 m)
 3 (10 à 15 m)
 4 (15 à 20 m)
 5 (20 m et plus)

5 - Conditions / sol ⓘ

Sec toléré Calcaire +/-

oui aci, a

6 - Choix espèces ⓘ

Grands plants d'arbre

Alisier torminal, Charn

18 choisie(s)

Petits plants d'arbre

Cornouiller mâle, Grik

18 choisie(s)

Exporter la composition des arbres finaux

❖ Export de la composition totale pour chaque espèce (extrait des grands plants)

A	B	C	D	E	F
Types	Nom.français	Nom.latin	Nombre.plants	Categorie	
Espèces arborées (1 plant par bosquet)	Alisier torminal	Sorbus torminalis	27	3	
Espèces arborées (1 plant par bosquet)	Charme houblon	Ostrya carpinifolia	28	3	
Espèces arborées (1 plant par bosquet)	Erable champêtre	Acer campestre	28	3	
Espèces arborées (1 plant par bosquet)	Frêne à fleurs	Fraxinus ornus	28	3	
Espèces arborées (1 plant par bosquet)	Mûrier blanc	Morus alba	28	3	
Espèces arborées (1 plant par bosquet)	Sorbier des oiseleurs	Sorbus aucuparia	27	3	
Espèces arborées (1 plant par bosquet)	Aulne de Corse	Alnus cordata	28	4	
Espèces arborées (1 plant par bosquet)	Charme commun	Carpinus betulus	28	4	
Espèces arborées (1 plant par bosquet)	Chêne vert	Quercus ilex	28	4	
Espèces arborées (1 plant par bosquet)	Merisier	Prunus avium	28	4	
Espèces arborées (1 plant par bosquet)	Micocoulier de Provence	Celtis australis	28	4	
Espèces arborées (1 plant par bosquet)	Noisetier de Byzance	Corylus colurna	28	4	
Espèces arborées (1 plant par bosquet)	Chêne de Hongrie	Quercus frainetto	28	5	
Espèces arborées (1 plant par bosquet)	Chêne sessile	Quercus petraea	28	5	
Espèces arborées (1 plant par bosquet)	Erable plane	Acer platanoides	27	5	
Espèces arborées (1 plant par bosquet)	Févier d'Amérique	Gleditsia triacanthos	28	5	
Espèces arborées (1 plant par bosquet)	Noyer commun	Juglans regia	28	5	
Espèces arborées (1 plant par bosquet)	Tilleul commun	Tilia x europaea	27	5	
Espèces arborées (4 plants par bosquet)	Cornouiller mâle	Cornus mas	224	2	
Espèces arborées (4 plants par bosquet)	Griottier	Prunus cerasus	220	2	
Espèces arborées (4 plants par bosquet)	Néflier commun	Mespilus germanica	220	2	
Espèces arborées (4 plants par bosquet)	Noisetier commun	Corvlus avellana	224	2	

❖ Composition décrite pour chaque bosquet

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Nom_simulation	Numéro	Arbre1_x1	Arbre2_x4	Arbre3_x4	Arbuste1_x1	Arbuste2_x1	Arbuste3_x1	Arbuste4_x1
2	Simul	1	Sorbier des oiseleurs	Néflier commun	Pommier sauvage	Mélange d'arbustes	Mélange d'arbustes	Mélange d'arbustes	Mélange d'arbustes
3	Simul	2	Aulne de Corse	Frêne à fleurs	Noisetier de Byzance	Mélange d'arbustes	Mélange d'arbustes	Mélange d'arbustes	Mélange d'arbustes
4	Simul	3	Merisier	Noisetier commun	Merisier	Mélange d'arbustes	Mélange d'arbustes	Mélange d'arbustes	Mélange d'arbustes
5	Simul	4	Chêne sessile	Saule cendré	Erable champêtre	Mélange d'arbustes	Mélange d'arbustes	Mélange d'arbustes	Mélange d'arbustes
6	Simul	5	Sorbier des oiseleurs	Cornouille mâle	Charme houblon	Mélange d'arbustes	Mélange d'arbustes	Mélange d'arbustes	Mélange d'arbustes
7	Simul	6	Févier d'Amérique	Chêne vert	Charme commun	Mélange d'arbustes	Mélange d'arbustes	Mélange d'arbustes	Mélange d'arbustes
8	Simul	7	Frêne à fleurs	Micocoulier de Provence	Aulne de Corse	Mélange d'arbustes	Mélange d'arbustes	Mélange d'arbustes	Mélange d'arbustes
9	Simul	8	Charme commun	Mûrier blanc	Griottier	Mélange d'arbustes	Mélange d'arbustes	Mélange d'arbustes	Mélange d'arbustes
10	Simul	9	Micocoulier de Provence	Sorbier des oiseleurs	Alisier torminal	Mélange d'arbustes	Mélange d'arbustes	Mélange d'arbustes	Mélange d'arbustes
11	Simul	10	Alisier torminal	Frêne à fleurs	Merisier	Mélange d'arbustes	Mélange d'arbustes	Mélange d'arbustes	Mélange d'arbustes
12	Simul	11	Noisetier de Byzance	Griottier	Charme commun	Mélange d'arbustes	Mélange d'arbustes	Mélange d'arbustes	Mélange d'arbustes
13	Simul	12	Noisetier de Byzance	Chêne vert	Noisetier de Byzance	Mélange d'arbustes	Mélange d'arbustes	Mélange d'arbustes	Mélange d'arbustes
14	Simul	13	Merisier	Sorbier des oiseleurs	Alisier torminal	Mélange d'arbustes	Mélange d'arbustes	Mélange d'arbustes	Mélange d'arbustes
15	Simul	14	Erable champêtre	Cornouiller mâle	Aulne de Corse	Mélange d'arbustes	Mélange d'arbustes	Mélange d'arbustes	Mélange d'arbustes
16	Simul	15	Erable champêtre	Noisetier commun	Pommier sauvage	Mélange d'arbustes	Mélange d'arbustes	Mélange d'arbustes	Mélange d'arbustes
17	Simul	16	Sorbier des oiseleurs	Mûrier blanc	Micocoulier de Provence	Mélange d'arbustes	Mélange d'arbustes	Mélange d'arbustes	Mélange d'arbustes
18	Simul	17	Mûrier blanc	Saule cendré	Néflier commun	Mélange d'arbustes	Mélange d'arbustes	Mélange d'arbustes	Mélange d'arbustes
19	Simul	18	Tilleul commun	Charme houblon	Erable champêtre	Mélange d'arbustes	Mélange d'arbustes	Mélange d'arbustes	Mélange d'arbustes
20	Simul	19	Merisier	Erable champêtre	Chêne vert	Mélange d'arbustes	Mélange d'arbustes	Mélange d'arbustes	Mélange d'arbustes
21	Simul	20	Chêne de Hongrie	Aulne de Corse	Griottier	Mélange d'arbustes	Mélange d'arbustes	Mélange d'arbustes	Mélange d'arbustes
22	Simul	21	Mûrier blanc	Mûrier blanc	Néflier commun	Mélange d'arbustes	Mélange d'arbustes	Mélange d'arbustes	Mélange d'arbustes

Importer dans CAPSIS EcoAF

- ❖ Import des arbres dominants seulement
- ❖ Choisir les espacements entre bosquets, ici 16 m, rajouter un aléa (ici 0,9 m)
- ❖ L'agencement peut être ré-utilisé plus tard dans une autre pelouse/prairie

The screenshot displays the 'Editeur de scénario d'agencement' (Layout Scenario Editor) window. The main area shows a 3D visualization of a plantation layout on a red terrain, with blue lines representing rows of trees and small green/yellow icons representing individual trees. A mouse cursor is visible over the 3D view.

The configuration panel on the left contains the following sections:

- Scénario d'agencement pour la parcelle : 1**
Pour chaque Rubrique (Lignes, Positions...), ajouter et configurer des Agenceurs (de lignes, de positions...). Tous les Agenceurs sont modifiables à tout moment.
- Buttons: ou Rafraîchir la vue 3D à chaque changement (validé par Entrée)
- Tabs:
- Lignes**
Lignes orientées, Angle (deg) : 139.77, Distance(s) entre deux lignes d'arbres (m) : 16, Labels : -
 (+)
- Positions sur les lignes**
Positions standards, Sur lignes avec label : -, Espacement(s) (m) : 16, Etiquettes : 5%3a 5%3b 5%3c 5%3d 5%3e 5%3f 5
 (+)
- Arbres sur les positions**
 - Ajout, Sur positions étiquetées : **5a**, QFR / Chene de hongrie
 - Ajout, Sur positions étiquetées : **5b**, QPE / Chene sessile
 - Ajout, Sur positions étiquetées : **5c**, APL / Erable plane
 - Ajout, Sur positions étiquetées : **5d**, gtr / Fevier d'Amerique
 - Ajout, Sur positions étiquetées : **5e**, JRE / Noyer commun


At the bottom of the interface, there are navigation and action buttons:

Visualiser l'ombrage

- ❖ Créer un fichier Helioclim du lieu visé, 3 ans gratuites, moyennes mensuelles
- ❖ EcoAF utilise SamsaraLigthLoader

HELIOCLIM-3 DEMO

Max Extent | Back | Next | Search Address:



Coord: x = 983, y = 232 | lat = 42.68474, lon = 6.93420 | zoom = 7

HelioClim-3 Version:	<input type="text" value="hc3v5 (recommended)"/>	Start date (from 2004-02-01):	<input type="text" value="2004-02-01"/>	Plane mode:	<input type="text" value="Horizontal Plane"/>
Add meteo data:	<input type="text" value="False"/>	End Date (up to 2006-12-31):	<input type="text" value="2006-12-31"/>	Tilt (in [0°, 90°]):	<input type="text" value="0"/>
Latitude (in [-66°, 66°]):	<input type="text" value="43.60437"/>	Time Step:	<input type="text" value="Month"/>	Azimuth (0°:North, 90°:East, 180°:South ...):	<input type="text" value="180"/>
Longitude (in [-66°, 66°]):	<input type="text" value="3.86902"/>	Time Reference:	<input type="text" value="Universal Time"/>	Albedo (in [0, 1]):	<input type="text" value="0.2"/>
Altitude (in meters. Automatic if empty):	<input type="text" value="Automatic"/>	Compute Relief Shadows (if lat < 60°):	<input type="text" value="True (recommended)"/>	Output Format:	<input type="text" value="Unified csv"/>

<https://www.soda-pro.com/web-services/radiation/helioclim-3-archives-for-free>

❖ Outil Bilan Radiatif EcoAF après 30 ans de croissance – 10 m entre bosquets

Bilan Radiatif Ecoaf - eco-2.2054a

Configuration

Parcelle : P1.parcel 1

Largeur de cellule (m) : 5

Inclure les arbres de bordure

Houppiers

Condition de transparence : Hiver Été

Houppier : branches, plus feuilles si période de végétation

Fenêtre du bilan radiatif

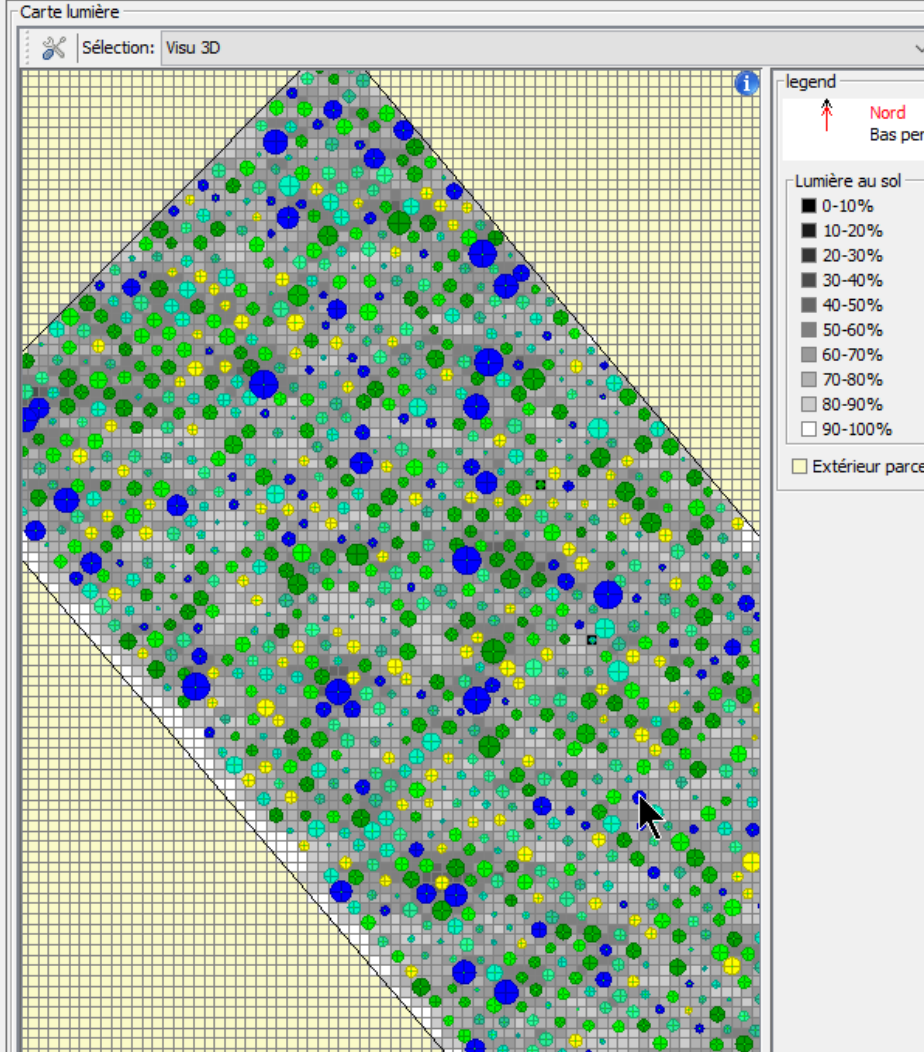
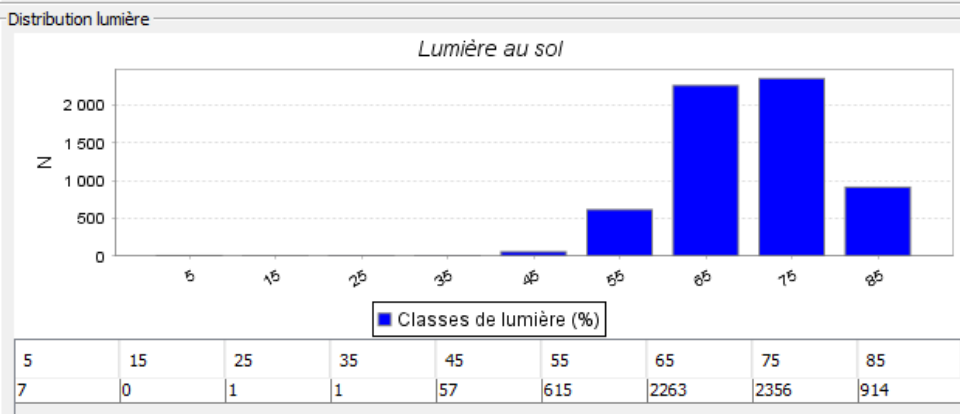
Début : 140 Fin : 260

Spécifiez le premier et le dernier jour du bilan radiatif, entre 1 (1er janvier) et 366 (31 décembre si année bissextile). Pendant cette fenêtre, sera appliquée la transparence de houppier de chaque espèce en hiver ou

HelioClim SamsaraLight

Fichier HelioClim : request_hc3v5_lat48.745_lon1.500_2004-02-01_2006-12-31.csv Parcourir

Evaluer



❖ Outil Bilan Radiatif EcoAF après 30 ans de croissance – 16 m entre bosquets

Bilan Radiatif Ecoaf - eco.2054a

Configuration

Parcelle : P1.parcel 1

Largeur de cellule (m) : 5

Inclure les arbres de bordure

Houppiers

Condition de transparence : Hiver Eté

Houppier : branches, plus feuilles si période de végétation

Fenêtre du bilan radiatif

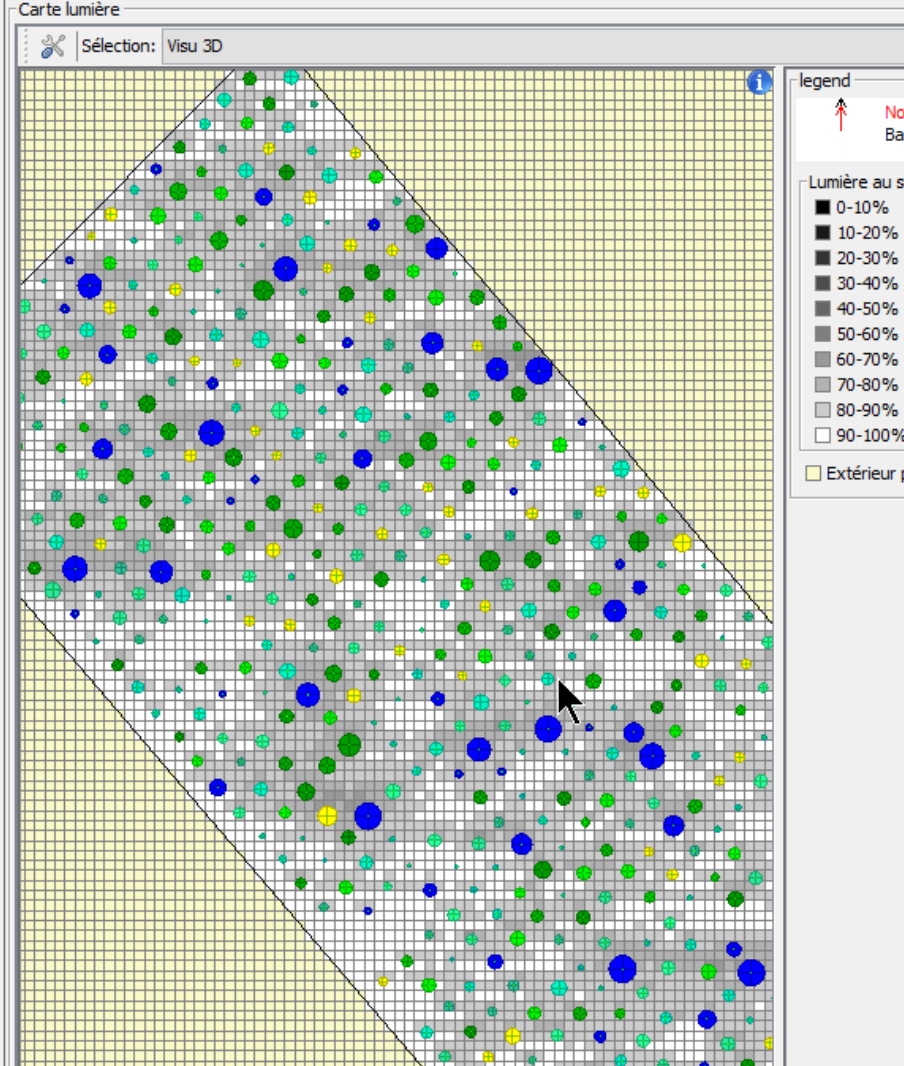
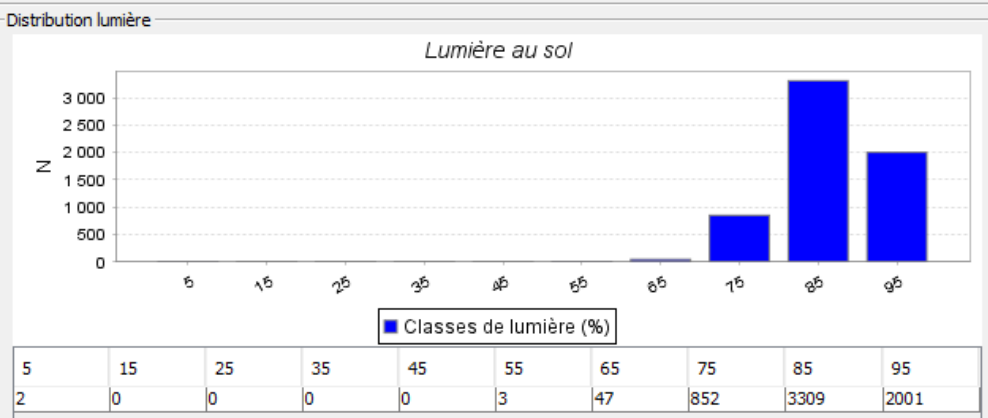
Début : 140 Fin : 260

Spécifiez le premier et le dernier jour du bilan radiatif, entre 1 (1er janvier) et 366 (31 décembre si année bissextile). Pendant cette fenêtre, sera appliquée la transparence de houppier de chaque espèce en hiver ou

HelioClim SamsaraLight

Fichier HelioClim : request_hc3v5_lat48.745_lon1.500_2004-02-01_2006-12-31.csv Parcourir

Evaluer



Perspectives en 2024

- ❖ Deux stages M1 de 2 mois en cours : améliorer la description des houppiers de beaucoup d'espèces grâce aux données des arbres en ville et développer des exemples (prairie et pelouse à Saint Jean le Blanc, prairie et haies en Bretagne)
- ❖ Un espace de démonstration planté fin avril à Leglay (pépinières Naudet), plantation à Saint Jean le Blanc sous forme participative l'automne 2024
- ❖ Ces tests comporteront des bosquets simples et leurs témoins : groupes de 4 et « forêt »
- ❖ Améliorations ponctuelles de l'appli (stage M1 stats-math cet été)
- ❖ Améliorations de la description des espèces dans EcoAF (stage M1 stats-math cet été)
- ❖ En 2024, villes recontactées (dont Olivet, Liège...) pour créer de nouveaux exemples à partager
- ❖ Publicité via medias des villes





Frederique.santi (at) inrae.fr

06 63 15 32 39

SVP envoyer tout commentaire, critique ! 😊

Merci !