

ShadeMotion:

Un outil d'analyse des configurations d'ombrage tutoriel

ShadeMotion 5.1.41 est une application logicielle qui permet de calculer, n'importe où sur la Terre, le nombre d'heures d'ombre qui s'accumulent en chaque point (cellule) d'une parcelle du fait de la présence d'une certaine quantité d'arbres ayant des couronnes de formes et tailles différentes. L'analyse des configurations d'ombrage revêt une importance cruciale pour la conception et la gestion du patrimoine arboricole.

Eduardo Somarriba
Randall Zamora
José Barrantes
Matthias Malek
Eduardo Vargas
Fergus Sinclair
Francisco Quesada

CATIE,
Turrialba, Costa Rica
2021



ShadeMotion:

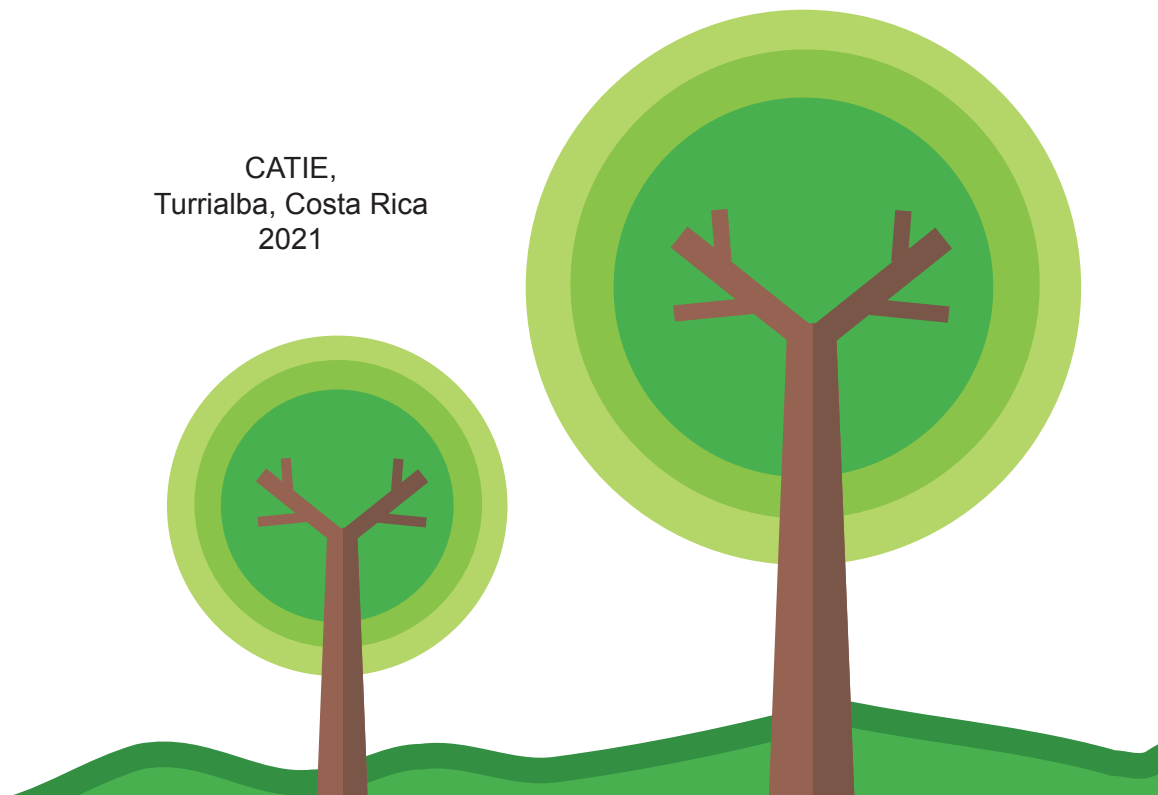
Un outil d'analyse des configurations d'ombrage

tutoriel

ShadeMotion 5.1.41 est une application logicielle qui permet de calculer, n'importe où sur la Terre, le nombre d'heures d'ombre qui s'accumulent en chaque point (cellule) d'une parcelle du fait de la présence d'une certaine quantité d'arbres ayant des couronnes de formes et tailles différentes. L'analyse des configurations d'ombrage revêt une importance cruciale pour la conception et la gestion du patrimoine arboricole.

Eduardo Somarriba
Randall Zamora
José Barrantes
Matthias Malek
Eduardo Vargas
Fergus Sinclair
Francisco Quesada

CATIE,
Turrialba, Costa Rica
2021



CATIE n'assume aucune responsabilité pour les opinions et déclarations exprimées par les auteurs dans les pages de ce document. Les idées des auteurs ne reflètent pas nécessairement le point de vue de l'institution. La reproduction partielle ou totale des informations contenues dans ce document est autorisée, à la condition expresse que la source soit citée.

ISBN 978-9977-57-723-4

631.58

S693 ShadeMotion: Un outil d'analyse des configurations d'ombrage. Tutoriel /
Fra Eduardo Somarriba ... [et al.]. – 1^a ed. – Turrialba, C.R. : CATIE, 2021.
50 p. – (Serie técnica. Manual técnico / CATIE ; no. 145)

ISBN 978-9977-57-723-4

Título original: ShadeMotion: el análisis de patrones de sombra de árboles. Tutorial

1. Sombra – Modelos de simulación 2. Agroforestería – Modelos de simulación
I. Somarriba, Eduardo II. Zamora, Randall III. Barrantes, José IV. Malek, Matthias
V. Vargas, Eduardo VI. Sinclair, Ferguson VII. Quesada, Francisco VIII. CATIE
IX. Título X. Serie

Crédits

Table des matières

Introduction.....	6
GLOSSAIRE.....	8
CHAPITRE 1: APERCU	10
L'INTERFACE GRAPHIQUE	10
Les zones et barres de l'interface graphique des utilisateurs de ShadeMotion.....	10
Le temps dans ShadeMotion: des moments, la gamme solaire quotidienne et les jours de simulation	12
Localisation géographique de la parcelle.	13
Simulations dynamiques, statiques et instantanées	14
Carte d'ombres d'une simulation.	15
Couverture de la couronne d'un ensemble d'arbres	15
Densité de population (ou Densité tout simplement)	15
Zone basale d'un ensemble d'arbres sur la parcelle	12
Sauvegarder une simulation.	12
Télécharger une simulation.....	16
À propos des unités de mesure des arbres et de la parcelle.....	16
CHAPITRE 2: LES ARBRES.....	17
Les caractéristiques des arbres.....	17
Valeurs déterminant les caractéristiques des arbres.	17
La variation mensuelle du feuillage (à feuilles caduques) et la densité maximale de la couronne	18
Direction du demi-axe Y+ positif	19
Quatre façons de planter des arbres.....	20
i) Manuellement,	20
ii) Arrangements de plantation : systématiques et aléatoires	21
Arrangements simples.....	21
Arrangements complexes.....	22
Arrangements aléatoires.	23
iii) Préparation d'un fichier Excel à l'aide des données de terrain.	24
a. En coordonnées cartésiennes.	24
b. En coordonnées GPS.....	25
Centrer un ensemble d'arbres dans la parcelle.	25
Supprimer des arbres, supprimer des ombres ou nettoyer la parcelle.	25
Définition des nouvelles espèces et remplissage de leurs tableaux.	26
Les espèces élaguables.	27

CHAPITRE 3: SUPERPOSITIONS, DRAPEAUX, ZONE D'ÉCHANTILLONAGE et simulation dans des parcelles inclinées	29
Les superpositions des ombres	29
Cultures qui poussent sous les arbres	29
Sélection d'une zone d'échantillonnage dans la parcelle	30
Suppression de la zone d'échantillonnage	32
Vues 2D et 3D de la parcelle et des arbres	32
Vue 2D	32
Vue 3D	33
Simulations dans des parcelles inclinées	33
Orientation de l'axe Y+ dans des parcelles inclinées	34
Filtres	35
Pas de temps et intervalles	35
Le menu "Configuration"	36
 CHAPITRE 4: EXEMPLES DE SIMULATIONS	 35
 CHAPITRE 5: RÉSULTATS	 38
Remerciements	45

Introduction

Les physiologistes des plantes ont développé des modèles très complets sur la quantité de rayonnement reçue par les plantes, la plupart basés sur la structure morphologique des plantes. ShadeMotion aborde la question d'un point de vue différent et s'occupe de l'ombre projetée par les plantes lorsqu'elles bloquent les rayons du soleil, sur la base de considérations purement géométriques et en profitant de la précision des formules qui déterminent la position du Soleil à tout moment de l'année et à n'importe quel endroit de la Terre.

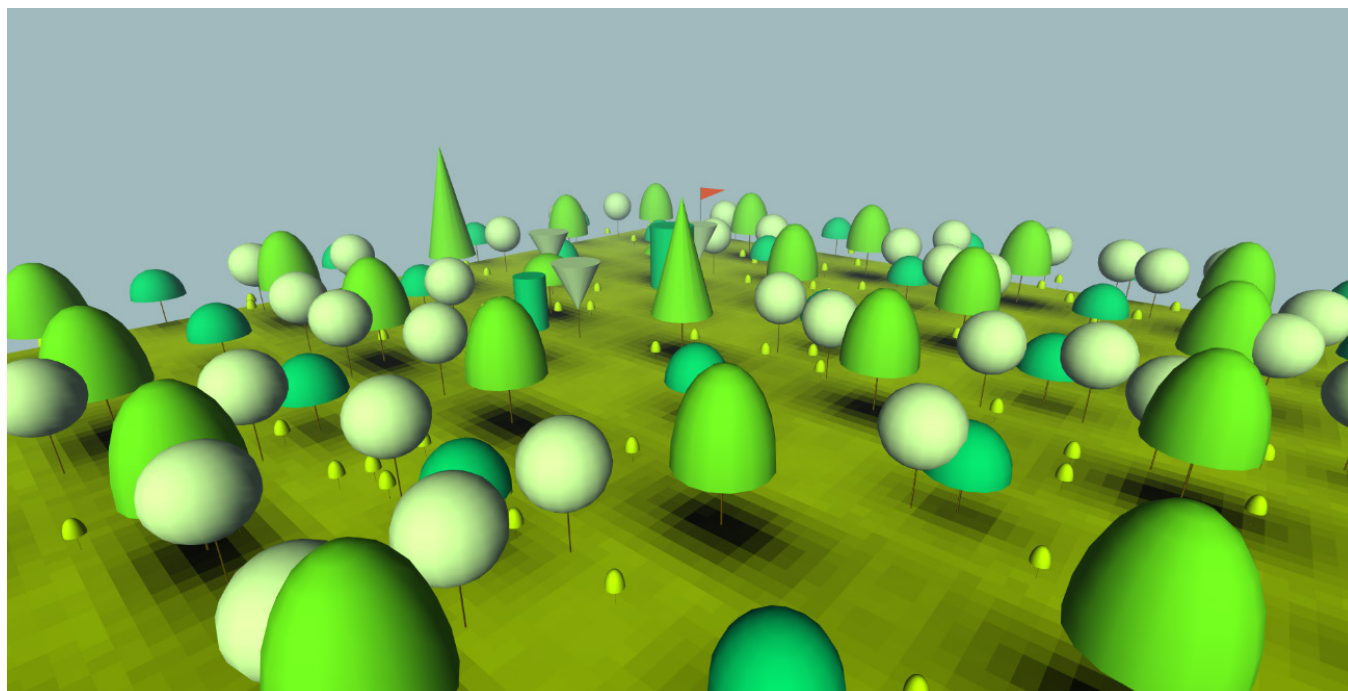
ShadeMotion permet de comptabiliser les heures d'ombre stockées à chaque « point » (cellule) d'une parcelle avec des arbres pendant une période spécifiée par l'utilisateur.

Les utilisateurs disposent d'un large éventail d'options pour élaborer des simulations :

- La parcelle peut être située à n'importe quelle latitude géographique de la planète.
- La parcelle peut être plane ou inclinée avec n'importe quel degré de déclivité, et la pente peut être orientée dans n'importe quelle direction.
- On peut planter n'importe quel nombre d'arbres dans n'importe quelle position sur la grille représentant la parcelle.
- Chaque arbre peut avoir ses propres caractéristiques en ce qui concerne la forme, la taille de la couronne, l'épaisseur et la hauteur du tronc.
- La forme de la couronne se limite à une gamme de formes géométriques de base : sphères, demi-sphères, ellipsoïdes, semi-ellipsoïdes, cônes, cônes inversés, cylindres et parasols.
- Chaque couronne peut avoir son propre degré de densité ou d'opacité, ainsi que sa propre variation mensuelle de densité en raison de la chute des feuilles et de la restitution du feuillage.
- Chaque espèce peut avoir son propre modèle de croissance de la couronne et du tronc.
- Le logiciel affiche les résultats des simulations sous forme graphique et dans des documents sous plusieurs formats.
- Il est possible de générer des vues tridimensionnelles de la parcelle avec les arbres.

Nouvelles fonctionnalités dans la Version 5.0:

- Les arbres peuvent être plantés en formant des arrangements sans qu'il soit nécessaire de planter chaque arbre individuellement.
- Le développement de culture sous la couronne peut être utilisé pour calculer la carte d'ombrage à la hauteur des plantes cultivées.
- On peut modéliser des espèces élaguables avec expansion-contraction régulière de la couronne.
- Les rapports d'ombrage sont actuellement établis selon des intervalles de temps, sans tenir compte des intervalles précédents.
- La mise en œuvre de simulations permet une réduction considérable du temps.
- Le logiciel peut être installé sur votre ordinateur ou vous pouvez exécuter les simulations en ligne à partir du site web www.shademotion.net.
- Le logiciel fonctionne actuellement sur les trois plateformes principales : Windows, OS ou Linux.



Glossaire

Fichiers bruts. Fichiers qui contiennent les informations les plus détaillées d'une simulation, enregistrant la quantité d'ombre pour chaque cellule à chaque moment de la simulation.

Zona basale. Il s'agit de la somme des sections transversales de tous les troncs mesurés à la hauteur de la poitrine, par unité de surface à, habituellement par hectare.

Arrangement simple. Disposition des arbres en lignes et colonnes alignées verticalement et horizontalement, formant des cellules rectangulaires

Arrangement complexe. Disposition des arbres obtenue par superposition de plus de deux arrangements simples

Arrangement aléatoire. Disposition des arbres obtenus en les localisant aléatoirement sur toute la parcelle.

Drapeau C'est une marque placée sur une cellule pour évaluer la quantité d'ombre stockée dans une simulation.

À feuilles caduques (**Caducifolia**). Ceci décrit un phénomène qui consiste en la chute des feuilles de certains arbres pendant certains mois de l'année et la récupération du feuillage pendant d'autres mois.

Couverture de couronne. Il s'agit de la zone d'ombre projetée par la couronne de l'arbre en raison de l'effet des rayons du soleil qui tombent perpendiculairement au sol, en déduisant les « trous » légers en raison de la densité de la couronne.

DAP. Abréviation de « diamètre à la poitrine ». Il s'agit du diamètre d'un tronc d'arbre à la hauteur de la poitrine.

Densité de la couronne. Pourcentage d'opacité de la couronne de l'arbre à la lumière. Une couronne complètement opaque aura une densité de 100%.

Densité de la population. Ceci est exprimé en nombre d'arbres par unité de surface. Dans ShadeMotion, les unités par défaut correspondent au nombre d'arbres par hectare.

Fréquence de mouvement solaire. Ceci indique à quelle fréquence le soleil change de position et à quelle fréquence la position de l'ombre est recalculée lors d'une simulation.

Intervalle. Période pendant laquelle le programme effectue une collecte partielle de données sur les ombres et les arbres pendant la simulation.

Mode dynamique. Ce mode est activé pour effectuer des simulations dynamiques.

Mode statique. Ce mode est activé pour effectuer des simulations statiques.

Mode instantané. Ce mode est activé pour effectuer des simulations instantanées.

Mode normal. Il s'agit du mode statique ou du mode dynamique.

Moment. Dans ShadeMotion le soleil ne change pas continuellement de position mais plutôt dans les unités de pas de temps dénommées *moments*. Si la valeur des moments est établie en 1 heure, le soleil reste dans la même position pendant une heure avant de changer de position. Dire que les moments correspondent à 1 heure équivaut à dire que la fréquence des mouvements solaires est d'une heure.

Pas de temps. Il s'agit de délais constitués par un ou plusieurs *intervalles*. Dans les simulations dynamiques, l'utilisateur a la possibilité de choisir que la simulation s'arrête par pas de temps afin de pouvoir analyser l'ombre et éventuellement planter ou éliminer des arbres

Période. Moments dans lesquels – si l'utilisateur l'a demandé – le logiciel s'arrête pour afficher l'état de la parcelle et de l'ombre. Les périodes sont composées d'un ou de plusieurs intervalles. Gamme solaire quotidienne.

Élaguable. Cela qualifie une espèce qui est régulièrement taillée.

Demi-axe. Il s'agit de la moitié positive de n'importe quel axe de coordonnées. Par exemple, le demi-axe Y+ est la moitié positive de l'axe des Y, qui est toujours située à gauche grille de la parcelle et en direction ascendante, c'est-à-dire pointée vers la partie supérieure de l'écran.

Superposition. Ce sont des phénomènes qui se produisent lorsque deux ou plusieurs arbres projettent de l'ombre sur la même cellule de la parcelle au même moment.

Zone d'échantillonnage. C'est la zone que l'utilisateur fait ressortir en jaune pour que le logiciel calcule les ombres seulement dans les cellules incluses dans cette zone.

2D. C'est la vue de la parcelle et des arbres en deux dimensions.

3D. C'est la vue de la parcelle et des arbres en trois dimensions.

L'interface Graphique

Trois éléments de base sont impliqués dans une simulation de ShadeMotion : 1) les arbres, 2) la parcelle et 3) le mouvement du soleil. L'utilisateur doit fournir des informations sur ces trois éléments au moyen de l'interface décrite ci-dessous :

Les zones et barres de l'interface graphique des utilisateurs de ShadeMotion

1. **Zone « Mapa de sombra, Carte d'ombrage »**. Elle est située au centre de l'interface, c'est le carré jaune où les utilisateurs plantent les arbres dont l'ombre va être analysée et où la quantité d'ombre reçue par chaque cellule de la grille est cartographiée. Comme nous le verrons plus loin, l'utilisateur peut planter les arbres de plusieurs façons.
2. **Zone « Árboles, Arbres »**. Elle se trouve à gauche de la parcelle. C'est là que les données des arbres à planter dans la parcelle sont saisies à l'aide du pointeur de la souris. Les données que l'utilisateur peut saisir pour chaque arbre planté comprennent : l'espèce, la position (coordonnées cartésiennes) dans la parcelle, la forme et les dimensions de la couronne, le diamètre et la hauteur du tronc et la densité de la couronne. La moitié inférieure montre des informations sur le nombre d'arbres qui ont été plantés, la densité de la plantation, la couverture de la couronne et la zone basale.
3. **Zone « Movimiento Solar, Mouvement Solaire » et zone « Terreno, Parcelle »**. Dans cette zone, située à droite de la parcelle, l'utilisateur saisit des informations concernant la fréquence et la série quotidienne des mouvements solaires, la période du calendrier de la simulation.
4. **Zone « Terreno, Parcelle »**. Dans cette zone, située en bas à droite de la grille, l'utilisateur saisit les caractéristiques de la parcelle : latitude géographique, degré de déclivité et d'orientation de la parcelle, taille de la parcelle et orientation des axes de coordonnées. La zone comprend un champ pour la croissance de la culture qui se développe sous l'ombre.

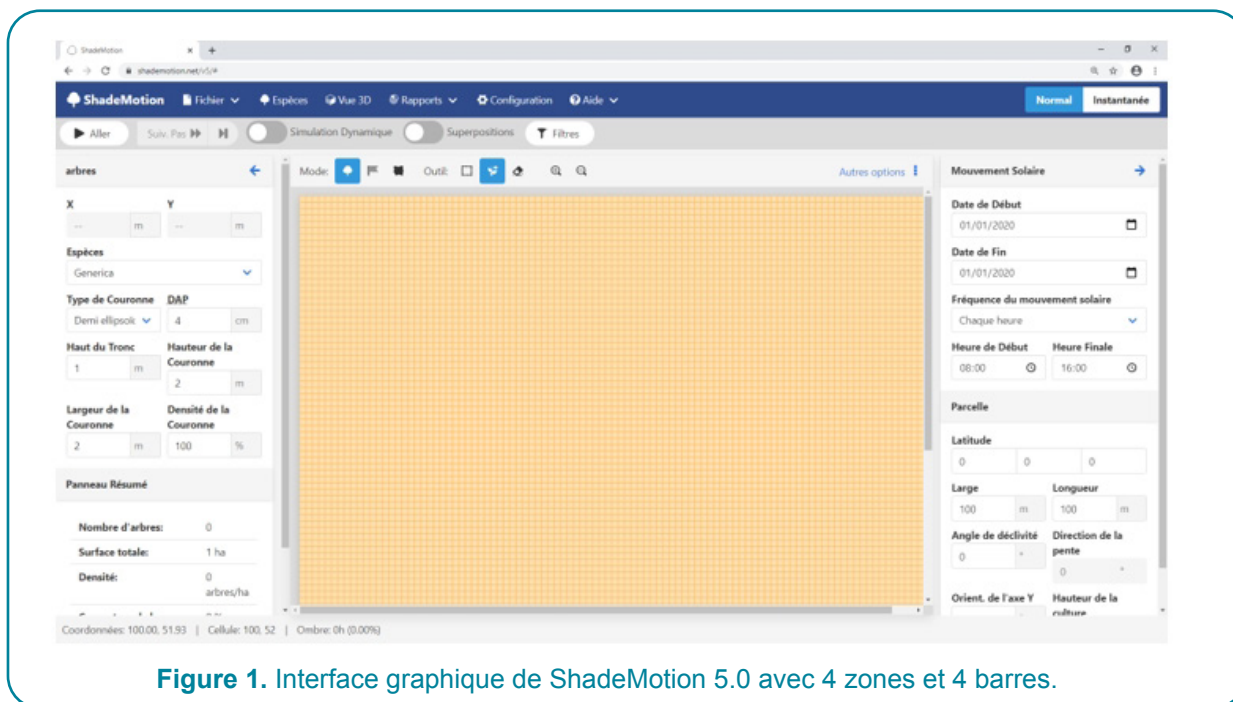
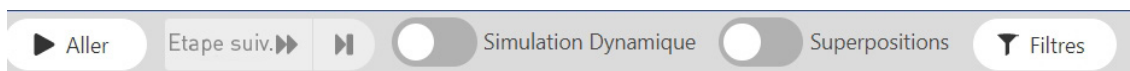


Figure 1. Interface graphique de ShadeMotion 5.0 avec 4 zones et 4 barres.

5. **Barre de Menu.** Elle comprend certains menus qui sont habituels dans la plupart des applications (Fichier, Configuration, Aide, etc.) et certains menus spécifiques (Espèces, Rapports, entre autres)



6. **Barre de Simulations:** Elle comprend des boutons pour sélectionner le mode d'exécution de la simulation (statique, dynamique, avec des ombres superposées ou sans celles-ci).



7. **Barre de Modes et Outils:**

Elle montre les trois modes d'action que l'utilisateur peut choisir (planter des arbres, planter des drapeaux et définir la zone d'échantillonnage de l'ombre dans la parcelle) et leurs outils correspondants :



Figure 2. Les barres de l'interface.

Chaque mode peut fonctionner avec les outils qui sont à droite (Sélection, Planter et Gomme). Par exemple, lorsque le mode Arbres – représenté par une icône d'arbre – est sélectionné, il est possible de planter des arbres (outil Planter), de supprimer des arbres (outil Gomme) ou de sélectionner des arbres (icône du carré).

1. **Barre d'État.** Elle se trouve sous la grille de la parcelle, dans la partie en bas de l'écran. Elle contient des informations sur la quantité d'ombre stockée dans la cellule sur laquelle on place le curseur lorsqu'on le déplace sur la carte de l'ombre, après avoir lancé la simulation. Exemple :

Coordonnées: 5.90, 36.54 | Cellule: 6, 37 | Ombre: 0h (0.00%)

Le temps dans ShadeMotion: des moments, la gamme solaire quotidienne et les jours de simulation

Dans ShadeMotion, la position du soleil est calculée avec une fréquence sélectionnée par l'utilisateur. Si, par exemple, l'utilisateur sélectionne une **fréquence de mouvement solaire** d'une heure, ShadeMotion calculera la position des ombres toutes les heures. Les heures seront les unités de temps de base pour la simulation, que nous appellerons **moments** dans la simulation. Si une simulation a 1000 moments, cela signifie que la position du soleil et des ombres a été calculée 1000 fois. On peut penser que toutes les simulations impliquent une séquence de *moments* dans chacun desquels la position du soleil et les ombres des arbres ont été enregistrées. La valeur de la fréquence du mouvement solaire est déterminée dans le champ « Frecuencia de movimiento solar, *Fréquence du mouvement solaire* », dans la zone « Movimiento solar, *Mouvement solaire* » :

Fréquence du mouvement solaire

Chaque heure

Les options disponibles sont : Toutes les 4 heures, Toutes les 2 heures, Toutes les heures, Toutes les 30 minutes, Toutes les 15 minutes. La valeur par défaut est « Toutes les heures ». Évidemment, plus le calcul de la position du soleil est fréquent, plus les résultats sont précis; mais la simulation durerait plus longtemps et les fichiers bruts, qui peuvent contenir jusqu'à 10^{10} saisies, seraient plus grands et ne pourraient être analysés qu'avec le programme approprié (Excel n'est pas approprié pour ce type de fichiers car il ne peut gérer que 10^6 saisies).

Dans une simulation, en plus de la **fréquence du mouvement solaire**, l'utilisateur spécifie une date de début (jour, mois, année) et une date de fin pour la simulation (pour déterminer le **nombre de jours de la simulation**), et l'heure de début et de fin pour chaque jour de la simulation (ce que nous appelons la **gamme solaire quotidienne**). Cette information, ainsi que la définition de la **fréquence du mouvement solaire**, détermine le **nombre de moments par jour** dans lesquels la position du soleil est enregistrée. Le nombre total de moments d'une simulation (ce que nous appellerons les « **moments totaux** ») est calculé comme suit :

Moments totaux="nombre de jours de la simulation x le nombre de moments par jour"

Par exemple, si un utilisateur effectue une simulation entre le 1^{er} janvier 2020 et le 31 décembre 2020 (365 jours de simulation) et observe la position du soleil toutes les heures entre 8 h et 16 h (9 moments de simulation par jour), le nombre total de moments de la simulation sera de $365 \times 9 = 3285$ moments.

Si nous faisons cette simulation dans une parcelle de 1 ha, avec une grille de 1 m par côté, résultant en 10 mille cellules de 1 m² chacune, ShadeMotion comptabilise le nombre de moments de simulation dans lesquels chaque cellule de la parcelle a reçu de l'ombre pendant la simulation. Si une cellule a reçu 1354 moments d'ombre tout au long de la simulation, en plaçant le curseur sur cette cellule, le pourcentage d'ombre affiché sera de 41 %, ce qui est le résultat de $100 * \left(\frac{1354}{3285}\right)$.

Localisation géographique de la parcelle

L'utilisateur doit saisir la latitude géographique de la parcelle. La latitude doit être indiquée en degrés, minutes et secondes, en nombres positifs au nord de l'équateur et en nombres négatifs au sud de l'équateur. La latitude géographique est saisie dans la case « Latitud, *Latitude* » située dans la zone « Terreno, *Parcelle* ».

Figure 3. La zone "Terreno, Parcelle" se trouve à droite de la grille de la parcelle.

Simulations dynamiques, statiques et instantanées

Mode dynamique. Ce mode tient compte de la croissance de la couronne et du tronc de chaque espèce, ainsi que de l'expansion et de la contraction cycliques de la couronne pour les arbres régulièrement taillés (espèces « élaguables »). Une simulation dynamique peut également fournir des informations sur la croissance d'une culture sous les arbres, et l'utilisateur pourrait être intéressé à comptabiliser l'ombre au niveau de la couronne des plantes cultivées plutôt qu'au niveau du sol. En mode dynamique, l'utilisateur peut enlever ou planter des arbres pendant la simulation. Le mode dynamique est particulièrement utile pour étudier l'ombre dans les exploitations sur plusieurs années, par exemple, pendant tout le cycle de vie d'une culture sous ombrage, comme le café ou le cacao.

Mode statique. Ce mode ne tient pas compte de la croissance des arbres : les dimensions de la couronne et du tronc restent constantes et il n'est pas possible de planter ou d'enlever des arbres pendant la simulation. En mode statique, la simulation s'exécute sans arrêt du début à la fin. Toutefois, le logiciel tient compte des variations mensuelles de la densité du feuillage des espèces d'arbres au cours de l'année (arbre à feuilles caduques). Bien que le mode statique puisse être utilisé pour des simulations de n'importe quelle durée, il est plus logique de l'utiliser pour des simulations dont la durée ne dépasse pas un an, car la distribution des arbres et leurs dimensions ne varieront pas les années suivantes, de même que le comptage de l'ombre.

Vous pouvez choisir entre le mode statique ou le mode dynamique à l'aide du bouton situé à gauche de la Barre d'Outils et de Modes, les deux modes alternent:



Mode instantané. Ce mode permet de voir la carte des ombres à un moment défini par l'utilisateur. L'option de mode instantané peut être sélectionnée à l'extrême droite de la « Barre de Menu ». L'option « Normal » permet d'effectuer des simulations dynamiques ou statiques.



Carte d'ombres d'une simulation

Toutes les simulations produisent une carte de contour dans différentes tonalités de gris, des heures d'ombrage pour chaque cellule de la parcelle : plus d'ombre, plus le ton de gris sera foncé. Si le curseur est mis sur une cellule, dans la Barre des Tâches, située sous la grille de la parcelle, il est possible de voir la valeur des coordonnées de la cellule suivie du nombre d'heures d'ombre, et la même valeur exprimée en pourcentage des moments totaux de la simulation.

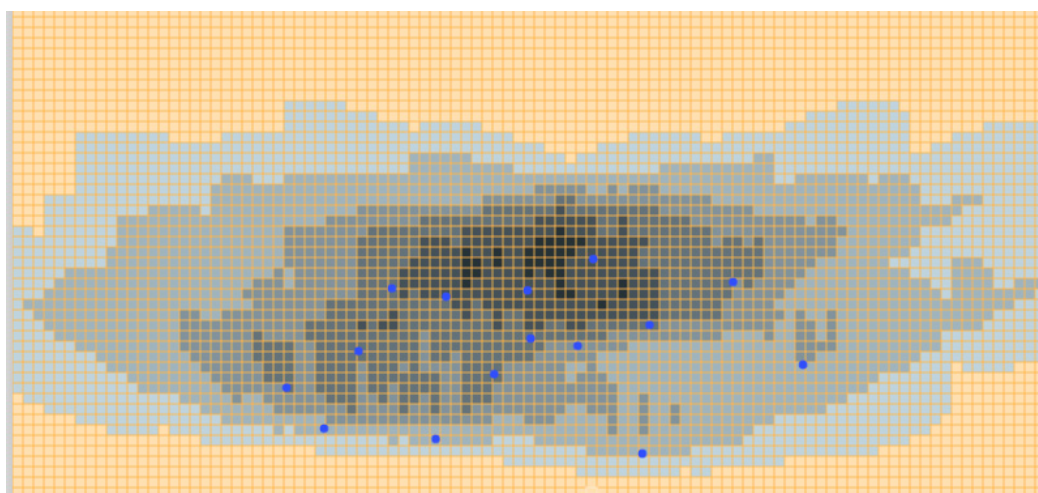


Figure 4. La carte de l'ombre sur la parcelle montre les zones avec différents niveaux d'intensité d'ombre. Les points bleus indiquent les endroits où les arbres sont plantés.

Couverture de la couronne d'un ensemble d'arbres

La couverture de la couronne est définie comme la surface de la projection verticale de la couronne (circulaire) sur une parcelle horizontale, en tenant compte de la densité des couronnes (les couronnes peuvent laisser passer tout, une partie ou zéro rayons du soleil). La couverture par couronne d'un ensemble d'arbres est la somme des couvertures individuelles des arbres qui composent l'ensemble.

Exemple:

la couverture de la couronne d'un arbre avec un diamètre sphérique de 10 m et une couronne de densité de 100 % est égale à la superficie d'un cercle avec un diamètre de 10 m, qui est calculée comme suit : $Surface = \pi \left(\frac{10}{2}\right)^2 = 78$. Si la densité de la couronne était de 50%, la couverture de la couronne représenterait la moitié de la surface mentionnée. S'il y avait 70 arbres/ha de terrain, il faudrait multiplier la couverture d'arbres par le nombre d'arbres par hectare, diviser ce résultat par 10 mille mètres carrés et, finalement, multiplier ce résultat par cent afin d'exprimer la couverture de la couronne dans la parcelle en termes de pourcentage.

Densité de population (ou Densité tout simplement)

La densité de population est un chiffre qui exprime le nombre d'arbres par unité de surface dans la parcelle. Normalement, la densité est exprimée en arbres par hectare (arbres/ha). Par exemple, si nous avons 20 arbres dans une parcelle de 5000 mètres carrés (un demi-hectare), la densité de cet ensemble d'arbres est $20 * \frac{10000}{5000} = 40$ arbres/ha.

Zone basale d'un ensemble d'arbres sur la parcelle

La section transversale du tronc au niveau de la poitrine (1.3 m au sol) est une mesure de l'arbre qui est importante pour les biologistes et les ingénieurs forestiers. Cette mesure suppose que les troncs sont cylindriques. La somme des surfaces des sections transversales de tous les arbres par unité de surface (hectare, « manzana » qui est égale à 1.7 acres, acre) à la poitrine est connue comme la **zone basale (G)** de la plantation. Les unités plus fréquemment utilisées sont les mètres carrés par hectare. Si nous avons, par exemple, 30 arbres avec un DAP de 20 cm sur une parcelle de 0,6 ha, G serait de 1,57 m² /ha.

Sauvegarder une simulation.

Pour sauvegarder une simulation il faut sélectionner l'option "Guardar, *Sauvegarder*" dans le menu "Archivo, *Fichier*". Lorsqu'une simulation est sauvegardée, le programme stocke toutes les valeurs initiales permettant de la relancer dans des conditions identiques. Cela inclut les arbres avec leurs caractéristiques, y compris leurs tableaux de croissance et toutes les données saisies dans les zones «Mouvement Solaire» et «Parcelle» et dans la fenêtre «Configuration» (dont on parlera plus tard). Les simulations sont sauvegardées sur format « json ». Il faut savoir que l'opération « Sauvegarder » ne sauvegarde pas ses résultats. Si l'utilisateur souhaite sauvegarder les résultats d'une simulation, il doit le faire à la fin de la simulation. Dans les simulations dynamiques, certains résultats peuvent être sauvegardés pendant la simulation. Les détails concernant les résultats d'une simulation sont présentés au chapitre 4.

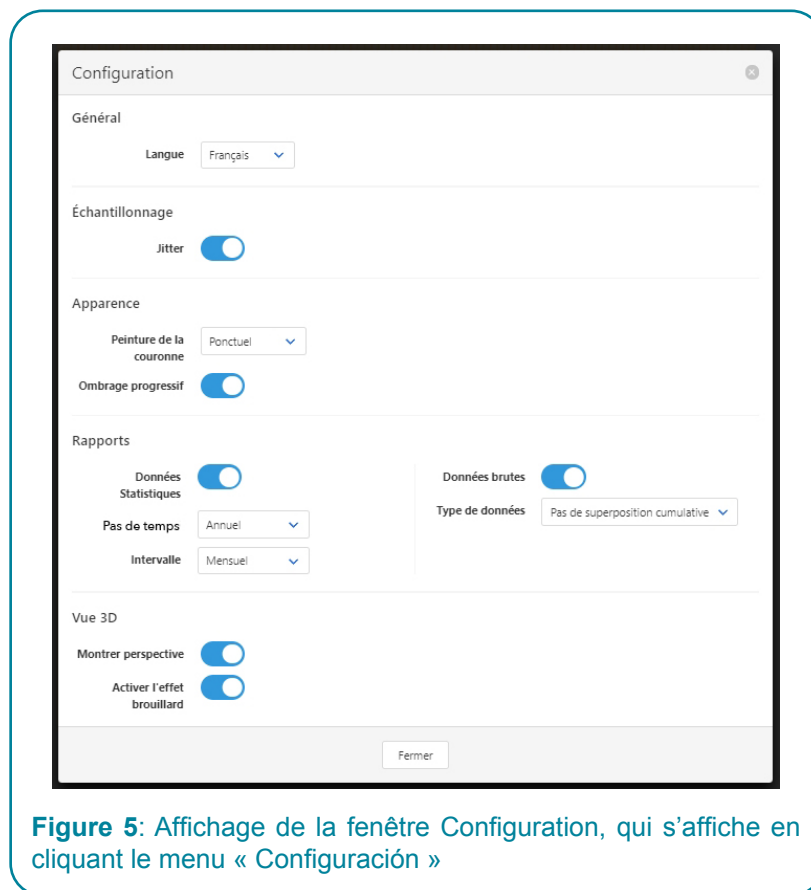


Figure 5: Affichage de la fenêtre Configuration, qui s'affiche en cliquant le menu « Configuración »

Télécharger une simulation.

Les fichiers avec les simulations de ShadeMotion ont l'extension « .json ». Une simulation est téléchargée à partir du menu « Archivo, Fichier », avec l'option « Abrir, Ouvrir ». Il est également possible de télécharger une simulation en faisant glisser l'icône du fichier et en le plaçant sur la grille de la parcelle ou dans toute autre partie de la fenêtre du programme.

À propos des unités de mesure des arbres et de la parcelle.

La procédure géométrique pour la projection de l'ombre de la couronne d'un arbre sur la parcelle a la particularité de préserver les rapports entre les mesures des arbres et celles de leurs ombres, indépendamment des unités de mesure utilisées pour mesurer les arbres. Cela permet aux utilisateurs de saisir les mesures des arbres (largeur et hauteur de la couronne, etc.) dans les unités de leur choix, à condition que la taille de la parcelle soit interprétée dans ces mêmes unités. Si, par exemple, les mesures des arbres sont saisies en yards, il est important de ne pas oublier que la mesure de chaque cellule est d'un yard par côté. Si les mesures des arbres sont saisies en mètres, l'utilisateur doit interpréter que chaque cellule mesure un mètre par côté.

Les caractéristiques des arbres

Les caractéristiques des arbres doivent être définies avant de les planter. Pour cette raison, nous allons d'abord parler des caractéristiques des arbres et ensuite des différentes façons de les planter.

Valeurs déterminant les caractéristiques des arbres.

La liste suivante décrit les caractéristiques qu'un arbre peut avoir dans ShadeMotion :

1. Position dans la parcelle (cellule de la grille)
2. Espèce
3. Type de couronne
4. Largeur (diamètre) et hauteur de la couronne
5. Diamètre à la hauteur de la poitrine et hauteur du tronc à la base de la couronne
6. Densité de la couronne
7. Variation mensuelle de la densité de la couronne (à feuilles caduques)
8. Tableau de croissance des quatre variables incluses aux points 4 et 5 de cette liste
9. Tableau de cycle d'élagage, dans le cas d'un arbre qui est taillé régulièrement

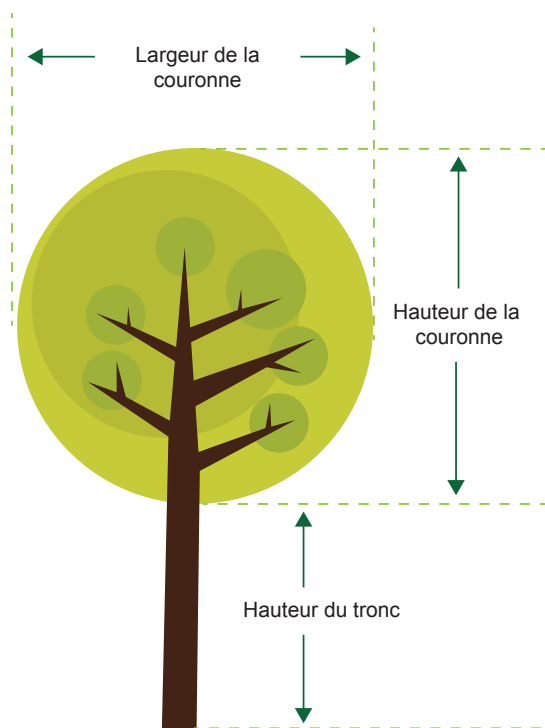


Figura 6. Dimensions de l'arbre

La variation mensuelle du feuillage (à feuilles caduques) et la densité maximale de la couronne

La plupart des espèces arboricoles ne conservent pas leur feuillage pendant toute l'année, mais le perdent généralement dans certains mois de l'année et le récupèrent dans d'autres. Ce phénomène est connu comme à *feuilles caduques*. ShadeMotion permet à l'utilisateur d'attribuer un modèle de variation mensuelle du feuillage à une espèce. Pour accéder au tableau de variation du feuillage :

1. Cliquer sur le menu « Espèces, *Espèces* » dans la Barre de Menu.
2. Dans la fenêtre « Espèces, *Espèces* », cliquer sur l'option « Variación del follaje, *Variation du feuillage* » et saisir le pourcentage maximal de feuillage atteint chaque mois. Une valeur de 0% indique que l'arbre a perdu tout le feuillage et que la couronne a laissé passer toute la lumière. Une valeur de 100 % indique que la couronne atteint au cours de ce mois, la valeur maximale de feuillage de l'espèce.

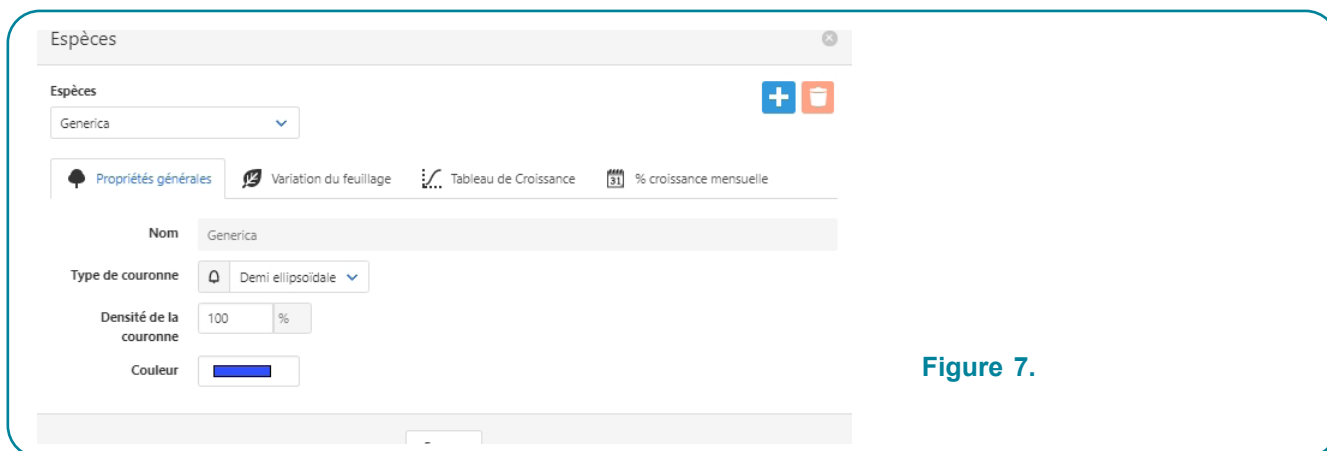


Figure 7.

Les espèces diffèrent dans le feuillage maximal atteint au cours des mois de l'année. Par exemple, un oranger a une couronne dense de feuillage sur toute la couronne, de sorte que les rayons du soleil ne peuvent pas passer. La couronne d'un oranger (non taillé) est pratiquement une figure solide avec une densité de feuillage maximale de la couronne de 100% (ou simplement : densité de la couronne). Un laurier (*Cordia alliodora*) atteint une densité de la couronne de 50% lorsqu'il est dans sa plus grande période de feuillage. ShadeMotion combine la densité de la couronne avec la chute mensuelle des feuilles et génère aléatoirement, pour chaque couronne, à chaque moment de la simulation, un certain nombre de « trous de lumière ». Alors que la densité de la couronne est saisie dans la zone « *Árbol, Arbres* », les pourcentages de variation mensuelle du feuillage d'une espèce sont saisis dans le tableau « *Variación de follaje, Variation du feuillage* », dans la fenêtre « *Especies, Espèces* » du menu « *Especies, Espèces* ».

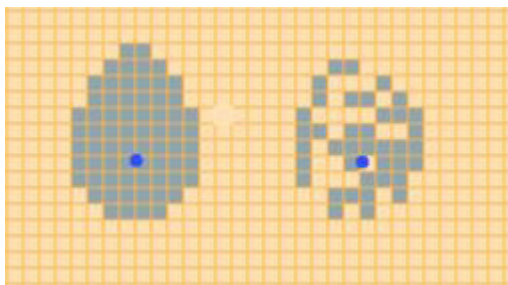


Figure 8. La couronne de gauche a une densité de 100% et celle de droite une densité de 60% avec 40% de trous de lumière. Les points bleus indiquent les cellules où sont plantés les arbres.

Direction du demi-axe Y+ positif

Un système de coordonnées cartésiennes est divisé en quatre quadrants. Nous ne sommes intéressés qu'au quadrant avec des coordonnées positives pour représenter les coordonnées de la position de chaque arbre dans la parcelle. Mathématiquement, le quadrant supérieur droit d'un système de coordonnées cartésiennes est défini par deux demi-axes positifs, un pour les X (X+) et un pour les Y (Y+).

Le demi-axe Y+ de la parcelle (côté gauche de la grille) pointe par défaut vers le nord lorsque vous vous déplacez du bas vers le haut. Cependant, lorsque vous voulez simuler la distribution de l'ombre dans une parcelle horizontale du monde réel, parfois changer la direction dans laquelle ce semi-axe pointe peut faciliter le calcul des coordonnées des arbres sur le terrain. Lorsque cela se fait, il est très important de saisir la nouvelle direction vers laquelle Y+ pointe, comme nous l'expliquerons plus tard. Pour interpréter correctement la position de la carte des ombres par rapport aux points de la boussole, n'oubliez pas la règle suivante:

Le côté gauche de la grille de la parcelle, lorsque vous le parcourez en direction ascendante, pointe toujours vers la direction assignée au demi-axe Y+.

Établir l'orientation du demi-axe Y+ doit être effectuée avant de planter les arbres dans la grille de la parcelle. Si vous le faites après la saisie des arbres, cela équivaut à une rotation de la parcelle et une carte d'ombrage différente sera générée, ne correspondant pas à la situation avant la modification.

Exemple:

Dans la figure 9 à gauche, le demi-axe Y+ est orienté vers le nord, et le côté gauche de la parcelle va du sud au nord en allant du bas vers le haut. La figure montre un arbre avec l'ombre au-dessus du point où l'arbre est planté, ce qui signifie que l'ombre est projetée au nord de ce point. Le fait que l'ombre soit au nord du point de plantation est un fait géographique qui ne peut être modifié par un changement de direction des axes de coordonnées. Dans la figure 9 à droite nous avons le même arbre à la même heure le même jour. Avant de planter l'arbre, la direction du demi-axe Y+ a été modifiée, il pointe maintenant vers l'est (avec $\phi = 90$). Le côté gauche de la parcelle va maintenant de l'ouest à l'est au fur et à mesure que vous allez du bas vers le haut. L'arbre continue de projeter son ombre au nord du point où il est planté, comme il faut.

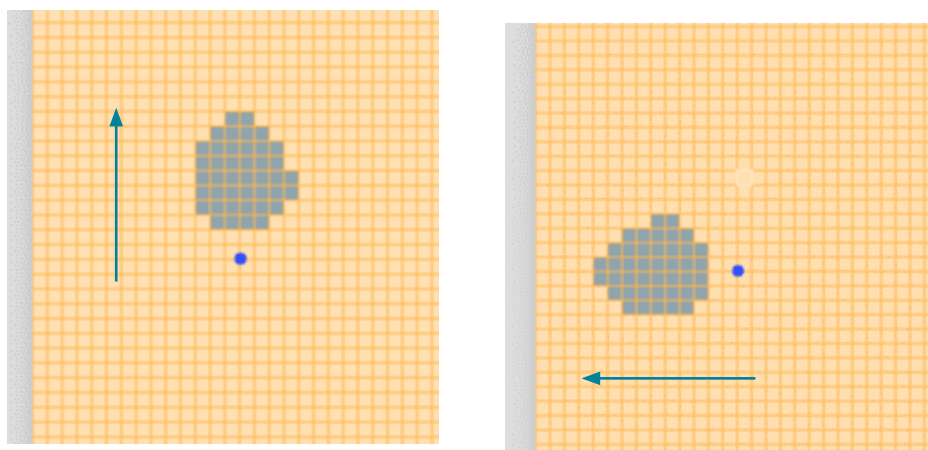


Figure 9. À gauche, la flèche et le côté gauche de la parcelle pointent vers le nord; à droite, le côté gauche pointe vers l'est et la flèche vers le nord.

Quatre façons de planter des arbres

Une fois que l'utilisateur a attribué les bonnes propriétés aux arbres, il y a quatre façons de les mettre dans la grille de la parcelle:

- Manuellement avec la souris.
- Automatiquement au moyen d'un arrangement régulier ou aléatoire.
- En préparant ou en important un fichier Excel avec des données prises du terrain de deux façons possibles.
 - Préparation en coordonnées cartésiennes.
 - Préparation à l'aide d'un dispositif GPS.

Vous trouverez ci-dessous une explication plus détaillée de chaque élément de la liste précédente.

i. Manuellement,

Dans la Barre des Modes et d'Outils, choisir l'icône avec l'arbre, puis celui avec la plante:



Amener le curseur dans la cellule où vous voulez planter l'arbre et cliquer avec le bouton gauche de la souris.

árboles

X: -- m Y: -- m

Espèces: Generica

Type de Couronne: Demi ellipsoid DAP: 4 cm

Hauteur du Tronc: 1 m Hauteur de la Couronne: 2 m

Largeur de la Couronne: 2 m Densité de la Couronne: 100 %

Panneau Résumé

Nombre d'arbres:	0
Surface totale:	1 ha
Densité:	0 arbres/ha
Couverture de la couronne :	0 %
Zone basale:	0 m ² /ha

Figure 10. La figure montre la partie à gauche de la parcelle qui englobe la zone des « Árboles, Arbres » et le « Panel Resumen, Panneau Récapitulatif ».

Lors de la plantation des arbres avec le curseur, les utilisateurs peuvent modifier (pour chaque arbre planté) les valeurs des fenêtres de la Zone Arbres. Les cases X et Y sont utilisées pour déplacer un arbre déjà planté vers une nouvelle position, en le sélectionnant auparavant. Le « Panel Resumen, Panneau Récapitulatif » se trouve en bas et indique le nombre d'arbres, la surface de la parcelle et les estimations de la densité, de la couverture de la couronne et de la zone basale.

ii. Arrangements de plantation : systématiques et aléatoires

Il est possible de planter des arbres en faisant des arrangements très différents.

Arrangements simples.

Les arrangements systématiques sont construits à partir d'*arrangements simples*. Un *arrangement simple* est constitué par des lignes horizontales et des colonnes verticales qui limitent les schémas carrés ou rectangulaires. Un *arrangement simple* devrait inclure des arbres de la même espèce et de caractéristiques identiques. Pour planter un arrangement simple :

Dans la fenêtre « Autres Options », à droite de la parcelle, choisir l'option « Modèle de plantage systématique » et saisir les renseignements suivants dans la fenêtre contextuelle correspondante.



Figure 11. La figure montre le bouton « Más Opciones, Autres options » à droite de la parcelle.

- Saisir la distance entre les arbres de la même ligne ou distance horizontale.
- Saisir la distance entre les arbres de la même colonne ou distance verticale.
- Saisir les coordonnées de l'arbre situé au coin inférieur gauche de l'arrangement (ligne inférieure, colonne gauche)

Schéma de Plantation Systématique

#	Espèces	dap	Largeur de la Couronne	Hauteur de la Couronne	Hauteur du Tronc	Distance Horizontale	Distance Verticale	Coordonnées X et Y du premier arbre	
1	Generica	4	2	2	1	12	4	0	0

Planter des Arbres Fermer

Figure 12: La figure montre la fenêtre « Patrón de Plantado Sistemático, Modèle de Plantage Systématique » d'un arrangement simple où la distance horizontale est de 12 mètres et la distance verticale est de 4 mètres, et les coordonnées de l'arbre situé au coin inférieur gauche sont (0, 0). La figure 13 ci-dessous montre une partie de cet arrangement.

La figure ci-dessus illustre la fenêtre « Configuration de plantation systématique » d'une disposition simple où la distance horizontale est de 12 mètres, la distance verticale de 4 mètres et où les coordonnées de l'arbre situé dans le coin inférieur gauche sont (0, 0). La figure ci-dessous illustre une partie de cette disposition.

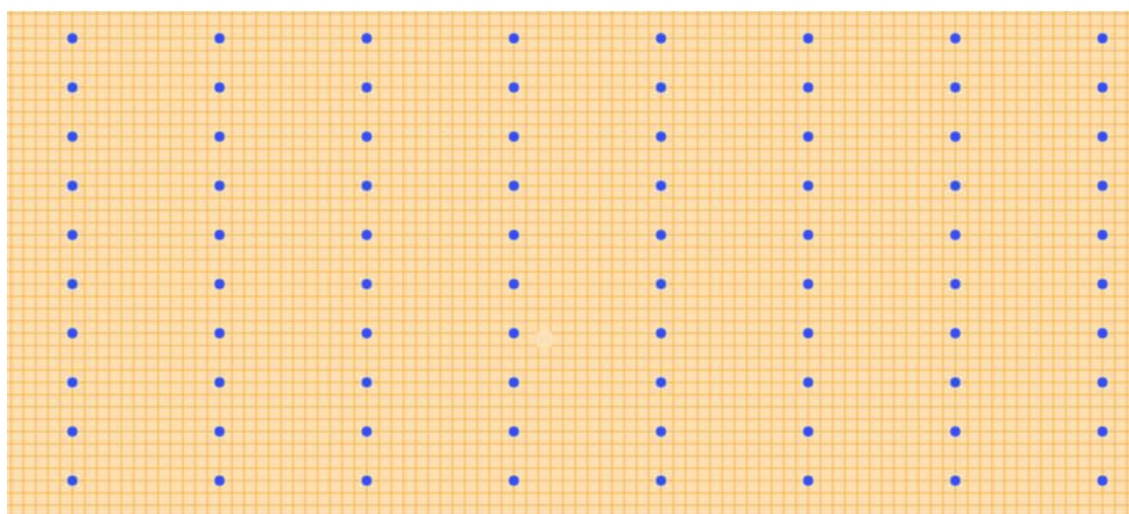


Figure 13. Arrangement systématique simple avec distance de 4 cellules par lignes et 12 par colonnes.

Arrangements complexes.

En superposant des arrangements simples, nous pouvons construire des arrangements complexes, dont les cellules de base ne sont pas nécessairement rectangulaires. La figure 14 montre un arrangement complexe (sentiers avec double rangée d'arbres et plantation triangulaire) formé de deux arrangements simples qui se superposent : une espèce de bois en bleu et une espèce fruitière en vert. Les espèces à bois apparaissent en bleu avec une distance verticale de 6 m, une distance horizontale de 18 m et la coordonnée du premier arbre (0, 0). Les espèces à fruits apparaissent en vert et ont été plantées avec une distance verticale de 6 m, une distance horizontale de 18 m, et les coordonnées du premier arbre (3, 3).

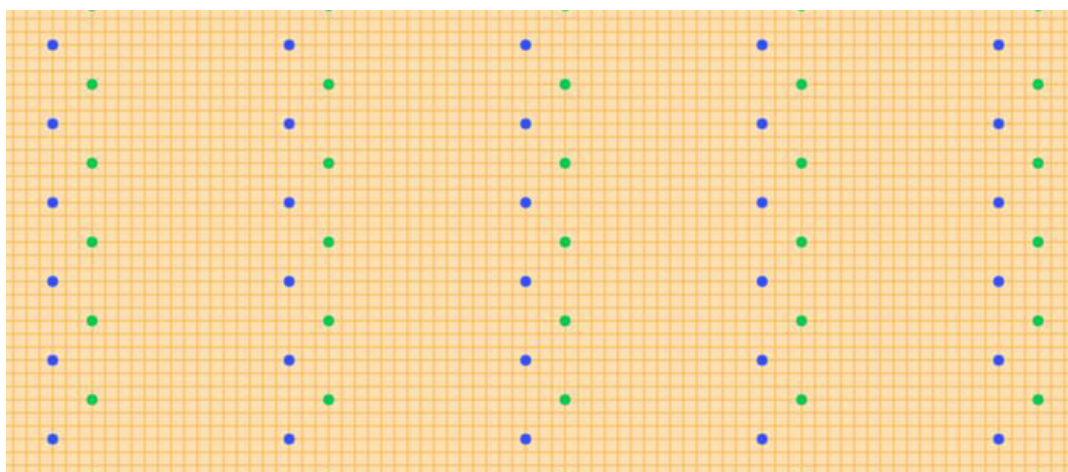


Figure 14: Arrangement systématique complexe obtenu comme superposition de 2 arrangements simples.



Attention : ShadeMotion ne permet pas de planter deux arbres dans la même position de la parcelle. En cas de conflit d'arbres, le premier planté prévaudrait. Cette règle s'applique à toutes les modalités de plantation d'arbres, y compris les arrangements systématiques ou aléatoires.

Arrangements aléatoires.

Dans un arrangement aléatoire, les arbres sont plantés dans des positions choisies au hasard. Pour planter un arrangement aléatoire, dans le menu «Más opciones, Autres options », on choisit “Patrón de plantado aleatorio, Modèle de plantation aléatoire”. Le nombre d'arbres dans l'arrangement est défini en indiquant la densité de la plantation en arbres par hectare de parcelle. ShadeMotion a un mécanisme pour éviter – autant que possible – que deux ou plusieurs arbres soient plantés trop près les uns des autres.

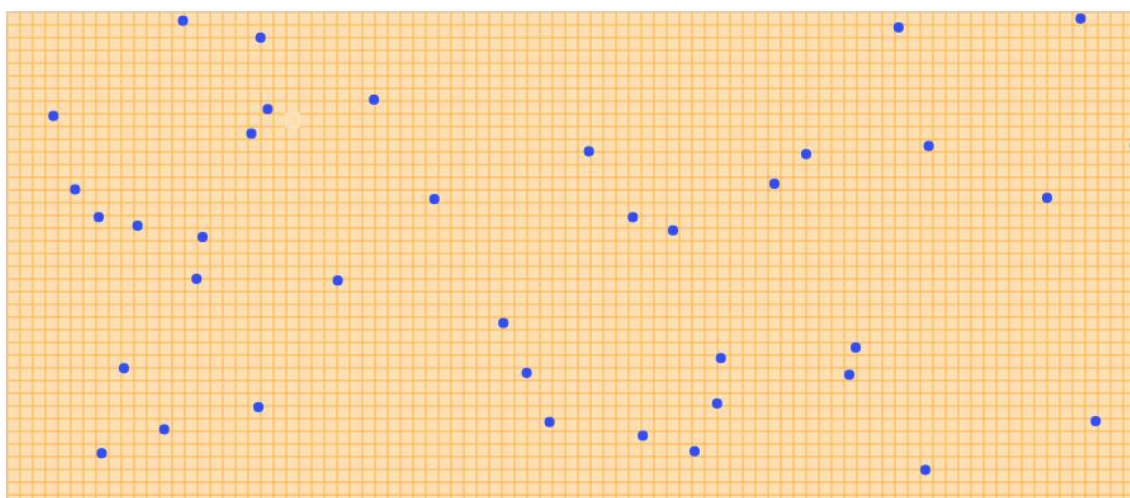


Figure 15 La figure montre un secteur de la parcelle de 100x100 où 100 arbres ont été plantés aléatoirement.

iii. Préparation d'un fichier Excel à l'aide des données de terrain.

a. En coordonnées cartésiennes.

ShadeMotion accepte les fichiers Excel avec des données sur les arbres s'ils ont la structure appropriée. Les utilisateurs peuvent aller sur le site www.shademotion.net pour télécharger le fichier modèle:

Árboles_SMv5.xlsx, qu'ils peuvent remplir avec leurs propres données pour la simulation.

Afin d'enregistrer les coordonnées de position d'un ensemble d'arbres sur le terrain, il est nécessaire d'improviser un système de coordonnées cartésiennes dans la parcelle. Pour ce faire:

1. Choisir un point de la parcelle comme origine des coordonnées, à partir de laquelle deux cordes sortiront formant les axes X+ et Y+. Ce sera le point auquel le système attribuera les coordonnées (0, 0) comme origine du système de coordonnées. Les cordes formeront une paire d'axes perpendiculaires. Il est important que les cordes entourent le premier quadrant de la région où se trouvent TOUS les arbres. Pour ce faire, il ne doit y avoir aucun arbre à gauche de la corde sélectionnée comme axe Y ou sous la corde choisie comme axe X. Idéalement, choisir l'origine de manière à ce que le centre du « nuage d'arbres » soit situé environ au centre de la parcelle. Si cela n'est pas possible pour des raisons pratiques, ShadeMotion a la capacité de « centrer » les arbres dans la carte d'ombrage (voir la section suivante).
2. Lors de l'installation du système de coordonnées improvisé, il est très important d'enregistrer la direction vers laquelle le demi-axe Y+ de ce système pointe, à l'aide d'une boussole. Cet angle doit être mesuré dans le sens des aiguilles d'une montre à partir du nord; dans le sens horaire il correspond à un angle positif. Lors du téléchargement du fichier avec les données du terrain, la valeur de cet angle doit être saisie dans la case « Orientación del eje Y, *Orientación de l'axe Y* ». Si vous avez décidé de diriger le demi-axe Y+ vers le nord, ce n'est pas nécessaire de saisir une valeur dans cette case, car le système fonctionnera avec la valeur par défaut 0. Il est très important de garder à l'esprit qu'une fois le fichier sur les arbres téléchargé, l'orientation du demi-axe Y+ ne doit pas être modifiée.
3. Utiliser un ruban à mesurer ou un dispositif laser pour mesurer les distances entre deux points et, par conséquent, déterminer les coordonnées de chaque arbre.
4. Sauvegarder le fichier dans un dossier sous un nom approprié.
5. Pour télécharger le fichier sélectionner l'option "Abrir, *Ouvrir*" dans le menu "Archivo, *Fichier*".



Si l'utilisateur télécharge une simulation préparée sur le terrain par une équipe dont il n'a pas fait partie, il doit s'assurer que cette équipe ait saisi la direction du demi-axe Y+ du système utilisé sur le terrain pour enregistrer les coordonnées.

b. En coordonnées GPS

Pour préparer un fichier Excel des arbres dont les coordonnées sont enregistrées avec un appareil GPS, les utilisateurs doivent structurer le fichier de la manière appropriée. Cette tâche peut être simplifiée en téléchargeant le fichier modèle *ÁrbolesGPS_SMv5.xlsx*. Ce fichier a deux pages, une pour les coordonnées GPS du point choisi comme l'origine et une deuxième pour les coordonnées GPS des arbres.

Pour préparer le fichier, suivre les étapes ci-dessous :

1. Il est recommandé de renommer le fichier modèle avec un nom qui décrit votre modèle.
2. Sélectionner un point de la parcelle comme origine des coordonnées. Choisir la position du point d'origine de façon à ce que lorsque le logiciel convertisse les positions des arbres en coordonnées cartésiennes, les arbres soient situés dans le premier quadrant. Pour cela, choisir le point d'origine de sorte que les arbres restent à droite d'un axe Y imaginaire qui part de l'origine choisie et pointe vers le nord et qui reste au-dessus d'un axe X imaginaire qui part de l'origine choisie et pointe dans la direction est. Le fait que le demi-axe Y+ pointe vers le nord ne peut pas être modifié lors de l'utilisation des coordonnées GPS.
3. Saisir les coordonnées GPS du point d'origine choisi au point 2. Les coordonnées GPS sont saisies dans l'onglet « Origen, *Origine* » du fichier modèle (supprimer d'abord les coordonnées d'exemple qui apparaissent comme guide dans la page Origen).
4. Ouvrir l'onglet « Árboles, *Arbres* » et saisir les coordonnées GPS des arbres; un arbre dans chaque ligne du document.
5. Lorsque vous aurez fini de saisir tous les arbres, télécharger le fichier Excel à partir du menu « Archivo, *Fichier* », option « Importar Datos de Campo GPS, *Importer Données de Terrain GPS* ». Les arbres devraient apparaître sur la parcelle de ShadeMotion et le programme aura converti vos coordonnées GPS en coordonnées cartésiennes.

Centrer un ensemble d'arbres dans la parcelle.

Lorsque les arbres sont importés via un fichier de coordonnées cartésiennes ou GPS, il est possible que l'ensemble des arbres soit complètement décentralisé; parfois très proche de la limite de la parcelle ou même avec des arbres en dehors du premier quadrant. Le centrage des arbres est très important car s'ils sont laissés au bord du système cartésien, leurs ombres sont projetées en dehors de la carte d'ombrage et ne sont pas comptées par ShadeMotion. Pour centrer les arbres, choisir l'option « Centrar árboles, Centrer les *arbres* » dans le menu « Más opciones, *Autres options* » situé à l'extrême droite de la barre « Modo y Herramientas, *Mode et Outils* ».

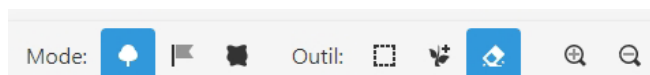
Supprimer des arbres, supprimer des ombres ou nettoyer la parcelle.

Supprimer des arbres, des ombres ou les deux est habituellement un besoin qui surgit fréquemment lors de la construction de simulations. En ouvrant le menu « Más opciones, *Autres options* », vous trouverez les trois options suivantes dans le coin supérieur droit de la parcelle :

Supprimer l'ombre, supprimer les arbres, supprimer l'ombre et les arbres.

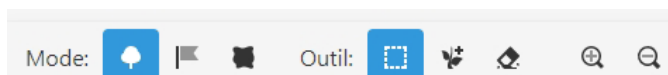
Il est aussi possible de supprimer un arbre individuellement ou un ensemble d'arbres, tout en gardant la présence des autres arbres sur la parcelle. Il y a deux façons pour le faire:

- 1) Sélectionner les icônes "Planter, *Planter*" et "Borrador, *Gomme*", les deux dans la Barre de Modes et Outils:



Et cliquer à gauche sur les arbres que vous souhaitez supprimer.

- 1) Sélectionner les icônes "Planter, *Planter*" et "Seleccionar, *Sélectionner*" dans la Barre de Modes et Outils



À l'aide de votre souris, enfermer la région qui comprend les arbres que vous souhaitez supprimer. Vous verrez que les arbres sont entourés d'un petit cercle lorsque vous les enfermez dans une zone sélectionnée. Vous pouvez les supprimer en cliquant sur la touche « Suppr » ou en appuyant sur le bouton droit de la souris et en sélectionnant "Remove, Supprimer".

Définition des nouvelles espèces et remplissage de leurs tableaux.

Shademotion propose quelques espèces préinstallées : générique, laurier (*Cordia alliodora*), orange (*Citrus sinensis*), cacao (*Theobroma cacao*), Poró (*Erythrina poeppigiana*), banane (*Musa spp.*) et teck (*Tectona grandis*). L'utilisateur peut aussi définir ses propres espèces. Si vous voulez définir une nouvelle espèce, cliquer sur l'option « Espèces, Espèces » dans la Barre de Menus. Dans la fenêtre contextuelle, cliquez sur « + » au coin supérieur droit qu'on peut voir sur la figure 16.

Figura 16: Tableau "Espèces, Espèces", où on définit les nouvelles espèces.

Après avoir écrit le nom de l'espèce dans la case «Nombre, Nom», les autres données de l'espèce doivent être remplies dans les champs respectifs. Le tableau comprend trois champs destinés aux tableaux : «Variación de follaje, Variation de feuillage», «Tabla de Crecimiento, Tableau de Croissance» «% crecimiento mensual, %croissance mensuelle». En cliquant sur le nom respectif, une nouvelle boîte de dialogue où les données correspondantes doivent être saisies s'ouvre. Le tableau «Variation de feuillage» n'a que les champs pour saisir les pourcentages correspondant aux 12 mois de l'année. Le «Tableau de Croissance» permet d'ajouter des lignes avec les données de chaque année. Le tableau n'affiche initialement qu'une seule ligne, mais de nouvelles lignes peuvent être créées en cliquant sur l'icône «Duplicar, Doubler» à droite de la ligne. S'il y a plus d'une ligne, cette action double la ligne sur laquelle l'utilisateur clique, et ainsi il peut faire la modification avec les valeurs de l'année correspondante.

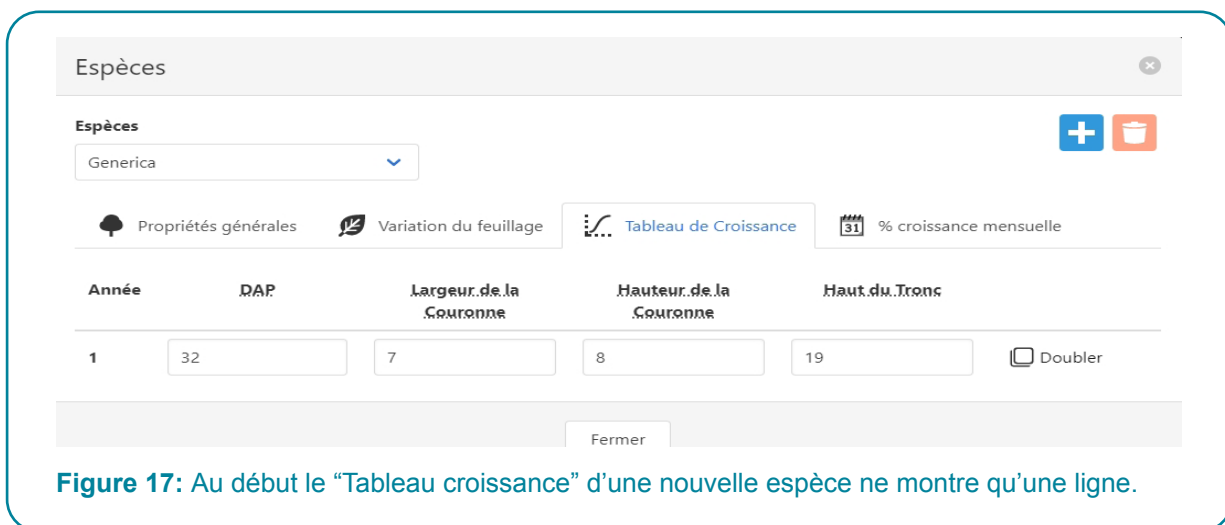


Figure 17: Au début le "Tableau croissance" d'une nouvelle espèce ne montre qu'une ligne.

Lorsque le nombre d'années de la simulation est supérieur au nombre de lignes qui ont été remplies dans le tableau, Shademotion répétera les valeurs de la dernière ligne jusqu'à ce que le nombre d'années de la simulation soit complété. Si vous voulez supprimer l'espèce, cliquer sur l'icône de la poubelle, à droite du symbole « + ». Lorsqu'une simulation est sauvegardée (option « Enregistrer en tant que »), les espèces définies par l'utilisateur, ainsi que leurs tableaux, sont sauvegardées dans le cadre des données initiales de la simulation. Le champ «% Crecimiento mensual, %Croissance mensuelle» est consacré aux espèces qui sont régulièrement taillées, ce qui est abordé dans la section suivante.

Les espèces élaguables.

L'élagage de la couronne des arbres (pour laisser passer la lumière, ou pour récolter la biomasse et l'utiliser comme mulch, bois ou comme fourrage pour les animaux, etc.) est une pratique courante de gestion agroforestière. L'élagage réduit la taille de la couronne et la croissance de l'arbre la rétablit. Dans ShadeMotion, n'importe quelle espèce peut être définie comme élaguable. La croissance de l'arbre se produit en deux échelles de temps : 1) il change sa taille totale chaque année à mesure qu'augmente son âge, et 2) les dimensions de sa couronne taillée changent chaque mois. Le tableau de croissance reflète les dimensions de l'arbre à chaque âge et en période d'absence d'élagage. L'élagage est représenté dans ShadeMotion, en pourcentage des dimensions de la couronne dans le tableau de croissance pour une année donnée.

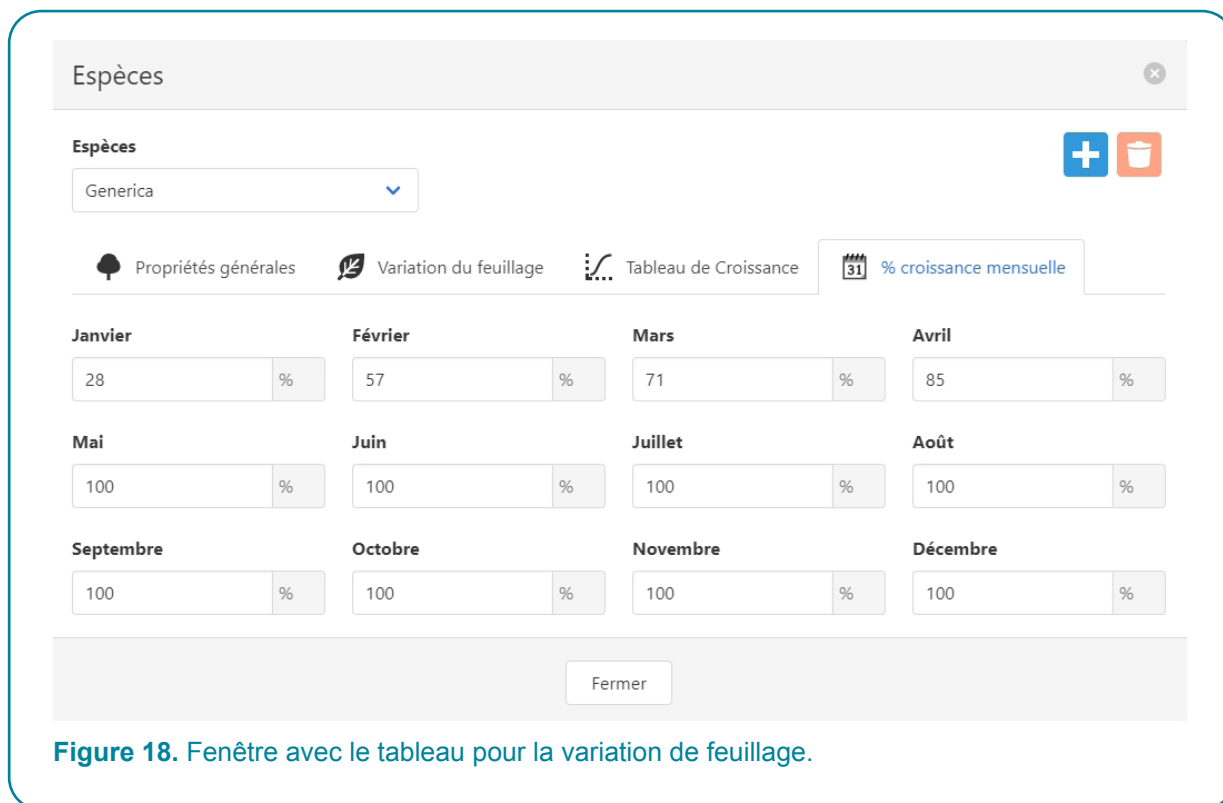


Figure 18. Fenêtre avec le tableau pour la variation de feuillage.

Superpositions, drapeaux, zone d'échantillonnage et simulation dans des parcelles inclinées

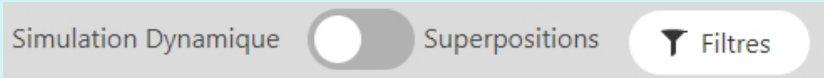
3

Chapitre

Les superpositions des ombres

Deux ou plusieurs arbres peuvent projeter simultanément de l'ombre (ce qu'on appelle la superposition) sur une cellule de la parcelle pendant certains moments de la simulation. À la demande de l'utilisateur, ShadeMotion comptabilise le nombre d'heures d'ombre reçues par chaque cellule de la parcelle, y compris ou non les superpositions. Par exemple, si dans un moment de simulation, et avec une fréquence de mouvement solaire d'une heure, une cellule reçoit l'ombre simultanément de 3 arbres, ShadeMotion comptabilise 1 heure d'ombre dans le fichier SANS superpositions et 3 heures dans le fichier AVEC superpositions. La définition de avec ou sans superposition est importante dans l'interprétation du pourcentage d'ombre rapporté pour la cellule et dans les valeurs statistiques que nous verrons dans les résultats (voir le chapitre suivant de ce tutoriel). Si l'option SANS superposition est choisie, le pourcentage d'ombre variera entre 0 et 100 % parce que le nombre de moments d'ombre qui peuvent être comptabilisés dans une cellule est égal ou inférieur au nombre total de moments de la simulation. Si l'option AVEC superposition est choisie, le pourcentage d'ombre peut être supérieur à 100%. Le nombre de moments d'ombre avec superposition est une mesure de la « quantité » d'ombre reçue par chaque cellule. Évidemment, si plusieurs arbres projettent simultanément de l'ombre sur une cellule, l'ombre sera plus grande que si un seul arbre la projetait.

Par défaut, les simulations s'exécutent en mode « sin traslapos, sans superpositions ». Pour changer le mode, le bouton « Traslapos, Superpositions » situé sur la deuxième ligne de la Barre d'Outils doit être activé ou désactivé.



Cultures qui poussent sous les arbres

Shademotion a surgi comme une initiative pour étudier l'ombre sur des parcelles agroforestières où une culture partage le terrain avec une série de plantes ligneuses qui lui fournissent de l'ombre. Bien que les caractéristiques de la culture, ou l'ombre que projettent ses plantes ne soient pas prises en compte, le programme offre la possibilité de répondre à certains aspects liés à la présence de cultures sur la parcelle.

L'idée de marquer une ou plusieurs cellules du sol où l'on pourrait trouver des plantes de la culture, afin de connaître la quantité d'ombre qui s'y accumule est à l'origine de l'idée de placer des drapeaux dans les cellules où l'on pourrait trouver une plante de culture ou simplement où l'on veut savoir combien d'ombre il y a.

1. **Pose de drapeaux.** Supposons que vous souhaitiez marquer une ou plusieurs cellules de la parcelle pour connaître la quantité d'ombre qui s'accumule dans les cellules. Cela peut se faire en mettant des *drapeaux* dans les cellules (dans les versions précédentes de Shademotion ils étaient connus sous le nom de «marques»). Le programme mettra des points rouges sur les cellules marquées. Pour mettre un drapeau, vous devez cliquer sur l'icône de drapeau dans la Barre de Modes et Outils, au-dessus de la parcelle :



En cliquant sur le drapeau, l'icône de la hache est automatiquement sélectionnée, à droite du drapeau (le drapeau et la hache sont tous deux en bleu dans la figure). Le drapeau est placé en amenant le curseur sur la cellule que vous souhaitez marquer et en cliquant dessus.

2. **Supprimer des drapeaux.** Pour supprimer un drapeau, avec le drapeau sélectionné, sélectionner l'icône de la gomme, à droite de la hache, et cliquer sur la cellule qui a le drapeau que vous souhaitez supprimer. Vous pouvez également effacer tous les drapeaux d'une région en faisant ce qui suit :

- 1) Entourer la région avec l'outil de sélection.
 - a. Cliquer le bouton droit de la souris et choisir l'option « remove, *supprimer* ».
 - b. Ou appuyer sur la touche « Suppr ».

3. **Hauteur de la culture dans une simulation statique.** Supposons que vous souhaitez connaître la répartition de l'ombre à une certaine hauteur au-dessus du niveau du sol, par exemple, à la hauteur moyenne des plantes d'une culture. Shademotion permet d'obtenir des cartes d'ombre à différentes hauteurs au-dessus du niveau du sol en saisissant la hauteur désirée dans la case «*Altura del cultivo, Hauteur de la culture*», située dans la zone «*Terreno, Parcelle*». La restriction suivante doit être prise en compte : la hauteur saisie ne peut pas être égale ou supérieure à la valeur du tronç le plus bas des arbres d'ombre.

4. **Croissance des cultures dans une simulation dynamique.** Si les drapeaux sont interprétés comme des plantes d'une culture, il est possible d'attribuer un tableau de croissance à la culture en cliquant sur le bouton «*Altura del cultivo, Hauteur de la culture*», en bas de la zone «*Terreno, Parcelle*». Ainsi, la carte d'ombre de chaque «*Paso, Pas*» (voir la définition de Pas plus loin) d'une simulation dynamique est calculée à la hauteur de la culture dans ce Pas.

Sélection d'une zone d'échantillonnage dans la parcelle

Plusieurs raisons peuvent motiver l'utilisateur de ShadeMotion à comptabiliser l'ombre seulement dans une partie de la parcelle et non pas dans toute la parcelle.

- Par exemple, en raison de la population d'arbres, l'ombre n'est pas répartie sur toute la parcelle, mais seulement sur une partie (voir figure 19). Si l'utilisateur ne précise pas la zone d'intérêt, ShadeMotion calculera les pourcentages d'ombre et les statistiques descriptives de l'ombre dans

la parcelle en tenant compte de TOUTES les cellules de la parcelle et inclura de nombreuses cellules dont le nombre de moments d'ombre est égal à zéro; et cela réduira artificiellement les moyennes et d'autres indicateurs statistiques.

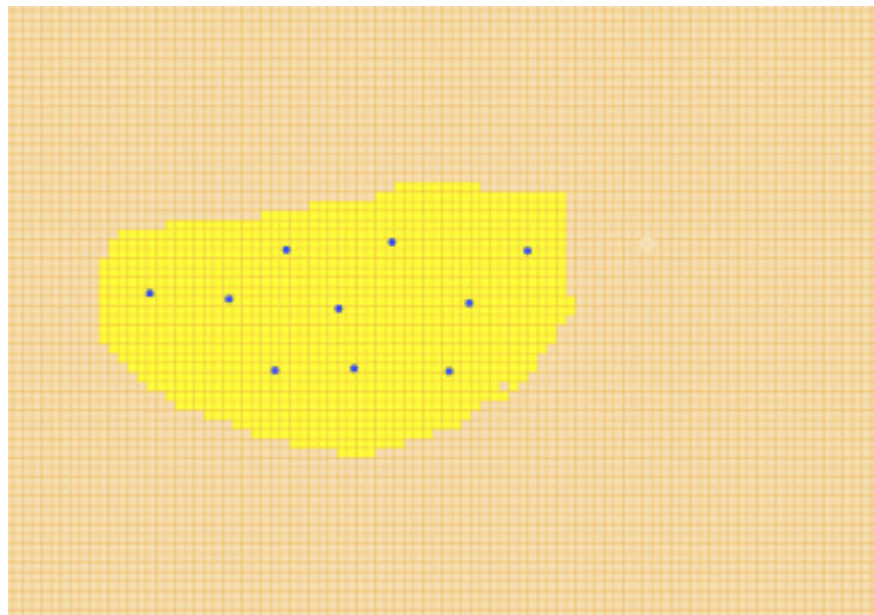
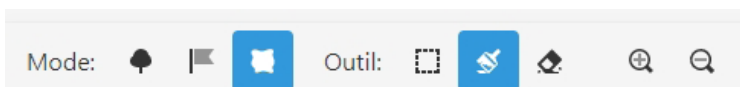


Figure 19. La figure montre 10 arbres avec une zone cartographique délimitée.

- Dans d'autres cas, bien que les arbres soient répartis de manière homogène dans la parcelle, les cellules qui sont proches des bords de la parcelle reçoivent moins d'ombre que celles situées au centre de la parcelle. Encore une fois, si une zone représentative centrale pour compter l'ombre n'est pas spécifiée, ShadeMotion calculera les pourcentages d'ombre et d'autres résultats statistiques en tenant compte de TOUTES les cellules de la parcelle, ce qui affectera la précision des moyennes. Dans ce cas, l'utilisateur doit exécuter deux simulations : la première pour déterminer visuellement le modèle de l'ombre afin d'identifier et de peindre la zone d'échantillonnage, et la seconde pour demander à ShadeMotion de ne compter que l'ombre dans cette zone d'échantillonnage.
- Parce que l'utilisateur veut accélérer le temps nécessaire pour exécuter une simulation avec de nombreux arbres, dans de très grandes parcelles et avec de longs cycles de simulation.

ShadeMotion permet à l'utilisateur de « peindre » la partie de la parcelle qui l'intéresse pour la comptabilité de l'ombre. Aucune cellule en dehors de la zone peinte ne sera évaluée pour de l'ombre. Toutefois, il est important de tenir compte du fait que le programme comptabilisera également l'ombre projetée à l'intérieur de la zone d'échantillonnage par les arbres situés à l'extérieur de cette zone. Plusieurs sections de la parcelle peuvent être peintes, et les sections peuvent être séparées les unes des autres.



Une zone d'échantillonnage est marquée en déplaçant le pinceau avec le curseur par la parcelle. Si vous voulez un pinceau plus épais, sélectionnez une autre épaisseur dans le champ « Grosor de la brocha, Épaisseur du pinceau » dans la zone « Árboles, Arbres » à gauche de la parcelle :

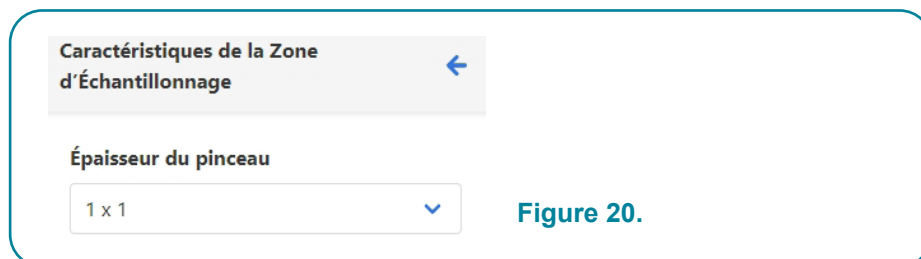


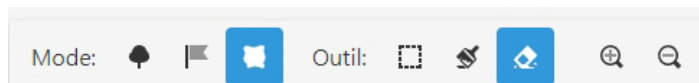
Figure 20.

Une zone d'échantillonnage rectangulaire peut être peinte à l'aide de l'outil de sélection : une fois la zone rectangulaire sélectionnée sur la parcelle, on presse le bouton droit de la souris et on choisit l'option « pintar zona de muestreo, peindre la zone d'échantillonnage ». Noter que la fenêtre qui permet de sélectionner l'épaisseur du pinceau ne s'affiche que lorsque l'icône de la zone d'échantillonnage est sélectionnée. Il est possible de peindre des zones d'échantillonnage qui ont différentes régions séparées.

Suppression de la zone d'échantillonnage

Il y a deux façons de supprimer la zone d'échantillonnage peinte en jaune.

- 1) Sélectionner les icônes « Zona de muestreo, Zone d'échantillonnage » et « Borrador, Gomme », toutes deux situées dans la Barre de Modes et Outils :



et déplacer la gomme avec la souris sur les zones à supprimer. Vous pouvez définir l'épaisseur de la gomme dans le champ « Grosor de la brocha, Épaisseur du pinceau » mentionné ci-dessus.

- 2) À l'aide de l'outil de sélection, entourer la zone d'échantillonnage ou la section que vous souhaitez supprimer, cliquer avec le bouton droit de la souris et choisir l'option « Borrar zona de muestreo, Supprimer la zone d'échantillonnage ». Avec cette option, il n'est pas nécessaire de sélectionner l'icône de la gomme.

Vues 2D et 3D de la parcelle et des arbres.

Vue 2D.

Les arbres plantés sur la grille de la parcelle peuvent être vus de trois façons :

- 1) Mode ponctuel : comme un point plein montrant la position de l'arbre dans la parcelle.
- 2) Mode circonférence : comme un point entouré d'une circonférence avec un diamètre égal à la largeur de la couronne.
- 3) Mode Transect : en tant que sections transversales de l'arbre montrant le type de couronne et la hauteur du tronc, en proportion de ses dimensions.

L'option par défaut est « Puntual, *Ponctuel* ». Dans les trois cas, les différentes espèces sont peintes avec des couleurs différentes. L'option 2D pour les arbres est sélectionnée dans la fenêtre du menu «Configuración, *Configuration* », dans le champ «Pintado de copa, *Peinture de la couronne* ».

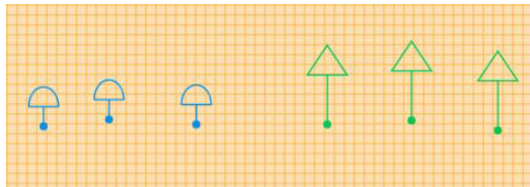


Figure 21. Arbres de deux espèces en utilisant la peinture de la couronne du type “Transect”.

Vue 3D.

Il est possible d'avoir une vue 3D des arbres dans la parcelle à tout moment pendant la préparation, durant et à la fin de la simulation, en cliquant sur l'option « Vista 3D, Vue 3D » dans la Barre de Menus. En utilisant les éléments suivants :

- 1) La molette de la souris
- 1) Utiliser la souris pour faire glisser
- 1) Les flèches du clavier

il est possible d'effectuer un zoom avant, un zoom arrière, un transfert ou une rotation de la parcelle pour obtenir différentes vues de la parcelle avec les arbres.

Simulations dans des parcelles inclinées

Lors de la mise en place d'une simulation dans une parcelle inclinée, il est essentiel de fournir au programme deux angles décrivant le degré de déclivité et la position de la parcelle:

- Angle σ de la déclivité maximale, aussi dénommé angle de gradient.
- Angle δ qui mesure l'azimut de la pente (la direction vers laquelle la pente maximale « pointe »). Cet angle est mesuré à partir du nord, dans le sens horaire et en direction descendante de la parcelle. Par exemple, si la pente, en descente, est « orientée » vers l'est, l'angle δ mesurerait 90° .

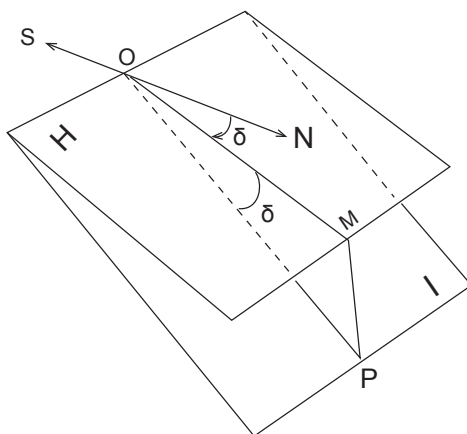


Figure 22. La figure montre un plan horizontal H et un plan incliné I avec les deux angles qui déterminent la déclivité et la position du plan incliné. Ces angles sont l'angle de gradient σ (<MOP) et l'angle δ (<NOM) d'orientation de la pente. Les deux angles sont saisis dans la zone «Terreno, Parcelle», à droite de la grille de la parcelle. La valeur de l'angle de gradient σ est saisie dans la case «Ángulo de inclinación, Angle de déclivité» et l'angle δ dans la case «Dirección de la pendiente, Direction de la pente».

Angle de déclivité	Direction de la pente
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>

Orientation de l'axe Y+ dans des parcelles inclinées.

Dans les parcelles inclinées, ce n'est pas possible de changer la direction de l'axe Y+, qui coïncide avec les lignes de déclivité maximales dans la direction descendante. Cette direction est automatiquement attribuée par le programme. Les précautions suivantes doivent être respectées :

1. Le demi-axe positif Y+ doit pointer dans la direction de la déclivité maximale et en mode descendant.
2. L'origine des coordonnées doit être placée dans un point de la parcelle de façon à ce que les arbres soient situés à l'intérieur du premier quadrant.

Une fois le système de coordonnées improvisé est mis sur le terrain, il faut mesurer l'angle formé par le demi-axe positif Y+ (ou, ce qui est équivalent, une ligne de déclivité maximale en direction descendante) avec le nord géographique. L'angle est mesuré par un signe positif dans le sens horaire et l'information est saisie dans la case « Dirección de la Pendiente, Direction de la pente » dans la zone « Terreno, Parcelle ».

Filtres

Supposons qu'une fois effectuée une simulation, vous voudriez voir la carte d'ombrage qui correspond aux arbres situés dans une gamme de hauteur, ou la carte qui correspond uniquement à certaines espèces de la population d'arbres, ou peut-être déterminer les zones de la parcelle où l'ombre se trouve dans une certaine gamme d'heures d'ombre. C'est le type de résultats que les filtres nous permettent d'obtenir. Il y a trois types de filtre qui peuvent être appliqués :

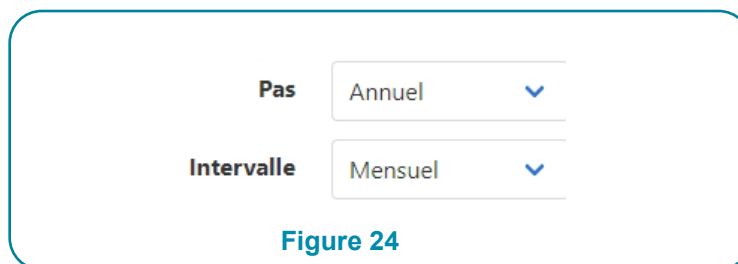
1. Par nombre d'heures d'ombre.
2. Par espèce.
3. Par hauteur des arbres.

Figure 23. Les filtres type 2 et type 3 nécessitent de refaire la simulation après l'application du filtre ; ce n'est pas le cas pour les filtres type 1.

Pas de temps et intervalles

Une simulation ShadeMotion est une séquence de moments où vous comptabilisez s'il y a de l'ombre ou pas (avec ou sans superposition) dans chaque cellule de la parcelle ou dans la zone d'échantillonnage marquée par l'utilisateur. L'utilisateur peut observer le nombre total d'heures d'ombre dans deux types d'intervalles; un long (PAS) qui contient un autre (INTERVALLE) de durée égale ou inférieure au pas au pas. Par exemple, nous pouvons exécuter une simulation dynamique de 30 ans avec des résultats d'ombre observés en 30 pas annuels, et chacun des pas est divisé en 12 intervalles mensuels. Nous sommes intéressés de voir les changements dans les résultats d'ombre dans les intervalles mensuels parce que le modèle à feuilles caduques des arbres est mensuel, et parce qu'il y a des espèces élaguables qui changent les dimensions de la couronne chaque mois en raison de l'élagage mensuel.

L'utilisateur choisit entre les options pour définir la durée des pas et les intervalles dans le menu « Configuración, *Configuration* » dans les champs indiqués par la figure 24:



The image shows a configuration window with two dropdown menus. The first menu is labeled 'Pas' and has 'Annuel' selected. The second menu is labeled 'Intervalle' and has 'Mensuel' selected. Below the menus, the text 'Figure 24' is displayed.

Les valeurs à choisir pour Pas et Intervalle sont : annuelle, tous les six mois, mensuelle, hebdomadaire et quotidienne.

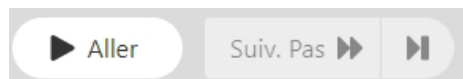
Deux façons d'exécuter une simulation dynamique

Dans les simulations dynamiques, les utilisateurs peuvent choisir d'arrêter la simulation à la fin de chaque pas pour analyser l'ombre et décider s'il est convenable de planter ou supprimer certains arbres dans la parcelle avant de commencer le pas suivant. Pour cette raison, il est possible d'exécuter une simulation dynamique pas à pas, ou tout à la fois (si nous ne voulons pas inspecter l'ombre, planter ou supprimer les arbres tout au long du cycle de simulation).

Une simulation dynamique peut s'exécuter de deux façons possibles:

- 1) Du début à la fin sans que la simulation ne s'arrête à aucun pas en appuyant sur le bouton «Correr, Lancer ».
- 2) Faire en sorte que la simulation s'arrête à chaque pas, pour lequel vous devrez reprendre le processus en appuyant sur le bouton « Sig.Paso, *Pas suivant* » chaque fois que le programme s'arrête afin de passer au pas suivant. Si dans un pas donné, l'utilisateur ne veut pas que le programme s'arrête, pour l'exécuter jusqu'à la fin, il doit donc appuyer sur l'icône à droite de « Sig. Paso, *Pas Suivant* ».

1)



Le menu “Configuration”.

Certaines des options qui déterminent la configuration initiale d'une simulation se trouvent dans le menu « Configuración, *Configuration* », qui est illustré dans la figure 25. Certaines de ces options ont été mentionnées ci-dessus et certaines ne nécessitent aucune explication.

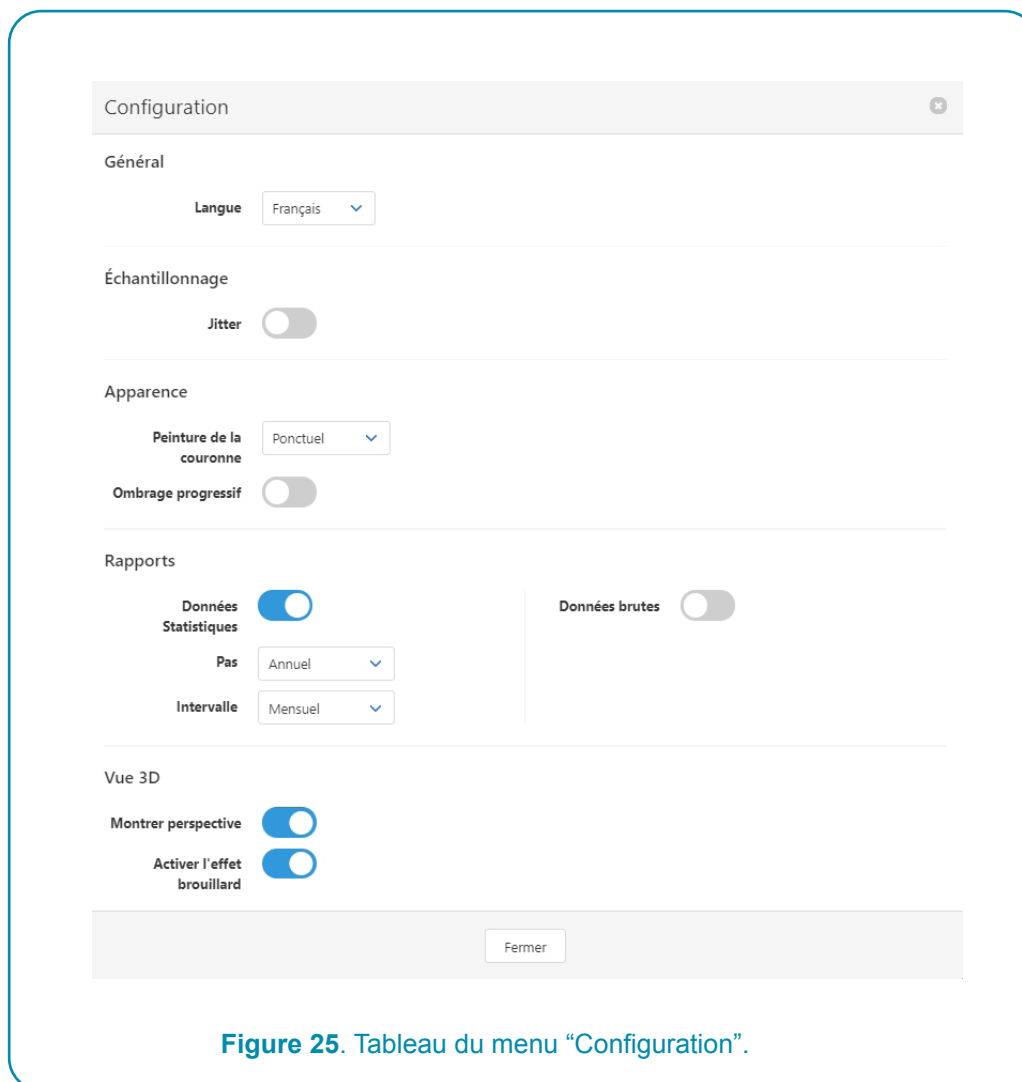


Figure 25. Tableau du menu “Configuration”.

Parmi les options affichées dans la fenêtre qui n’ont pas encore été discutées, nous avons :

Jitter. Lorsque cette option est sélectionnée, le calcul des ombres ne se fait pas dans tous les moments à l’heure exacte, mais à certains moments il est calculé avec l’heure un peu avancée ou retardée. L’idée est d’éviter la présence de zones sans ombre produites par le saut dans la position de l’ombre entre une heure et la suivante, un effet qui est plus notable dans les simulations avec peu d’arbres et pour de courtes périodes.

Ombrage progressif. Ce bouton active le « *sombreado progresivo, ombrage progressif* », qui permet d’observer comment la carte des ombres change pendant la simulation. Lorsque l’ombrage progressif est désactivé – état par défaut – la carte de ombrage finale apparaît à la fin de la simulation.

La partie centrale de la fenêtre comprend les rapports, dont la discussion détaillée aura lieu au chapitre suivant.

Exemples de simulations

Après avoir présenté les éléments de base nécessaires pour construire une simulation, nous allons vous montrer quelques exemples de certaines des situations qui peuvent être présentées, ainsi que les points à prendre en compte pour construire la simulation correspondante.

Exemple #1: une simulation instantanée

Objectif : Évaluer l'ombre projetée par 10 arbres de *Citrus sinensis* (orange), de 5 ans, plantés avec la souris dans une parcelle horizontale de 1 ha, à 10 degrés latitude nord, à 10h le 25 octobre.

Mesures à prendre :

1. Sélectionner la simulation instantanée
2. Choisir l'espèce *Citrus sinensis* (orange) et assigner les dimensions correspondantes pour l'âge de 5 ans dans la zone « Arbres » (dans les simulations instantanées et statiques, les tableaux de croissance ne sont pas pris en compte).
3. Sélectionner la date et l'heure de la simulation à observer.
4. Examiner les valeurs des paramètres dans les zones de l'interface.
5. Si vous souhaitez modifier l'orientation du demi-axe Y+, vous devez le faire avant de planter les arbres.
6. Planter les arbres manuellement.
7. Choisir entre les options avec ou sans superposition.
8. Vérifier si toutes les valeurs de la zone « Terreno, *Parcelle* » sont correctes.
9. Exécuter la simulation.
10. Vérifier les résultats : 1) inspecter la carte des plantations d'arbres.

Exemple #2: une simulation statique.

Objectif : Évaluer l'ombre projetée par 70 arbres de « terminalia » (*Terminalia ivorensis*) et 140 arbres de « poró » (*Erythrina poeppigiana*) avec élagage. Les arbres des deux espèces sont plantés de manière systématique, avec une disposition carrée de 12 m x 12 m les deux espèces. Nous devons analyser l'ombre à la hauteur des plantes de café, qui dans l'année de l'étude ont 2-0 m de hauteur. La simulation durera un an, du 1^{er} janvier 2020 au 31 décembre 2020, avec une gamme solaire quotidienne de 9 moments de simulation, toutes les heures entre 8 h et 16 h chaque jour, à l'équateur terrestre, à zéro degrés de latitude. La parcelle est horizontale.

Mesures à prendre:

- 1) Vérifier que le type de simulation actif soit une simulation statique.
- 2) Dans la zone Arbres, définir l'espèce *Terminalia ivorensis* et lui attribuer des valeurs pour la couronne et le tronc, la densité de la couronne et remplir le tableau «Variación del follaje, Variation du feuillage ».
- 3) Examiner les valeurs des paramètres dans la zone « Árbol, Arbres » et la zone « Terreno, Parcelle ».
- 4) Si vous voulez changer la direction du demi-axe Y+, vous devez le faire avant de planter les arbres.
- 5) Définir l'arrangement systématique correspondant, introduire les coordonnées du premier arbre de *Terminalia* et du premier arbre de Poró.
- 6) Les pas et les intervalles conservent leurs valeurs par défaut : annuelles et mensuelles, respectivement.
- 7) Saisir la hauteur de la culture.
- 8) Décider s'il faut exécuter la simulation avec ou sans superposition.
- 9) Exécuter la simulation.
- 10) Examiner les résultats : 1) inspecter la carte des plantation d'arbres, 2) analyser les résultats statistiques par pas et par intervalles, 3) analyser le développement des arbres tout au long des pas et des intervalles, et 4) sauvegarder les fichiers de résultats si on le souhaite.

Exemple #3: une simulation dynamique.

Objectif : Étudier la distribution espace-temps de l'ombre dans une plantation de café à l'ombre de *Cordia alliodora* (laurier) – une espèce de bois – et d'*Erythrina poeppigiana* (« poró ») une espèce qui est taillée tous les 6 mois et qui a pour fonction de fournir de l'ombre au café. La simulation se déroulera sur une période de 30 ans dans une parcelle de 1 ha située à 10° latitude nord.

Mesures à prendre.

- 1) Choisir l'option simulation dynamique.
- 2) Laisser l'option par défaut “sin traslapos, *sans superpositions*”.
- 3) Fixer les dates de début et de fin, ainsi que la gamme solaire quotidienne.
- 4) Ce n'est pas nécessaire de définir les espèces parce qu'elles sont déjà prédéfinies et ont leurs propres tableaux.
- 5) Sélectionner les pas annuels et les intervalles mensuels.
- 6) Saisir les dates et les heures et vérifier que les valeurs de la zone Arbres et de la zone Parcelle sont correctes.
- 7) Si on souhaite modifier l'orientation du demi-axe Y+, il faut le faire avant de planter les arbres.
- 8) Planter un arrangement systématique de laurier avec une séparation entre les lignes et les colonnes de 12 mètres, et un arrangement systématique d'arbres « poró » avec une séparation entre les rangées et les colonnes de 6 mètres (il faut réfléchir à la façon de placer les deux espèces afin d'éviter que certains arbres de « poró » ne montent sur les lauriers, et d'avoir encore un espace acceptable entre les deux espèces).
- 9) Décider d'exécuter ou non la simulation pas à pas.
- 10) Décider de demander ou non la production d'un fichier brut.
- 11) Exécuter la simulation
- 12) Vérifier les résultats : 1) inspecter la carte des plantations d'arbres, 2) analyser les résultats statistiques par pas et intervalles, 3) analyser le développement des arbres tout au long des pas et intervalles, et 4) sauvegarder les fichiers de résultats si on le souhaite.

Toutes les simulations génèrent des cartes, des résultats statistiques et des données brutes.

- Il y a deux types de cartes : 1) montrant l'emplacement de chaque arbre sur la parcelle, et 2) montrant une vue en 3D des arbres sur la parcelle. À la fin d'une simulation, la carte d'ombres du dernier moment de la simulation est affichée, mais les résultats statistiques montrent des cartes par pas et par intervalles.
- Les résultats statistiques sur la quantité d'heures d'ombre dans toute la parcelle ou une partie, par pas et par intervalles, comprennent :
 - Statistiques descriptives à variable unique : minimum, maximum, moyenne, mode, médiane, asymétrie et kurtosis
 - Histogramme de fréquences, relatives et cumulées des heures d'ombre dans la parcelle.
- Il y a deux types de fichier: fichiers de résultats statistiques et fichiers de données brutes
 - Les résultats statistiques sont compilés dans un fichier qui peut avoir un format html, Excel et Json.
- Si l'utilisateur le demande avant d'exécuter la simulation (dans le menu Reportes, Rapports), il est également possible d'obtenir des fichiers texte sans format, dénommés « fichiers bruts », qui contiennent l'état de l'ombre dans chaque cellule pour chaque moment de la simulation

Le fichier de données statistiques comprend les tableaux suivants:

1. Tableau "Données Générales".
2. Tableau "Ombres par Pas ».
3. Tableau "Ombres par Intervalles ».
4. Tableau "Espèces".
5. Tableau "variation mensuelle de Croissance".
6. Tableau "variation du Feuillage "

En ce qui concerne la culture:

7. "Tableau de Croissance ".
8. Tableau "Variation mensuelle de la hauteur de la culture".

Explication concernant le contenu de chaque tableau

Tableau “Datos Generales, Données Générales”.

Ce tableau contient des informations générales sur la configuration initiale de la simulation.

Résumé		Propriétés Globales	
Date de Début:	2020-01-01	Version:	5.1.42
Date Finale:	2024-12-31	Latitude:	10
Heure de Début:	08:00	Pente de la parcelle:	0°
Heure Finales:	16:00	Orientation de la pente:	0°
Fréquence du mouvement solaire:	Chaque heure	Dimensions de la parcelle :	100 m × 100 m
Pas:	Annuel	Surface d’Échantillonnage:	10000 m ²
Intervalle:	Mensuel		

Figure 26. Tableau de Données Générales

Tableau “Sombras por Pasos, Ombres par Pas”.

Ce tableau montre les principales données statistiques associées aux heures d’ombre accumulées par pas : moyenne, écart type, minimum, maximum, médiane, mode, asymétrie et kurtosis. À l’extrême droit de la ligne de chaque pas, on peut observer deux mots en bleu-violet.

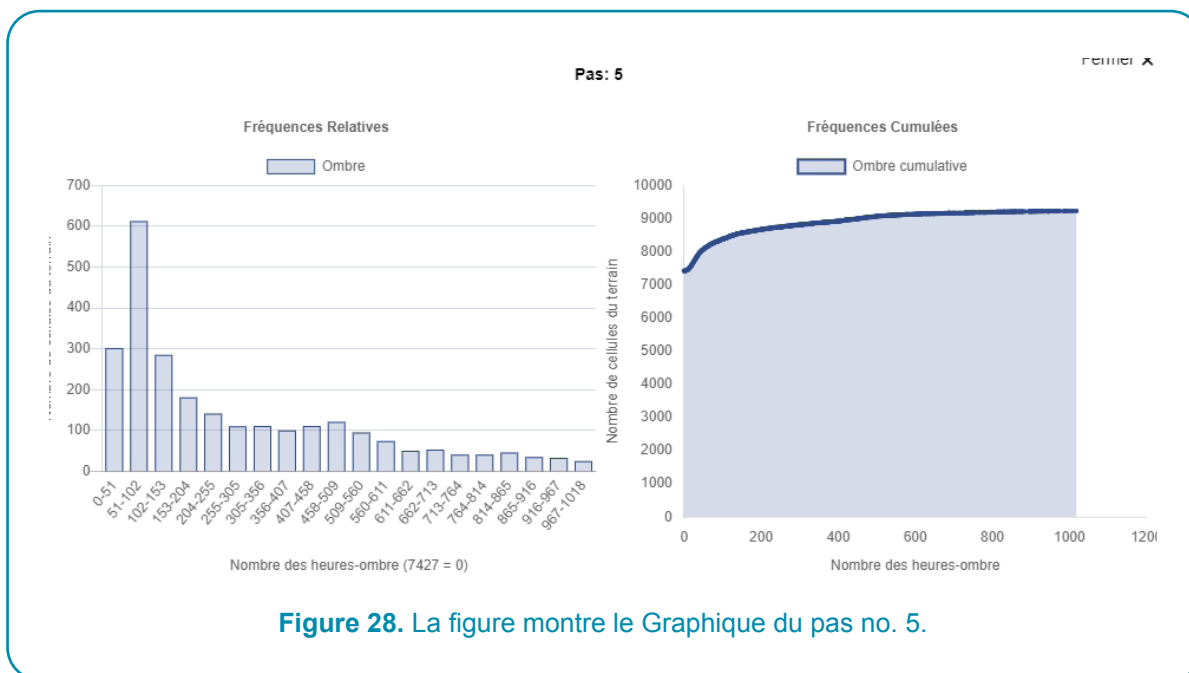
La Figure 27 montre les 5 pas qui composent la simulation.

Ombres par Pas

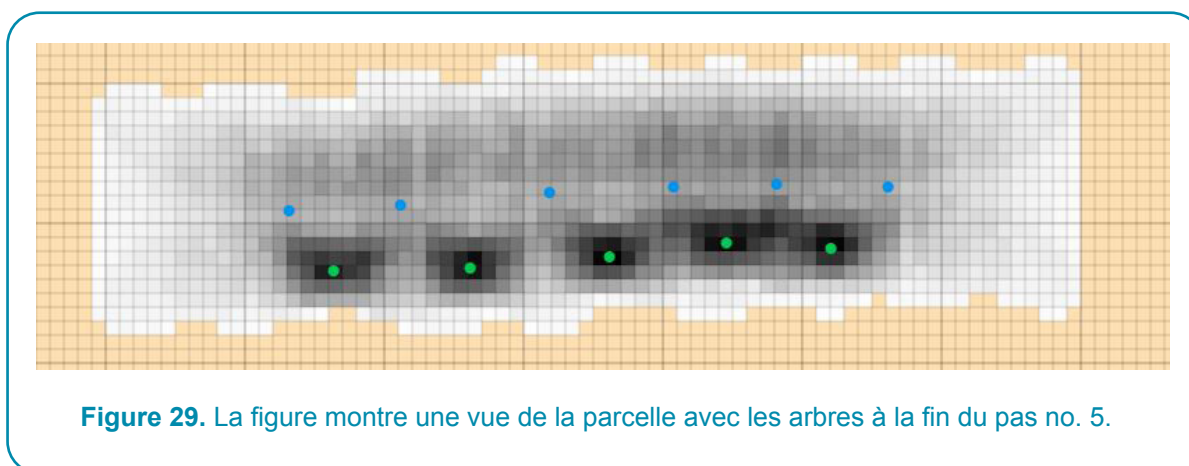
Pas	Moyenne	DE	Min	Max	Médiane	Mode	Asymétrie	Kurtosis	Fréquences Cumulées
1	7.94	43.93	0	863	0	0	9.95	130.89	Graphique SVG
2	26.38	119.75	0	1364	0	0	6.64	52.12	Graphique SVG
3	42.54	145.76	0	1038	0	0	3.94	15.49	Graphique SVG
4	62.11	184.15	0	1053	0	0	3.38	10.82	Graphique SVG
5	65.84	170.80	0	1018	0	0	3.12	9.65	Graphique SVG

Figure 27. Tableau par Pas.

En cliquant sur le mot « Graphique », la fenêtre affichera deux graphiques : un histogramme de fréquences relatives heures d’ombre versus nombre de cellules, et un graphique de distribution de fréquence cumulée avec ces deux variables pour chaque pas, comme le montre la figure 28.



Le terme « SVG » ouvre une carte d'ombrage en trois couches, montrant l'ombre sans les arbres, les arbres sans l'ombre et les arbres avec l'ombre, comme indiqué dans la figure 29:



Les cartes de la parcelle avec l'ombre et les arbres pour chaque pas, bien qu'elles ne montrent pas la valeur de l'ombre dans chaque cellule, constituent, cependant un guide visuel pour décider quand supprimer ou planter des arbres dans certaines parties de la parcelle.

Tableau “Ombre par Intervalles”

Ce tableau contient les mêmes statistiques descriptives que le tableau précédent pour chaque intervalle. Comme chaque étape peut être constituée de plusieurs intervalles, la taille de cette boîte peut être considérablement plus grande que celle des pas. Dans l'exemple, nous avons $5 \times 12 = 60$ intervalles. La figure montre les 12 intervalles (mensuels) de la première étape et les trois premiers intervalles de la deuxième étape.

Pas	Intervalle	Moyenne	DE	Min	Max	Médiane	Mode	Asymétrie	Kurtosis	Fréquences Cumulées
1	1	0.58	5.18	0	108	0	0	10.99	139.04	Graphique SVG
1	2	0.50	3.94	0	79	0	0	10.64	130.96	Graphique SVG
1	3	0.55	3.49	0	47	0	0	7.80	67.40	Graphique SVG
1	4	0.39	2.86	0	50	0	0	9.39	98.19	Graphique SVG
1	5	0.52	3.45	0	47	0	0	8.01	70.52	Graphique SVG
1	6	0.77	5.55	0	95	0	0	9.49	106.46	Graphique SVG
1	7	0.44	4.83	0	109	0	0	13.57	208.03	Graphique SVG
1	8	0.53	4.89	0	99	0	0	12.84	190.71	Graphique SVG
1	9	0.82	5.58	0	106	0	0	9.43	108.59	Graphique SVG
1	10	0.89	5.70	0	101	0	0	8.73	92.32	Graphique SVG
1	11	0.94	5.96	0	99	0	0	8.60	90.78	Graphique SVG
1	12	1.01	6.45	0	118	0	0	8.34	85.16	Graphique SVG
2	1	1.62	11.02	0	140	0	0	8.14	71.79	Graphique SVG
2	2	1.50	8.87	0	109	0	0	7.64	65.24	Graphique SVG
2	3	2.00	9.86	0	105	0	0	5.82	36.03	Graphique SVG

Figure 30. Partie du tableau par intervalles: chaque intervalle comprend un graphique et une figure SVG de la parcelle avec des arbres.

Le bloc représenté dans la figure 32 s'étend à droite et en bas jusqu'à ce qu'un total de 100 lignes et de 100 colonnes soit complété en dehors de la première ligne.

Il y a un bloc pour chaque moment de la simulation. Les blocs sont séparés par une ligne blanche et commencent par la date et l'heure du moment. Si l'utilisateur a peint une zone d'échantillonnage, le premier bloc aura 1 dans les positions qui correspondent à cette zone. Si aucune zone d'échantillonnage n'a été marquée, le programme suppose que la zone d'échantillonnage est égale à la parcelle entière (les 10.000 cellules si la parcelle est 100 x 100) et, dans ce cas, tous les premiers blocs n'auront que des zéros.

Les blocs suivants sont consacrés aux moments de la simulation : un bloc pour chaque moment. En utilisant comme exemple le cas du fichier «sans superposition cumulative », dans le bloc qui correspond à un moment donné il y aura des chiffres différents de zéro dans les positions des cellules qui ont reçu de l'ombre. Le chiffre dans cette position devrait être égal à la quantité d'ombre sans superposition que la cellule a reçu, y compris ce moment (dans le cas de « cumulatif »). Ce format permet de réduire la quantité de mémoire nécessaire pour stocker ces gros fichiers. L'exemple suivant, en miniature, va finir de clarifier la structure des fichiers bruts.

Exemple en miniature d'un fichier brut.

Supposons que nous faisons une simulation très petite, dans une parcelle de 10x10 (avec 100 cellules) et que nous peignons un échantillon de 3 cellules. Ce seront les seules cellules où le programme examinera s'il y a de l'ombre ou pas. Nous effectuons une simulation statique très courte : du 1er janvier 2020 de 10 h à midi (ce qui équivaut à 3 moments d'une heure chacun). Les moments sont définis par les heures 10, 11 et 12. La parcelle n'a que deux arbres très proches l'un de l'autre, afin de produire la superposition des ombres à un moment donné. Dans ces conditions le fichier brut, qui sera du type « superposition non cumulative », ressemblera à celui ci-dessous, où nous mettrons en évidence les cellules de la zone d'échantillonnage en gras :

10,10	2020-01-01T10:00:00	2020-01-01T11:00:00	2020-01-01T12:00:00
0,0,0,0,0,0,0,0,0,0	0,0,0,0,0,0,0,0,0,0	0,0,0,0,0,0,0,0,0,0	0,0,0,0,0,0,0,0,0,0
0,0,0,0,0,0,0,0,0,0	0,0,0,0,0,0,0,0,0,0	0,0,0,0,0,0,0,0,0,0	0,0,0,0,0,0,0,0,0,0
0,0,0,0,0,0,0,0,0,0	0,0,0,0,0,0,0,0,0,0	0,0,0,0,0,0,0,0,0,0	0,0,0,0,0,0,0,0,0,0
0,0,0,0,0,0,0,0,0,0	0,0,0,0,0,0,0,0,0,0	0,0,0,0,0,0,0,0,0,0	0,0,0,0,0,0,0,0,0,0
0,0,0, 1,1,1 ,0,0,0,0	0,0,0, 0,1,2 ,0,0,0,0	0,0,0, 0,0,1 ,0,0,0,0	0,0,0, 0,0,0 ,0,0,0,0
0,0,0,0,0,0,0,0,0,0	0,0,0,0,0,0,0,0,0,0	0,0,0,0,0,0,0,0,0,0	0,0,0,0,0,0,0,0,0,0
0,0,0,0,0,0,0,0,0,0	0,0,0,0,0,0,0,0,0,0	0,0,0,0,0,0,0,0,0,0	0,0,0,0,0,0,0,0,0,0
0,0,0,0,0,0,0,0,0,0	0,0,0,0,0,0,0,0,0,0	0,0,0,0,0,0,0,0,0,0	0,0,0,0,0,0,0,0,0,0
0,0,0,0,0,0,0,0,0,0	0,0,0,0,0,0,0,0,0,0	0,0,0,0,0,0,0,0,0,0	0,0,0,0,0,0,0,0,0,0
0,0,0,0,0,0,0,0,0,0	0,0,0,0,0,0,0,0,0,0	0,0,0,0,0,0,0,0,0,0	0,0,0,0,0,0,0,0,0,0
0,0,0,0,0,0,0,0,0,0	0,0,0,0,0,0,0,0,0,0	0,0,0,0,0,0,0,0,0,0	0,0,0,0,0,0,0,0,0,0
0,0,0,0,0,0,0,0,0,0	0,0,0,0,0,0,0,0,0,0	0,0,0,0,0,0,0,0,0,0	0,0,0,0,0,0,0,0,0,0

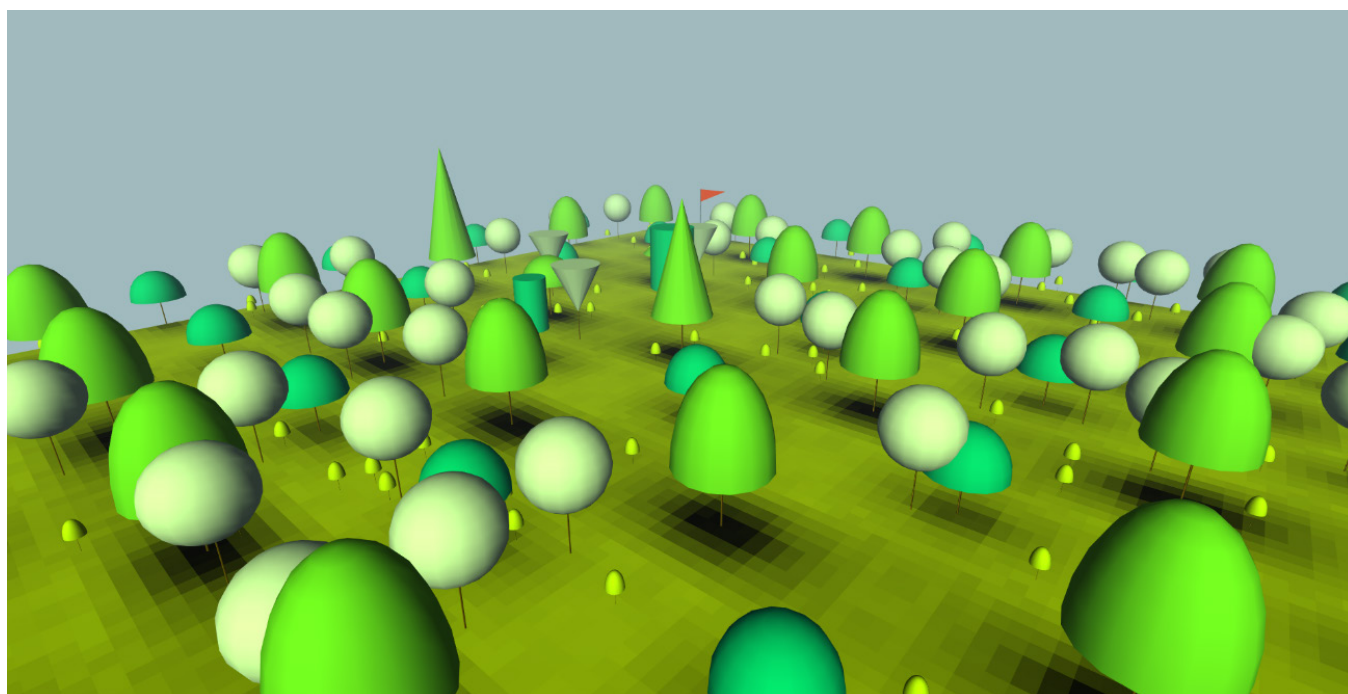
Figure 33. Bloc du fichier brut "Superpositions non cumulatives".

On peut voir que le fichier comporte 4 blocs : le premier bloc décrit la forme de la parcelle et l'emplacement de la zone d'échantillonnage, et les blocs restants décrivent l'ombre dans les trois moments de la simulation. Dans le premier bloc, la première ligne indique les dimensions de la parcelle, les blocs restants de la première ligne indiquent la date et l'heure du moment auquel le bloc correspond. La zone d'échantillonnage est marquée dans le premier bloc et elle est constituée par les positions marquées de 1. Si l'utilisateur ne marque pas une zone d'échantillonnage, alors le premier bloc n'aura que 0, mais la zone d'échantillonnage sera considérée comme la parcelle entière. Dans cet exemple, nous pouvons voir que la zone d'échantillonnage n'a que 3 cellules. À partir du deuxième bloc, nous avons les « blocs d'ombre ». Il y aura un bloc d'ombre pour chaque moment de la simulation, qui, dans cet exemple miniature, a trois moments. La première ligne de chaque bloc d'ombre indique la date et l'heure du moment. Le premier bloc d'ombre (deuxième bloc du fichier), qui correspond à l'heure 10, montre qu'il y avait de l'ombre dans deux des trois cellules de la zone d'échantillonnage. La présence d'un 2 dans l'une des cellules montre qu'il y a eu superposition de l'ombre projetée par deux arbres. Le bloc suivant, qui correspond à 11 h, montre une réduction de l'ombre par rapport à l'heure précédente

Note concernant l'aspect des fichiers bruts. Les fichiers bruts sont des fichiers texte sans format et, en fonction du processeur de texte utilisé pour les ouvrir et de la configuration de l'ordinateur (ou du système opératif), parfois ils ne sont pas affichés en blocs, mais comme une ligne longue. Cela peut être corrigé en changeant la configuration du processeur de texte ou en changeant le processeur. Les processeurs de texte destinés à la programmation, comme Brackets, affichent généralement le fichier en blocs et ajoutent même une colonne à gauche de chaque bloc pour numéroter les lignes. Cette colonne peut être utilisée comme référence pour les programmeurs et n'est pas considérée comme faisant partie du fichier.

Remerciements

Le développement du logiciel ShadeMotion est un projet à long terme qui n'a été possible que grâce à l'appui soutenu du CATIE et de plusieurs donateurs et projets. La transition des simulations statiques dans la version 3 vers des simulations dynamiques dans ShadeMotion 4.0 avec le parrainage du Consortium de Recherche sur Forests, Trees and Agroforestry (FTA) du CGIAR et le projet EC-CEDS II (Enhancing Capacity for Low Emissions Development Strategies) du CATIE/USDA était particulièrement pertinent pour ShadeMotion. La progression vers la version 5 a apporté un changement fondamental dans le langage et dans le code de programmation qui a permis une réduction drastique de la durée des simulations et, par conséquent, la possibilité d'utiliser le logiciel dans des ateliers avec des producteurs dans des écoles de terrain. Le développement de la présente version 5.1.41 a été réalisé grâce au soutien du programme de recherche du groupe consultatif pour la recherche agricole internationale (CGIAR) sur les forêts, les arbres et l'agroforesterie (FTA)..



CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza) est un centre régional dédié à la recherche et à l'enseignement universitaires en agriculture, gestion, conservation et utilisation durable des ressources naturelles. Ses membres sont le Belize, la Bolivie, la Colombie, la Costa Rica, le Salvador, le Guatemala, le Honduras, le Mexique, le Nicaragua, le Panama, le Paraguay, la République dominicaine, le Venezuela et l'Institut interaméricain de Coopération pour l'agriculture (IICA)



Solutions for environment and development
Soluciones para el ambiente y desarrollo

Siège social, CATIE
Cartago, Turrialba, 30501
Costa Rica
Tel. + (506) 2558-2000

ISBN: 978-9977-57-723-4



9 789977 577234