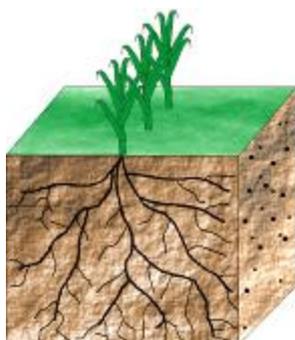


RACINE2.1: Application de gestion de données racinaires obtenues à partir de comptages sur profils de sol. Version 2.1 (2014)
Notice d'utilisation

Chopart JL, Le Mézo L, Lindemann J, Mézino M, Sergent G



Janvier 2015

Auteur de correspondance : JL Chopart chopart@cirad.fr

AVERTISSEMENT

Ce document est directement issu de l'aide contextuelle intégrée dans l'application. On peut accéder très facilement à cette aide en cours d'utilisation de RACINE2. Une première version (2.0) a été élaborée en 2008 (Chopart Le Mézo, Mézino 2008, 2009) dans et pour un environnement Windows XP. Depuis, les versions successives de Windows ont d'abord généré des inconvénients (avec Windows7) puis des incompatibilités (Windows 8). Il a donc été décidé de réaliser une version actualisée de RACINE2 capable de fonctionner dans les nouveaux systèmes d'exploitation Windows. Pour cela, on a utilisé l'outil Microsoft Excel (dont des macros).

La présentation de RACINE2.1 est donc différente de celle de RACINE2.0. Toutefois, toutes les principales fonctionnalités sont présentes hormis les synthèses et la création de cartes de données racinaires.

Cette notice d'utilisation ne contient pas de justifications scientifiques. D'autres documents donnent ces informations sur l'approche scientifique (Chopart 1999, 2002, 2004). En particulier les modèles d'estimation de la longueur des racines (RLD) à partir des comptages d'impacts sur les profils de sol et introduits dans RACINE2 ont aussi été publiés par ailleurs, pour le maïs (Chopart et Siband 1999), la canne à sucre (Chopart et al. 2008), le sorgho (Chopart et al 2008), le riz pluvial (Dusserre et al 2009), les racines fines d'eucalyptus (Maurice et al. 2010) et l'ananas (en cours de soumission).

Racine 2.1 a été élaboré en français. Une version en anglais est disponible.

Le logiciel peut être envoyé, sur demande à Jean-Louis Chopart (Chopart@cirad.fr), dans le cadre de collaborations scientifiques.

1 Principes de base et prérequis

RACINE2.1 est une application de traitement de données racinaires fondée sur des comptages, sur le terrain, d'impacts de racines au travers d'une grille placée sur un profil de sol. Cette méthode permet de mesurer les intersections entre un plan représenté par ce profil de sol et les racines. Elle donne accès à la densité des impacts et à leur répartition spatiale (gradients, hétérogénéités). Puis, par modélisation, on peut estimer différentes caractéristiques du système racinaire (longueur racinaire, écart entre racines, taux d'exploration et leur répartition spatiale).

La présentation plus détaillée des principes scientifiques de cette démarche est donnée par ailleurs (Chopart, 1996, 1999, 2002, 2004 ; Chopart et al. 2008). Les limites et les choix informatiques sont détaillés dans le paragraphe 9.

Pour une utilisation optimale de l'outil, il faut au préalable disposer de données de terrain : (i) des comptages spatialisés de racines sur un profil de sol plan, suivant une méthode permettant de quantifier des intersections entre un plan (profil de sol) et des racines (Chopart 2002, 2004, Chopart et al. 2008), et (ii) d'informations permettant d'identifier ce profil (nom de l'essai, traitement, répétition, date de mesure etc.). Cette application a été élaborée avec Excel (Microsoft EXCEL 2010)

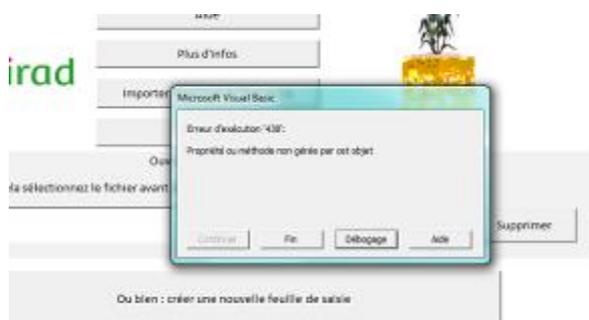
2 Démarrage

Pour démarrer RACINE2.1, double-cliquer sur l'icône de l'application RACINE2.1.

Avant propos

Si au premier démarrage du logiciel Racine2.1 le message d'erreur Erreur d'exécution '438' apparaît il faut suivre les instructions ci-dessous.

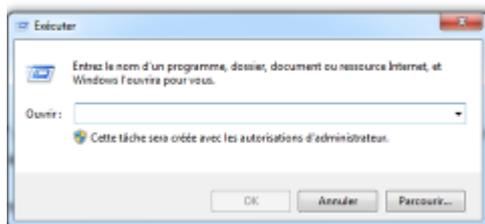
Ce message d'erreur est apparu après la finalisation de l'application et suite à une mise à jour Office datant du 11 décembre 2014 qui introduit une sécurité qui empêche depuis l'ouverture de tout classeur ou utilisation de Visual Basic



Une solution temporaire a été mise en ligne en attendant une nouvelle mise à jour visant à résoudre ce problème par Microsoft.

Pour cela :

- Fermer Excel
- Ouvrir la fenêtre "Exécuter" via le menu Démarrer > Tous les programmes > Accessoires > Exécuter ou avec la combinaison de touches Windows + R



- Entrer une par une les commandes suivantes et les valider en appuyant sur la touche Entrée ceci afin d'ouvrir des dossiers spécifiques :

%temp%\vbe

%temp%\word8.0

%temp%\excel8.0

%appdata%\microsoft\forms

Chaque validation ouvre un dossier et dans chaque dossier ouvert, il faut supprimer (touche suppress) les fichiers ayant une extension *.exd*

Ceci n'est à activer qu'à la première ouverture de RACINE2.1 sur un poste de travail. Pour les utilisations ultérieures cette procédure devient donc inutile.

21 Premier démarrage

Au premier démarrage de RACINE2.1, l'affichage de la page d'accueil contient un avertissement « *Mode protégé* » (Figure 1)



Racine 2.1

Figure 1. Page d'accueil avec en haut l'avertissement « *Mode protégé* » affiché lors du premier démarrage.

Il faut cliquer sur le bouton en haut dans la partie jaune « Activer la modification » (Figure 1), puis, toujours dans le même cadre jaune, cliquer sur : « *Activer le contenu* » (Figure 2)



Figure 2. Page d'accueil lors du premier démarrage avec l'avertissement « *Activer le contenu* ».

Cette procédure n'est nécessaire que lors de la première utilisation. Le logiciel est alors fonctionnel et on a une page d'accueil avec des boutons fonctionnels (Figure 3).



Figure 3. Page d'accueil lors du premier démarrage après avoir activé le contenu ou en affichage direct lors des ouvertures suivantes.

22 Démarrages suivants

La page d'accueil (Figure 3) s'ouvre automatiquement en double-cliquant sur l'icône de l'application RACINE2.1. Elle présente succinctement le logiciel. Elle contient aussi plusieurs boutons, en particulier :

- *Importer un export de Racine.2.1* : permet des échanges entre utilisateurs (voir paragraphe 5 *Quitter* (voir paragraphe 8)
- *Ouvrir* ou *Supprimer un fichier existant* (voir paragraphe 7 pour la fonction supprimer)
- *Créer une nouvelle feuille de saisie* (nouveau fichier)

Depuis la page d'accueil, il est donc possible d'ouvrir une feuille de saisie des cartes de racines existantes ou d'en créer une nouvelle. Les deux possibilités sont détaillées ci-dessous.

23 Création d'une nouvelle feuille de saisie (dossier)

Pour créer une nouvelle feuille de saisie cliquez sur le bouton "Ou bien : créer une nouvelle feuille de saisie" situé en bas de page d'accueil. Une nouvelle fenêtre intitulée "Entrez le titre de la saisie" apparaît alors (Figure 4).

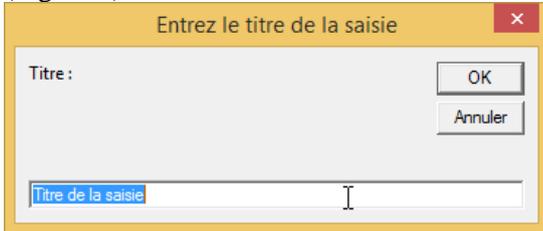


Figure 4. Vue partielle de la page de création d'une feuille de saisie (fichier) avec la saisie du titre.

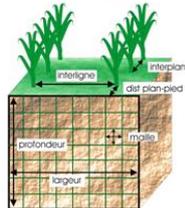
Entrez le titre du fichier en utilisant uniquement des caractères alphanumériques, des espaces et des points (pas de chiffres). Cliquez ensuite sur "OK" pour créer la feuille de saisie (fichier). L'outil se positionne alors automatiquement dans l'onglet « Saisie » avec une page d'initialisation des tableaux (Figure 5).

Pour créer ces tableaux, il faut fournir les informations permettant, en particulier, de dimensionner les tableaux de saisie (pour faciliter la compréhension de la procédure, le tableau est pré-rempli ; il est facile de modifier les valeurs) :

- *Largeur et profondeur* : introduire la largeur et la profondeur du profil de sol mesuré
- *Maille* : introduire la longueur des côtés de la maille (carrée) en cm
- *Répétitions* : introduire le nombre de profils identiques mesurés
- *Date de plantation et date de mesure* : écrire suivant le format de l'exemple (JJ/MM/AA) (informations utiles pour l'analyse des données).

Saisie de: roujol

largeur (cm)	30
profondeur (cm)	20
Mailles (cm)	5
Répétitions	4
Date de plantation	12/08/14
Date de mesure	12/09/14



Initialiser les tableaux

Enregistrer les saisies



Figure 5. Page de création des tableaux de saisie des comptages de racines. Agrandissement des deux parties: en haut saisie des caractéristiques du dossier et boutons d'enregistrement et d'initialisation des tableaux ; en bas : bas de la page avec les différents onglets.



La largeur et la profondeur du profil doivent être des multiples de la maille.
La date de début de cycle doit être antérieure à la date de la mesure.

Quand ces informations de base sont saisies, il faut cliquer sur « Enregistrer les saisies », puis sur « Initialiser les tableaux ». Ceci a pour effet de créer une page avec des tableaux de saisie vides (Figure 6) configurés en fonction des informations fournies.

Saisie de: exemple

largeur (cm)	30
profondeur (cm)	20
Mailles (cm)	5
Répétitions	4
Date de plantation	12/08/14
Date de mesure	12/09/14

Ajouter une répétition

Supprimer une répétition

Enregistrer les saisies

Répétition N°1, Racines fines

	2.5	7.5	12.5	17.5	22.5	27.5
2.5						
7.5						
12.5						
17.5						

Répétition N°1, Racines grosses

	2.5	7.5	12.5	17.5	22.5	27.5
2.5						
7.5						
12.5						
17.5						

Répétition N°1, toutes les racines

	2.5	7.5	12.5	17.5	22.5	27.5
2.5						
7.5						
12.5						
17.5						

Répétition N°2, Racines fines

	2.5	7.5	12.5	17.5	22.5	27.5
2.5						
7.5						
12.5						
17.5						

Répétition N°2, Racines grosses

	2.5	7.5	12.5	17.5	22.5	27.5
2.5						
7.5						
12.5						
17.5						

Répétition N°2, toutes les racines

	2.5	7.5	12.5	17.5	22.5	27.5
2.5						
7.5						
12.5						
17.5						

Répétition N°3, Racines fines

	2.5	7.5	12.5	17.5	22.5	27.5
2.5						
7.5						
12.5						
17.5						

Répétition N°3, Racines grosses

	2.5	7.5	12.5	17.5	22.5	27.5
2.5						
7.5						
12.5						
17.5						

Répétition N°3, toutes les racines

	2.5	7.5	12.5	17.5	22.5	27.5
2.5						
7.5						
12.5						
17.5						

Figure 6. Page de saisie apparaissant après avoir créé les tableaux (Figure 5)

Il y a trois tableaux par répétition, un par type de racines : fines, grosses, toutes les racines (Figure 6). Si on ne dispose de données de base que pour une seule catégorie de racines, on ne remplit qu'un seul tableau, le tableau « *toutes les racines* » par exemple. Il y a autant de séries de trois tableaux que de répétitions. Chaque maille est localisée dans le profil (position horizontale et verticale).

La position zéro est la première mesure située à gauche et la plus près de la surface. Par exemple le « 2.5 » de la première colonne (Figure 6) correspond à la première maille mesurée avec une maille de 5 cm (2.5 étant le centre de la maille). De même, le « 2.5 » de la première ligne correspond au centre de la première maille de la première profondeur.



Les répétitions ont toutes les mêmes caractéristiques (largeur, profondeur, taille de maille, date de plantation et de mesure). Si tel n'est pas le cas, elles ne peuvent plus être considérées comme des répétitions dans un même fichier et doivent figurer dans des fichiers distincts.

La profondeur est celle de la dernière rangée de mailles examinées.

S'il existe des mailles ne présentant pas de racine il n'est pas nécessaire de saisir 0 pour le signifier.

24 Travail sur un fichier existant

Dans la page d'accueil, utiliser le cadre « *Ouvrir ou supprimer un fichier existant* ».

Pour sélectionner un fichier existant dans RACINE2.1, il faut donc cliquer sur (Figure 7), puis :

- Cliquer sur le nom du fichier désiré (Figure 7)
- Cliquer sur le bouton « *Ouvrir* ».

Le fichier, avec les tableaux de nombre d'impacts (NI) déjà saisis apparaît alors (Figure 8).



Figure 7. Page d'accueil avec la liste des fichiers existants affichés après avoir cliqué sur : « Ouvrir un fichier existant », puis cliquer sur : afin d'afficher la liste déroulante comportant les fichiers disponibles.

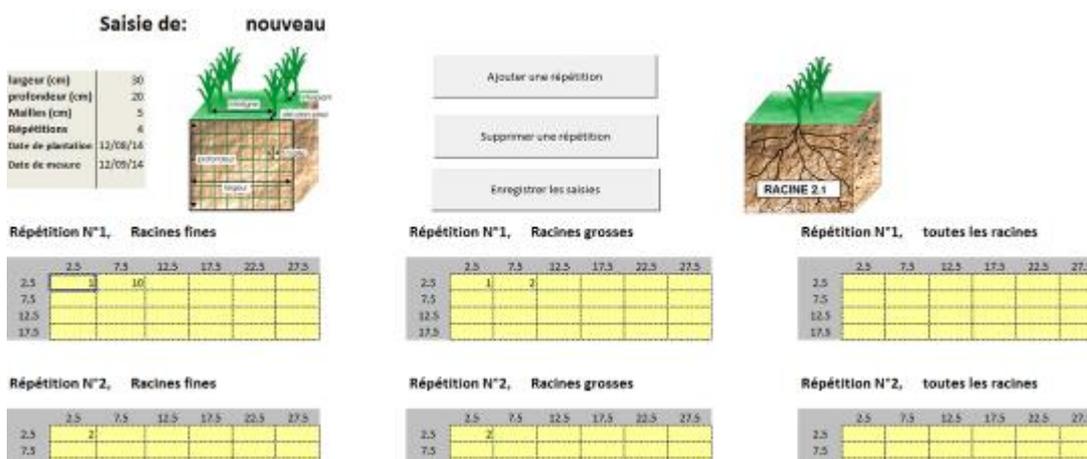


Figure 8. Page de saisie apparaissant après avoir sélectionné un fichier existant avec des saisies déjà faites mais modifiables.

Sur la page de saisie du nombre d'impacts, il est possible de :

- Modifier les valeurs directement dans les tableaux racines fines et grosses (voir paragraphe 3 saisie du nombre d'impacts)
- Supprimer une répétition (la dernière) ou en ajouter une, en cliquant sur le bouton correspondant (Figure 8).

3 Saisie ou importation du nombre d'impacts (NI)

31 Saisie directe des NI

Quand les tableaux d'un fichier ont été créés (ou modifiés ou importés), il s'agit de remplir ces tableaux avec les données de base issues du terrain (NI, nombre d'impacts). La saisie des nombres d'impacts se fait manuellement, dans l'onglet « Saisie ». Il est toujours possible de modifier les valeurs saisies.

Si on saisit les racines fines puis les racines grosses, il est facile de remplir ensuite, automatiquement, le tableau *toutes les racines* par la procédure copie, puis collage spécial (avec opération : addition). La même procédure s'applique aussi quand on modifie les valeurs d'un tableau existant de racines fines ou grosses.

Il est conseillé de cliquer régulièrement sur « Enregistrer les saisies » afin d'éviter de perdre les données (Figure 9).

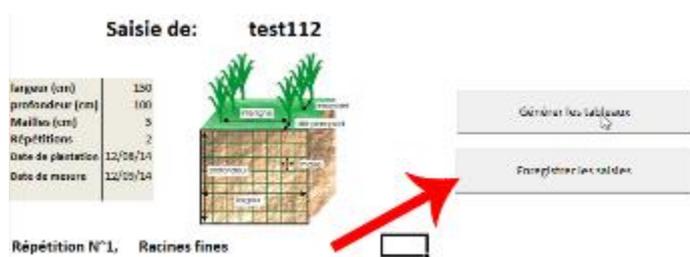


Figure 9. Enregistrement des saisies des NI (nombre d'impacts).

32 Importations de données de base (NI)

En plus de la procédure de saisie manuelle des données de NI issues du terrain, il est possible d'importer des données à partir d'un tableur. L'intérêt est :

- De permettre des échanges de données de base entre utilisateurs de RACINE2.1
- De refaire des calculs sur des valeurs transformées (sur des moyennes par exemple)

Il existe deux procédures (a et b) pour importer des données de base.

a) Fichiers issus de l'exportation par la procédure contenue dans RACINE2.1 (partie 5).

Dans ce cas il faut activer le bouton « Importer un export de RACINE2.1 » de la page d'accueil (Figure 7) et suivre la procédure, c'est à dire aller chercher le fichier concerné et l'importer dans RACINE2.1.

L'importation des données se fait alors automatiquement dans des tableaux adaptés avec les informations connexes et avec un nom mentionnant qu'il s'agit d'une importation d'un fichier issu de RACINE2.1.

b) Tableaux créés en dehors de RACINE2.1



Pour que le nouveau fichier apparaisse, il faut fermer RACINE2.1 puis le rouvrir.

Les données à importer dans RACINE2.1 peuvent être sous forme de tableaux correspondant à des saisies sur tableur (réalisées au bureau ou au champ), ou de données issues de la version précédente de RACINE (RACINE2.0) exportées sur Microsoft Excel.

Dans ce cas, il faut recréer, dans RACINE2.1, un fichier conduisant aux mêmes tableaux de NI que ceux que l'on va importer (même largeur, même profondeur maximale, même maille). Il est alors facile de remplir ces tableaux par la procédure copier-coller (copier/coller spécial : "coller les valeurs"). Il faut toutefois vérifier que les valeurs sont introduites dans les bonnes cellules.

Il est possible de saisir ou d'importer des valeurs décimales de NI. Les valeurs décimales peuvent, en particulier être des moyennes issues de calcul dans un tableur. Les séparateurs de décimales pour les valeurs importées sont de préférence des points. Mais des virgules sont aussi acceptées. En revanche, les résultats des calculs ont toujours le point comme séparateur décimal.

4 Calculs des LVR, EMR et TE

Après avoir entré le nombre d'impacts par maille (NI), il s'agit de faire des calculs à partir de ces NI. Grâce à des équations adaptées, il est possible de calculer, pour chaque donnée de base et pour chaque maille :

- La longueur des racines en cm par unité de volume de sol (LVR cm/cm^3)
- La distance moyenne entre les racines (EMR) en cm
- La fraction du volume de sol potentiellement utile pour l'alimentation de la plante par rapport au volume total ou taux d'exploration (TE compris entre 0 et 1)



Ces trois calculs doivent se faire successivement car, pour calculer les EMR, il faut disposer des valeurs de LVR et pour calculer les TE, il faut disposer des valeurs d'EMR.

Des informations plus précises sur le contenu scientifique de ces modèles sont disponibles par ailleurs :

- Pour la densité de longueur racinaire (LVR) : Chopart (1999, 2004), Chopart and Siband (1999) Chopart et al. 2008, 2009, Dusserre 2009
- Pour les écarts moyens racinaires (EMR): Newman (1996), cité par Chopart (1999 et 2004)
- Pour le taux d'exploration racinaire (TE) : Chopart (2004, Chopart et al. 2012), Leifi et al. 2011)

41 Calcul des LVR

On se positionne d'abord sur l'onglet *LVR* en bas du classeur (Figure 10). Il apparaît alors une page avec, dans sa partie basse, des tableaux de LVR vides (Figure 11) et dans sa partie haute les listes déroulantes permettant de sélectionner les modèles de calcul de la LVR à partir des NI (Figures 11 et 12).

Répétition N°3, Racines fines						Répétition N°:	
	2.5	7.5	12.5	17.5	22.5	27.5	2.5
2.5							
7.5							
12.5							
17.5							



Figure 10. Position de l'onglet LVR en bas de page et des onglets EMR et TE.

Longueur Volumique Racinaire en cm/cm^3

LAI (facultatif):

Modèle pour les racines fines: Sélectionnez un modèle

Modèle pour les racines grosses: Sélectionnez un modèle

Modèle pour toutes les racines: Sélectionnez un modèle

Répétition N°1, Racines fines						Répétition N°1, Racines grosses						Répétition N°1, toutes les racines											
	0	2.5	7.5	12.5	17.5	22.5	27.5		0	2.5	7.5	12.5	17.5	22.5	27.5		0	2.5	7.5	12.5	17.5	22.5	27.5
2.5																							
7.5																							
12.5																							
17.5																							

Figure 11. Page de calcul des LVR (Longueur Volumique Racinaire). Vue générale avant l'activation du bouton « Calculer la LVR ».

Dans les menus déroulants « Sélectionner un modèle », il faut choisir, parmi les modèles disponibles, celui adapté pour le calcul de la LVR des trois types de racines. La liste des modèles disponibles apparaît en cliquant sur



Dans le modèle « *Eucalyptus* », on a besoin de la LAI (*Leaf Area Index*). Il faut alors entrer la valeur du LAI dans la case à gauche de la page. Pour tous les autres modèles, il n'est pas utile de renseigner cette case.

On choisit successivement les modèles pour les trois types de racines (si, pour un type de racines il n'y a pas eu de comptages, il est inutile de choisir un modèle).

Quand les modèles sont choisis, il faut alors cliquer sur le bouton « *Calculer la LVR* ».

Les valeurs de LVR sont alors calculées maille par maille et remplissent automatiquement les tableaux.

Longueur Volumique Racinaire en cm/cm³

LAI (facultatif):

Modèle pour les racines fines:

Modèle pour les racines grosses:

Modèle pour toutes les racines:

Répétition N°1, Racines fines						
0	2.5	7.5	12.5	17.5	22.5	27.5
2.5						
7.5						
12.5						
17.5						
22.5						
27.5						

Répétition N°1, Racines grosses						
0	2.5	7.5	12.5	17.5	22.5	27.5
2.5						
7.5						
12.5						
17.5						
22.5						
27.5						

Répétiti
0
2.5
7.5
12.5
17.5

Figure 12. Agrandissement de la Figure 11, avec les boutons permettant de sélectionner les modèles de calcul des LVR pour les trois types de racines du dossier.



Si le calcul n'a pas été fait pour un type de racines, les tableaux vont se remplir de 0 ; il faut mémoriser que cela correspond à une absence de calcul et non à une absence de racines. Ces tableaux inutiles seront détruits après exportation (paragraphe 5).

42 Calcul des EMR

Pour calculer les distances moyennes entre les racines (EMR), il faut cliquer sur l'onglet *EMR* (Figure 10), pour afficher la page *EMR* (Figure 13) dont la configuration est très proche de celle des LVR (Figure 11). On procède de même manière que pour le calcul des LVR (paragraphe 41), mais la procédure est plus simple car il n'y a qu'un seul modèle disponible. Il suffit donc de cliquer sur « *Calculer l'EMR* » (Figure 13) pour enclencher la procédure de calcul et afficher les résultats dans les tableaux (distances entre racines en cm).

Ecarts Moyens entre Racines en cm [EMR]

Modèle EMR:



Répétition N°1, Racines fines						
0	2.5	7.5	12.5	17.5	22.5	27.5
2.5						
7.5						
12.5						
17.5						
22.5						
27.5						

Répétition N°1, Racines grosses						
0	2.5	7.5	12.5	17.5	22.5	27.5
2.5						
7.5						
12.5						
17.5						
22.5						
27.5						

Figure 13. Page de calcul des EMR. Vue partielle avant l'activation du bouton « *Calculer l'EMR* »

Lorsqu'il n'y a pas de racine (LVR =0) le tableau affiche « INF » ce qui veut dire que la distance entre racines est (théoriquement) infinie.

On rappelle qu'il n'est pas possible de calculer le TE sans avoir d'abord calculé l'EMR ni de calculer l'EMR sans avoir calculé la LVR. L'ordre de calcul (LVR→EMR→TE) est donc à respecter.

43 Calcul des TE

Pour calculer le taux d'exploration racinaire (TE), après avoir calculé les EMR, il faut cliquer sur l'onglet *TE* en bas du classeur (Figure 10). Il n'y a qu'un seul modèle (comme pour les EMR). En revanche, avant de cliquer sur « *Calculer le TE* » il est nécessaire de remplir la case : « *Rayon d'action, cm* ».

Ce rayon d'action correspond à la distance maximale de déplacement de l'eau ou d'un élément nutritif du sol vers la racine (Chopart et al. 2012). Après avoir renseigné cette information, cliquer sur "*Calculer le TE*" afin d'enclencher la procédure de calcul puis l'affichage automatique des résultats de taux d'exploration racinaire dans les tableaux. Les valeurs sont comprises entre 0 (pas de sol utile) et 1 (le sol est utile à 100 %).

5 Exportation des résultats de calculs

Les valeurs des données de base (NI) saisies sont sauvegardées dans RACINE 2.1 dès qu'elles ont été enregistrées. En revanche, les résultats de calculs de LVR, EMR et TE ne sont pas sauvegardés dans RACINE2.1. Ils sont perdus dès que l'on ferme RACINE2.1. Il faut donc les exporter avant de quitter RACINE2.1.

L'onglet « Export » (Figure 10) permet d'exporter les saisies et les résultats de calcul au format Excel. Quand on clique sur l'onglet « Export », une page s'affiche (Figure 14) qui permet de lancer la procédure d'exportation en cliquant sur « Exporter »

Cliquez sur le bouton ci-dessous afin d'exporter des saisies et des résultats de calculs sous format Excel



Figure 14. Page d'exportation des saisies de NI et des résultats des calculs.

Il est alors demandé de préciser l'endroit où va être stocké le fichier et le nom de sauvegarde. Le fichier va être sauvegardé au format *.xlsx. Il ne reste plus qu'à vérifier que le fichier figure bien au bon endroit et qu'il contient bien tous tableaux avec les valeurs de NI, LVR, EMR et TE dans des onglets séparés comme dans RACINE2.1 (Figure 15). Dans ces tableaux, figurent aussi les modèles utilisés pour les calculs (dans l'onglet « Formules » pour LVR).

Longueur Volumique Racinaire en cm/cm^3

Les formules correspondantes aux modèles sont trouvables dans l'onglet 'Formules'.

Modèle pour les racines fines: CAS_fine
 Modèle pour les racines grosses: CAS_grosse
 Modèle pour toutes les racines: Sélectionnez un modèle

LAH (facultatif):

Répétition N°1, Racines fines								Répétition N°1, Racines grosses								Répétition N°1, tout	
	2.5	7.5	12.5	17.5	22.5	27.5		0	2.5	7.5	12.5	17.5	22.5	27.5		2.5	
2.5	0.0796	0.7968	0	0	0	0	0	2.5	2.7918	4.1796	0	0	0	0	2.5	0	
7.5	0	0	0	0	0	0	0	7.5	0	0	0	0	0	0	7.5	0	
12.5	0	0	0	0	0	0	0	12.5	0	0	0	0	0	0	12.5	0	
17.5	0	0	0	0	0	0	0	17.5	0	0	0	0	0	0	17.5	0	

Répétition N°2, Racines fines								Répétition N°2, Racines grosses								Répétition N°2, tout	
	2.5	7.5	12.5	17.5	22.5	27.5		0	2.5	7.5	12.5	17.5	22.5	27.5		2.5	
2.5	0.1599	0	0	0	0	0	0	2.5	4.1796	0	0	0	0	0	2.5	0	
7.5	0	0	0	0	0	0	0	7.5	0	0	0	0	0	0	7.5	0	
12.5	0	0	0	0	0	0	0	12.5	0	0	0	0	0	0	12.5	0	
17.5	0	0	0	0	0	0	0	17.5	0	0	0	0	0	0	17.5	0	

Répétition N°3, Racines fines								Répétition N°3, Racines grosses								Répétition N°3, tout	
	2.5	7.5	12.5	17.5	22.5	27.5		0	2.5	7.5	12.5	17.5	22.5	27.5		2.5	
2.5	0	0	0	0	0	0	0	2.5	0	0	0	0	0	0	2.5	0	
7.5	0	0	0	0	0	0	0	7.5	0	0	0	0	0	0	7.5	0	
12.5	0	0	0	0	0	0	0	12.5	0	0	0	0	0	0	12.5	0	
17.5	0	0	0	0	0	0	0	17.5	0	0	0	0	0	0	17.5	0	

Répétition N°4, Racines fines								Répétition N°4, Racines grosses								Répétition N°4, tout	
	2.5	7.5	12.5	17.5	22.5	27.5		0	2.5	7.5	12.5	17.5	22.5	27.5		2.5	
2.5	0	0	0	0	0	0	0	2.5	0	0	0	0	0	0	2.5	0	
7.5	0	0	0	0	0	0	0	7.5	0	0	0	0	0	0	7.5	0	
12.5	0	0	0	0	0	0	0	12.5	0	0	0	0	0	0	12.5	0	
17.5	0	0	0	0	0	0	0	17.5	0	0	0	0	0	0	17.5	0	

Figure 15. Tableau des résultats de LVR dans Microsoft Excel après exportation.

A partir de ces tableaux, maintenant sous format Excel conventionnel, il est possible de procéder à des mises en forme des données (moyennes, calculs statistiques, création de graphiques).



Il peut y avoir des tableaux avec des LVR nulles, ceci non parce qu'il n'y a pas de racines, mais parce que les comptages ou les calculs n'ont pas été faits. Il faut donc supprimer ces tableaux inutiles.

6 Modèles de calcul

Un onglet « *Formules* » est situé en bas à droite de la barre d'onglets, il est divisé en 3 parties :

Dans cet onglet sont affichés les modèles de calcul de longueur ecarts entre racines et taux d'exploration.

En haut il y a les modèles de calcul de la longueur (LRV cm /cm³), au milieu le calcul des EMR (écarts moyens entre racines et en bas le calcul du TE (taux d'exploration).

Pour chaque trait racinaire, il y a un tableau en deux colonnes : nom donné au modèle et formule de calcul (Figure 16).

La page est séparée en 2 parties :

- Partie gauche avec le nom du modèle (par ex CAS fines pour : racines fines de canne à sucre)
- Partie droite avec la formulation du modèle, issue d'une publication scientifique et traduite dans un langage de type « Excel » avec un certain nombre de paramètres déjà stockés dans RACINE2.1.

Il est possible d'ajouter, de modifier ou de supprimer des modèles de calcul de la LVR.

Pour créer de nouveaux modèles il faut donner un nom (à gauche) et écrire la formule avec des paramètres, des opérations et une syntaxe autorisés. Pour cela, les paramètres autorisés sont :

- NI : nombre d'impacts mesurés par maille (par exemple 14 impacts par maille de 5x 5 cm donc de 25cm²)
- ra : rayon d'action en cm
- Maille : longueur des côtés de la maille en cm (par exemple 5 cm)
- LAI : Leaf Area index (sans unité)

Les opérations et syntaxe autorisées par RACINE 2.1 sont celles comprises par Microsoft Excel dans leur formulation Excel, y compris les tests de conditionnalité (par exemple : SI (test logique ; valeur si vrai ; valeur si faux)).

Le séparateur de décimales est de préférence un point mais on peut aussi choisir une virgule.

La suppression d'un modèle se fait en supprimant à la fois le nom et la formule, puis en enregistrant cette suppression par les fonctions de Windows : *Fichier* (haut à gauche de la page) puis : *Enregistrer*.

Ces modèles sont modifiables par l'utilisateur dans RACINE2 .1. Pour utiliser un autre modèle, il faut aller dans l'onglet formules et écrire le modèle en respectant les règles d'écriture, comme pour les modèles de LRV, il est aussi possible de contacter le concepteur (chopart@cirad.fr ou mjl.chopart@orange.fr) pour une aide à la d'écriture du modèle.

Nom du modèle	Formule
CAS_fine	$(N / \text{Fonc}(\text{Maille})) * 1 * (0.001 + 0.0005 * N / \text{Fonc}(\text{Maille}))$
CAS_gross	$(N / \text{Fonc}(\text{Maille})) * (0.001 + 0.0005 * N / \text{Fonc}(\text{Maille})) * (0.001 + 0.0005 * N / \text{Fonc}(\text{Maille}))$
CAS_moyen	$(N / \text{Fonc}(\text{Maille})) * (0.001 + 0.0005 * N / \text{Fonc}(\text{Maille})) * (0.001 + 0.0005 * N / \text{Fonc}(\text{Maille}))$
LONG_Simple	$(N / \text{Fonc}(\text{Maille})) * 2$
explanat	$(N / \text{Fonc}(\text{Maille})) * 2$
Mati_Simple	$(N / \text{Fonc}(\text{Maille})) * 2$
Depth_Tube	$(N / \text{Fonc}(\text{Maille})) * 1.37$
matrice_gross	$(N / \text{Fonc}(\text{Maille})) * 2$
matrice_moyen	$(N / \text{Fonc}(\text{Maille})) * 2$
matrice_fine	$(N / \text{Fonc}(\text{Maille})) * 2$
matrice_gross	$(N / \text{Fonc}(\text{Maille})) * 2$

Nom du modèle	Formule
EMR	$\text{SQRT}(4 / (\text{PI} * \text{Lvr}))$

Figure 16. Page de l'onglet « *Formules* » avec les modèles de calculs disponibles de LRV (longueur) et EMR (écart moyen entre racines).

Dans RACINE2.1, il n'y a qu'un seul modèle de calcul des EMR (Newman 1966)

$$\text{EMR} = \text{Sqrt}(4 / (\text{Pi} * \text{Lvr}))$$

avec Pi= 3.14

Il n'y a aussi qu'un seul modèle de calcul du taux d'exploration (TE) ou, en anglais PRER (Potential Root Extraction Ratio), (Chopart et al 2012, Leifi et al. 2011).

Si $(Emr/2 \geq ra)$:

$$TE = 1.33 * (ra/Emr) * (ra/Emr)$$

Sinon :

$$TE = 1 - (Emr / (3 * ra))$$

avec ra : rayon d'action de la racine en cm

7 Suppression de fichiers

Dans la page d'accueil (Figure 3) il y a un bouton : *Ouvrir ou supprimer un fichier existant*.

L'activation de *supprimer* permet de supprimer des fichiers devenus obsolètes.

Pour cela il faut d'abord sélectionner le fichier à supprimer comme pour la procédure « *Ouvrir* ».



Cette procédure supprime définitivement les fichiers.

8 Quitter Racine2.1

Dans la page d'accueil, il y a un bouton « *Quitter* ». Toutefois on peut aussi quitter RACINE2.1 à tout moment en fermant la fenêtre par la procédure Windows conventionnelle.

9 Limites de l'application

91 Limites

Seul le système métrique est autorisé.

La maille de mesure et de calcul doit être de forme carrée. La longueur des côtés doit être un chiffre entier sous-multiple de la largeur de mesure. Les mesures doivent être faites sur un plan vertical perpendiculaire au rang en cas de culture en rang.

La 1^{ère} maille de mesure est toujours, par convention, en haut à gauche du profil et donc des tableaux.

Après calcul, les résultats des calculs ne sont pas conservés dans RACINE2.1, seules les données de base le sont. Il faut donc exporter les résultats de calculs dès qu'ils sont obtenus.

Le nombre maximal de formules de calcul de la longueur (LVR) est 44 (on rappelle qu'il est possible de supprimer des formules)

92 Choix informatique

RACINE 2 ne fonctionne pas sous un autre système d'exploitation que Windows.

Le logiciel fonctionne avec les microordinateurs de base sous Windows.

Bibliographie

Chopart J.L., 1996. Comparison of several methods of studying the maize deep root system under field conditions. Poster 5ème Symp. Int ISRR. Clemson Univ. Caroline du sud (USA): 14-18 07 96. p.138.

Chopart J.L. and Siband P., 1999. Development and validation of a model to describe root length density of maize from root counts on soil profiles. *Plant and Soil* 214: 61-74.

Chopart J.L., 1999. Relations entre état physique du sol, systèmes racinaires et fonctionnement hydrique du peuplement végétal : outils d'analyse in situ et exemples d'études en milieu tropical à risque climatique élevé. Thèse Université Grenoble 1, 335 p.

Chopart J.L., Siband P., Dingkuhn M., Roveda G., 2001. From single plane profiles to root length density in space. Validation of a model in the field. The 6th Symp. of the Int. Society of Root Research, Nagoya, Japon.» In : « Root Research, vol 10, extra issue 1, 2001 ISSN 0919-2182 », pp. 586-567.

Chopart J.L., 2002. Comment évaluer in situ les racines des cultures ? Guide pratique de différentes méthodes d'études racinaires. In *Mémento de l'agronome*, 2002. Ouvrage 1 691 p. (cédérom principal), CIRAD, GRET, Ministères des Affaires étrangères, France.

Chopart J.L. 2004. Les systèmes racinaires des cultures tropicales : rôle, méthodes d'étude in situ, développement, fonctionnement. Doc. CIRAD Réunion, 7, ch. de l'Irat, St Pierre, La Réunion, 42 p.

Chopart JL, Le Mézo L, Mézino M. 2008. RACINE2 Logiciel de gestion de données racinaires obtenues à partir de comptages sur profils de sol. Notice d'utilisation. Note scientifique Cirad URSCA 23p

Chopart J.L, Rodrigues S.R., Azevedo M, Medina C 2008. Estimating sugarcane root length density through root mapping and orientation modelling. *Plant Soil*, vol. 138,

Chopart JL., Sine B., Dao A., Muller B, 2008. Root orientation of four sorghum cultivars: application to estimate root length density from root counts in soil profiles. *Plant Root* 2 67-75.

Chopart, JL, Le Mézo L., Mézino M. 2009 RACINE2: A software application for processing spatial distribution of root length density from root intersections on trench profiles. Comm. orale congrès ISSR (Int. Soc. of Root Research) ROOTRAP (Root Res. and Applications) Sept. 2-4 Vienna (Autriche)

Chopart J.L, Le Mézo L., Vauclin M. (2012). Modelling the potential root water extraction ratio in soil: application to sugar cane on the Island of Réunion. In: proceedings of 8th Symposium Int. Society Root Research, Dundee (GB) ISRR Edit. Talking poster 4

Dusserre J. Audebert A Radanielson A Chopart J.L. 2009 Towards a simple generic model for upland rice root length density estimation from root intersections on soil profile. *Plant and Soil*, 325 : 277-288.

Léifi N., Chopart J.L., Rounsard O, Vauclin M, Aké S Jourdan C.. 2011. Genotypic variability of oil palm root system distribution in the field. Consequences for water uptake. *Plant Soil* 341:505-520

Maurice J, Laclau JP, Scorzoni D, Gonçalves J, Nouvellon Y, Bouillet JP, Stape, JL Ranger J, Behling M, Chopart JL 2010. Fine root isotropy in *Eucalyptus grandis* plantations. Towards the prediction of root length densities from root counts on trench walls. *Plant Soil*, 334: 261-275

Newman J. 1966. A method of estimating the total length of root in a sample. *J. App. Ecol.* : 3 139-145.