

Méthodes de numérisation et d'analyse d'images de racines de graminées prairiales

Sandrine Revaillet et Catherine Picon-Cochard¹

Pour étudier la morphologie des racines de graminées prairiales qui sont très fines, nous avons amélioré un protocole permettant d'obtenir avec un scanner des images qui sont ensuite analysées avec un logiciel commercialisé (WinRhizo). Les racines, une fois lavées, sont colorées au bleu de méthylène et numérisées avec un scanner. Les images obtenues sont traitées avec le logiciel qui permet de mesurer la longueur et le diamètre des racines. Ces informations sont récupérées sous forme de fichiers texte et facilement importables sur Microsoft Excel.

Mots clefs : traits racinaires, numérisation, coloration, analyse d'images

Introduction

En prairie permanente, les graminées sont pérennes et les racines y jouent un rôle majeur pour l'absorption de l'eau et des minéraux mais aussi pour le fonctionnement du sol. En effet celles-ci fournissent au sol des quantités élevées de carbone par apport de litières et d'exsudats. Les racines des graminées sont très abondantes dans le sol superficiel (0-30cm) et ont des diamètres faibles (<0.3 mm), ce qui les rend difficiles à observer. Une analyse de la morphologie des racines apporte des informations sur les surfaces de contact avec le sol (diamètre, longueur), la capacité d'absorption (longueur spécifique = longueur/masse), la potentialité des racines à se décomposer (densité des tissus = masse/volume). Selon le type de racines étudié, les valeurs des traits morphologiques peuvent être très différentes. Par exemple le diamètre des racines varie en fonction du degré de ramification, les racines primaires, formées à la base des talles, ont les plus gros diamètres (Picon-Cochard et al, 2004).

Nous présentons dans cet article une méthode permettant d'analyser la morphologie des racines de graminées prairiales à partir de leur numérisation avec un scanner et de l'analyse des images avec un logiciel commercial WinRhizo.

¹ INRA Unité d'Agronomie - équipe FGEP (Fonctionnement et Gestion de l' Ecosystème Prairial),
234 avenue du Brézat, 63100 CLERMONT-FERRAND –
srevail@clermont.inra.fr et picon@clermont.inra.fr (responsable scientifique)

Matériels et méthodes

1. Préparation des racines

Pour la numérisation des racines, des tests ont été réalisés afin d'optimiser le protocole :

Des essais ont été effectués sur des racines non colorées et colorées. La coloration des racines avec un colorant vital (bleu de méthylène) permet d'obtenir un contraste suffisant pour l'analyse d'image avec le logiciel WinRhizo (Regent Instruments, Québec, Ca) pour les racines les plus fines (<0.1mm).

D'autres colorants sont utilisés par exemple le violet de méthyl (C. Roumet, CEFÉ-CNRS Montpellier, communication personnelle).

Les premières numérisations ont été réalisées dans des bacs transparents remplis d'eau, ce qui a induit un fort pourcentage d'erreur pour la mesure du diamètre et un mauvais contrôle de la disposition des racines, paramètre important pour que le logiciel analyse correctement les paramètres de longueur et de diamètre. De plus le bac lui-même a tendance à se rayer lors des manipulations, et le logiciel interprète ces rayures comme des racines.

Suite aux améliorations apportées, la méthode décrite ci-après nous apparaît la plus facile à mettre en œuvre, tant au point de vue de manipulations que du gain de temps.

A partir de prélèvement de carottes de sol (profondeur 15cm, diamètre 7,5cm), un sous échantillon de racines lavées à l'eau est placé dans un pilulier contenant 50ml de bleu de méthylène (5 ml de bleu de méthylène à 1% (m/v) + 2 l d'eau osmosée) puis placées en chambre froide la nuit.

Le lendemain matin, les racines sont filtrées avec de la toile à bluter (30µm) dans un entonnoir et rincées deux fois avec de l'eau du robinet.

Les racines sont ensuite disposées dans un bac contenant une toile à bluter humidifiée (surface légèrement supérieure au format A4). Elles sont écartées les unes des autres pour éviter tout chevauchement (**figure 1**). De l'eau peut être rajoutée pour éviter tout dessèchement.

Quand l'opération est terminée, on prend la toile délicatement à la verticale, et on place le tout (racines sur le dessus) sur du papier Joseph (ou autre papier absorbant).

Une feuille transparente (cf. rétro projection) de format A4 est placée sur les racines et la toile et on appuie délicatement avec un essuie tout.

Ensuite on prend la toile et le transparent que l'on retourne à nouveau sur un deuxième papier Joseph puis on retire délicatement la toile.

On replace éventuellement quelques racines et on pose le transparent qui porte les racines sur la vitre du scanner en absorbant toutes les gouttes d'eau.

Pour l'essai suivi, on effectue un tri à l'œil par classe de diamètre, ce qui représente 4 sous échantillons :

- un « gros » (racines les plus grosses)
- un « fin » (racines les plus fines)
- deux « moyens » (moyen = représentatif de l'échantillon total).



Figure 1 : Exemple d'échantillon de racines disposé sur la toile à bluter (échantillon « moyen » de *Lolium perenne*, ray grass anglais, prélèvement de novembre)

2. Numérisation

Le type de scanner employé est celui préconisé par le concepteur du logiciel WinRhizo. Il s'agit du scanner EPSON TWAIN PRO (32bit) équipé de deux sortes de capot selon les besoins :

- capot classique (mode réfléchi, flatbed) utilisé pour les feuilles, les coupes de tronc d'arbre, les objets en couleurs. Il réfléchit la lumière sur l'objet.
- capot lumineux (mode TPU) utilisé pour les racines, graines et aiguilles de pin par exemple. La lumière traverse l'objet, et dans le cas d'objet opaque comme les racines, le résultat donne un meilleur contraste et il n'y a pas d'ombre portée, ce qui est important pour la mesure du diamètre.

C'est donc ce dernier qui a été choisi.

Pour utiliser le scanner, on passe par le logiciel Adobe Photoshop, où l'on obtient une fenêtre qui nous permet de paramétrer l'appareil.

Les choix des paramètres sont les suivants (d'après la notice Regent Instruments, **figure 2**) :

- « document source » : choisir *TPU for pos. film* pour scanner avec le système de lumière transparente (capot lumineux),
- « 8-bit Gray Std », choix préconisé dans la notice,
- « 400 » dpi pour la résolution de l'image. Une plus grande résolution d'image a pour effet d'obtenir des mesures plus précises, mais requiert beaucoup plus de mémoire, prend plus de temps pour scanner et pour analyser l'image (Bouma et al, 2000),
- « 100% » pour l'option *scale* (échelle).

Quand toutes les options ont été choisies correctement, on fait un aperçu avant impression (*Preview*), on sélectionne la zone où sont disposées les racines (ceci permet de gagner en taille mémoire du fichier) et on appuie sur Scan pour lancer la numérisation. Les images sont enregistrées en format tiff, sans compression.



Figure 2 : Réglages du scanner EPSON TWAIN PRO

3. Traitement des images avec le logiciel WinRhizo

Ce paragraphe présente le logiciel WinRhizo et montre comment analyser une image et obtenir des données.

3.1. Paramètres

Avant toute analyse d'image, il faut choisir différents paramètres dont découleront les principaux résultats à exploiter.

Après avoir lancé le logiciel, les étapes les plus importantes sont :

- le choix du calibrage : dans notre cas, comme les images proviennent d'un scanner en mode TPU le calibrage du scanner est utilisée, donc on choisit la méthode « intrinsic for scanner »,
- le choix des mesures du graphique : lors d'une analyse d'image, un graphique apparaît en haut de l'image montrant la distribution des racines (par exemple longueur par classes de diamètres). Chaque classe de diamètres correspond à une couleur sur le graphique, mais aussi sur l'image analysée. Le choix des mesures sur l'axe des abscisses (représentant les diamètres) est donc important. A titre d'exemple pour les racines de graminées, nous avons choisi une échelle de 0.1mm avec 10 classes jusqu'à 1mm. Pour choisir ces mesures, on

clique directement sur l'axe des abscisses, et l'on choisit l'option « variables width classes » et « set width ».

3.2. Analyse d'image de racines

Le principe d'analyse d'image choisi pour les racines de graminées sur le logiciel WinRhizo consiste à analyser les niveaux de gris des pixels de l'image (« based on grey levels threshold »). Pour déterminer la longueur (L) des racines, le logiciel emploie la formule suivante :

$$L = \text{nombre de pixels sur la racine} \times \text{taille d'un pixel}^2$$

WinRhizo estime le diamètre moyen des racines en utilisant la surface totale projetée et la longueur, sachant que la surface totale projetée est égale au nombre de pixels sur la racine multiplié par la surface d'un pixel. Le diamètre moyen se calcule grâce à une formule de trigonométrie, avec l'hypothèse que les racines sont circulaires. La formule du diamètre est la suivante :

$$\text{Diam.moy} = \text{Surface totale projetée} / \text{Longueur totale}$$

Le logiciel est capable de distinguer les racines de l'arrière-plan. On utilise deux méthodes qui donnent des résultats rapides (**figure 3**). Il faut en effet savoir, que l'on peut refaire une analyse des petites parties d'image où les racines n'ont pas été analysées, mais cette opération prend beaucoup de temps et le résultat n'est pas toujours satisfaisant.

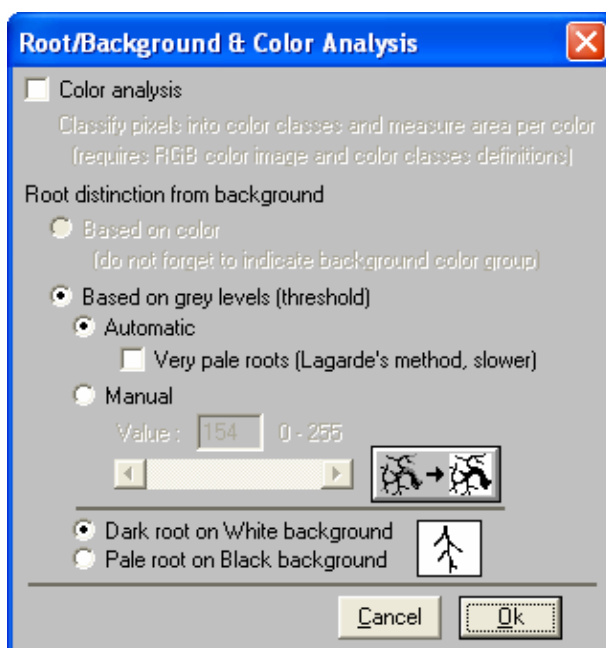


Figure 3 : Options du logiciel WinRhizo pour l'analyse des racines

² NB : pour une résolution de 400 dpi comme nous employons, un pixel=0.0625mm

Avant d'ouvrir un fichier image, il faut donc choisir une méthode d'analyse :

- méthode automatique : elle nous permet de récupérer les diamètres des racines. Avec cette méthode toutes les racines ne sont pas prises en compte, surtout les plus fines, donc on ne va pas avoir la longueur réelle, la deuxième méthode est alors utilisée.

- méthode « Lagarde : very pale » : elle permet de détecter les racines les plus fines (c'est le seuillage (« threshold ») qui est modifié) et ainsi d'avoir une valeur de longueur plus juste que la méthode précédente ; par contre les valeurs de diamètres sont biaisées.


Des tests réalisés avec un fil électrique et un fil de pêche de différents diamètres ont mis en évidence ces biais (**tableau 1**). Ces fils ont été scannés en niveau de gris à 400 dpi.

	Fil longueur : 3cm ; diamètre : 0.49mm		Fil longueur : 5.7cm ; diamètre : 0.18mm	
Type de méthode	Longueur (cm)	Diamètre (mm)	Longueur (cm)	Diamètre (mm)
Automatique	3.04	0.51	5.67	0.24
Lagarde	4.69	0.61	8.21	0.64

Tableau 1 : tests des méthodes Automatique/Lagarde avec des fils de diamètres différents

Pour le plus gros fil (diamètre 0.49mm) la méthode automatique marche bien. Pour le fil fin qui est un fil de pêche, un plus grand nombre de pixels a été pris en compte dans l'analyse à cause du faible contraste du fil par rapport au fond de l'image, ce qui explique la moins bonne valeur de diamètre et de longueur avec la méthode Lagarde.

Comme la majorité des racines de graminées ont un diamètre <0.3mm, nous avons choisi d'utiliser les deux méthodes en complémentarité pour les sous échantillons « fin » et « moyen », c'est-à-dire ceux qui sont susceptibles de posséder un plus grand nombre de fines racines, difficilement détectables avec la méthode automatique. Par contre, pour les sous échantillons « gros », la méthode automatique est suffisante pour récupérer les informations de diamètre et de longueur.

A partir de ce moment là, on peut lancer l'analyse de l'image. Le logiciel demande une identification de l'échantillon. Toutes les données vont être stockées dans un fichier texte, lisible par Excel. En fait, chaque analyse effectuée correspond à une ligne du fichier. Lors de la première analyse, c'est le logiciel qui propose directement la création  ce fichier ; lors des analyses suivantes, il faudra ouvrir le fichier créé précédemment.

Quelle que soit la méthode choisie, il est impératif de regarder l'image analysée pour voir si le logiciel n'a pas fait d'erreur d'interprétation, comme par exemple le bord du transparent pris comme une racine, bulle d'eau, poussières, rayures... (**figure 4**) Il est d'ailleurs conseillé d'utiliser le transparent trois fois au maximum. Pour enlever ces erreurs on peut créer une zone d'exclusion (aller dans « Regions / Define an exclusion region » en sélectionnant les zones indésirables avec un carré, un cercle ou un lasso. Le logiciel recommencera une analyse à chaque retouche. Cette information sera aussi stockée dans le fichier « texte ».

Quand l'analyse et les retouches sont terminées, faire « close file » afin de fermer le fichier « texte ».

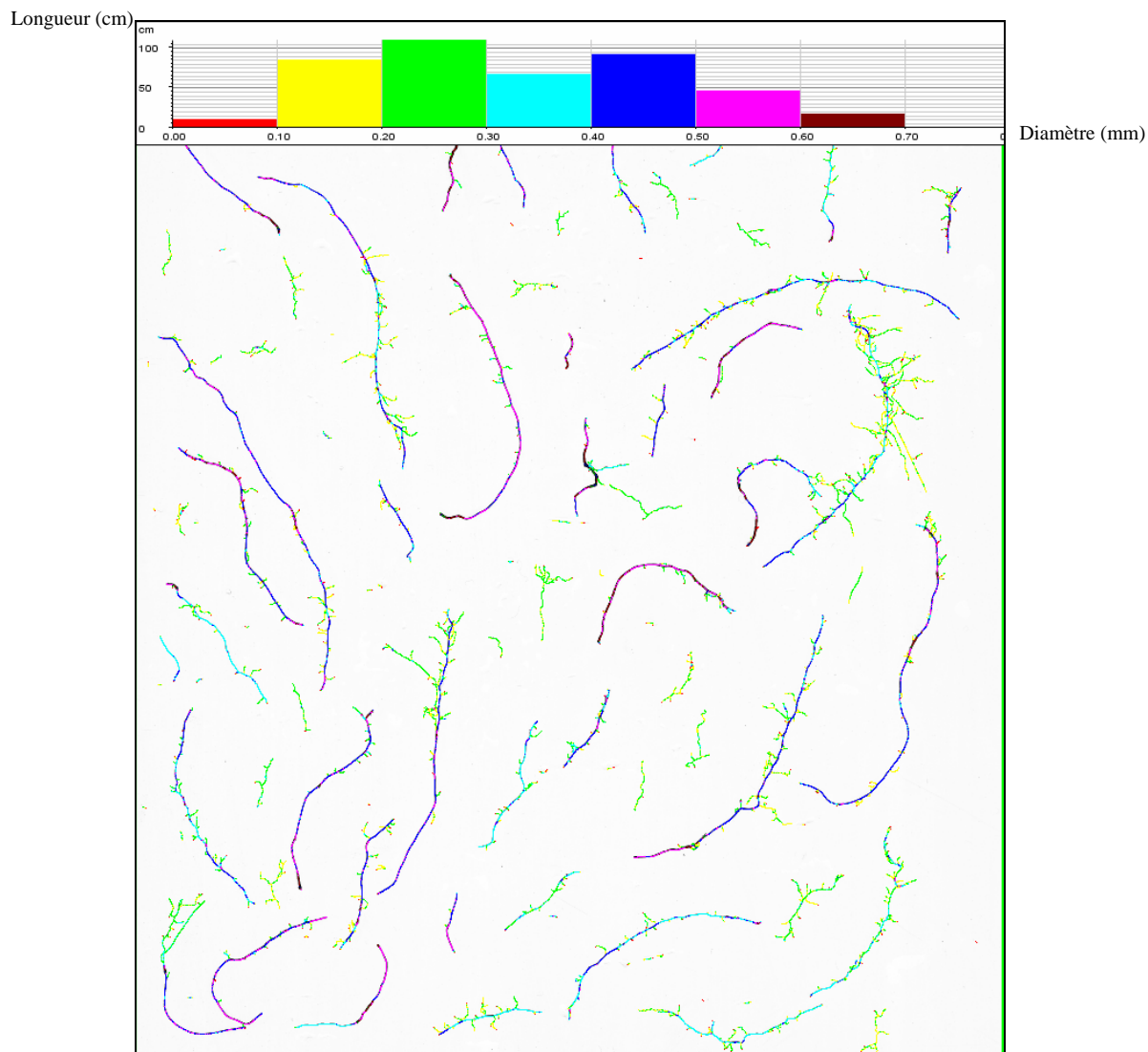


Figure 4 : Exemple d'échantillon de racines scannées et analysées avec le logiciel Winrhizo. Celui-ci interprète les diamètres et longueurs de racines sous forme d'histogramme)³.

4. Récupération des résultats

Après analyse, on obtient un volume important de données. En effet, un fichier de résultats (cf annexe1) contient 97 colonnes et 5 lignes pour un même échantillon (= numéro de parcelle). Il est important de le mettre à jour, car pour les sous échantillons « fin » et « moyen » deux analyses sont effectuées en complémentarité, on obtient donc deux lignes de résultats pour un même sous échantillon, avec des informations particulières à récupérer dans chacune des lignes. Comme nous travaillons sur plusieurs espèces avec 3 répétitions, on a donc pour une espèce 15 lignes par fichier. Sachant que des copier/coller sous Excel seraient beaucoup trop longs, et avec les risques d'erreurs que ce genre de manipulation peut engendrer, on passe par

³ les couleurs réelles de cette figure sont visibles sous le format électronique de cet article sur le site <http://www.inra.fr/Intranet/Produits/cahiers-des-techniques/index.htm>

Access, qui nous permet de gagner un temps considérable. La procédure décrite ci-dessous pourrait être aussi réalisée avec une macro sous Visual Basic.

La procédure est la suivante :

1/ sous Excel : on crée un fichier où l'on récupère toutes les données des fichiers « texte » et on crée une colonne supplémentaire « numéros de parcelle », qui va nous permettre de relier les informations. Le but est de créer un fichier à importer sous Access sous forme d'une table en ayant pris soin d'avoir une seule ligne de titre et d'avoir épuré d'éventuels doublons.

2/ sous Access : on importe ce fichier et on crée des requêtes successives pour classer les informations par type d'échantillons (**figure 5**). On a donc 5 types de requêtes (**figure 6**). Rappels importants : la longueur des racines est obtenue avec la méthode Lagarde, et le diamètre des racines avec la méthode automatique.

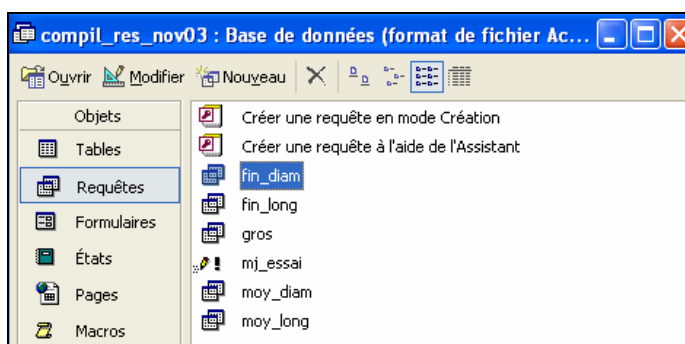


Figure 5 : Ensemble des requêtes sous Access

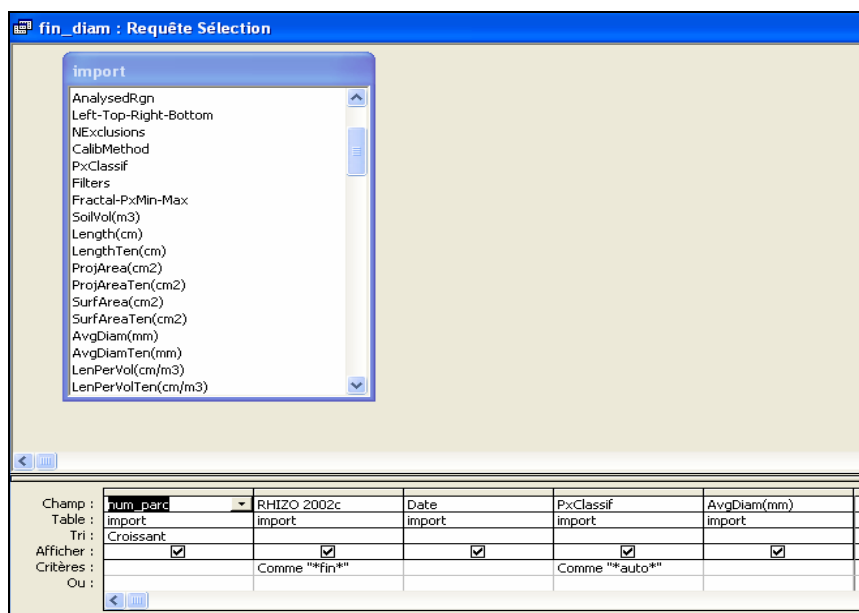


Figure 6 : Exemple de requêtes sous Access, pour les sous échantillons « fin ». Il s'agit de récupérer les diamètres de la méthode Automatique.

Parallèlement, on crée une table nommée « essai » dans notre exemple contenant les champs qu'on désire voir mettre à jour automatiquement (NB : les données sont en format numérique, réel double).

Ensuite, on réalise une requête de mise à jour de la table « essai » en prenant soin d'effectuer correctement les liaisons entre les tables (**figures 7 et 8**).

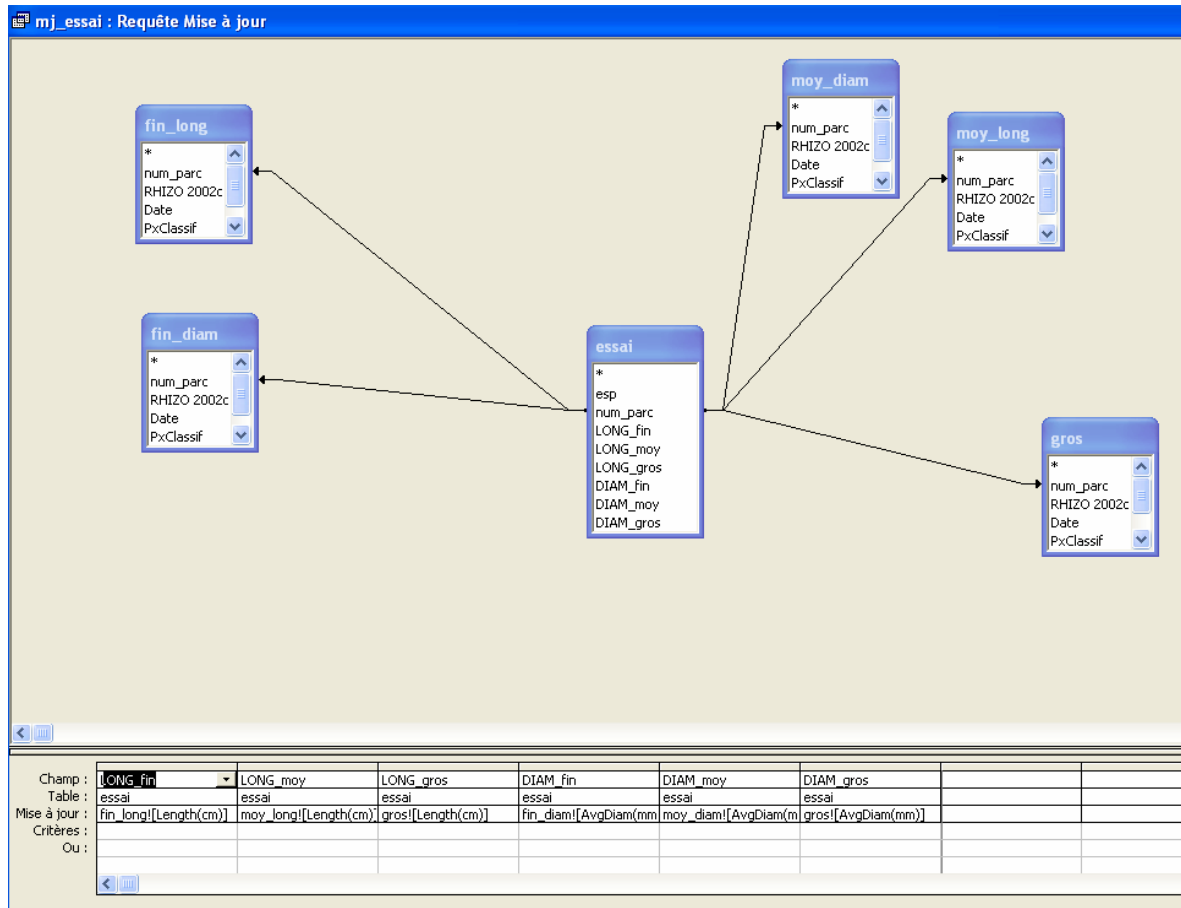


Figure 7: Requête de mise à jour de la table « essai ». On obtient les données des 3 sous échantillons en ligne

Propriétés de la jointure

Nom table de gauche: fin_diam Nom table de droite: essai

Nom colonne de gauche: num_parcs Nom colonne de droite: num_parcs

1 : Inclure seulement les lignes des deux tables pour lesquelles les champs joints sont égaux.
 2 : Inclure tous les enregistrements de la table 'fin_diam' et seulement ceux de la table 'essai' pour lesquels les champs joints sont égaux.
 3 : Inclure tous les enregistrements de la table 'essai' et seulement ceux de la table 'fin_diam' pour lesquels les champs joints sont égaux.

OK Annuler Nouvelle

Figure 8 : Exemple du type de jointure utilisé pour la requête de mise à jour de la table.

Après la mise à jour de la table « essai », celle-ci peut être importée sous Excel et servir à des calculs complémentaires sur les traits racinaires.

Conclusion

La finesse des racines des graminées prairiales nous a conduits à développer un protocole adapté à leur morphologie. L'obtention d'images de très bonne qualité reste un objectif majeur pour toute analyse d'image. La coloration des racines pour augmenter le contraste, leur séparation pour éviter tout chevauchement, le positionnement sur le scanner sont toutes des étapes importantes pour une utilisation plus facile du logiciel WinRhizo. Toutefois nous avons dû réaliser des tests pour trouver les réglages adaptés pour analyser les images avec le logiciel. En ce qui concerne les résultats, nous obtenons une grande quantité de données à traiter, et il est impératif d'automatiser les opérations de traitements pour pouvoir se concentrer sur la numérisation, qui est la clef de tous les résultats.

Références bibliographiques

- Bouma TJ, Nielsen KL, Koutstaal B. (2000) Sample preparation and scanning protocol for computerised analysis of root length and diameter. *Plant and Soil* 218.
- Picon-Cochard C, Rodarie F, Roumieux P, Revaillet S (2004) Premiers résultats sur les traits racinaires de 13 graminées prairiales (poster présenté aux VI^{èmes} Journées d'Ecologie Fonctionnelle, Rennes).
- Regent Instruments Inc., (nov.2000) How to scan with the STD1600 + and LA1600 + scanners, 39p.
- Regent Instruments Inc., (jan.2001) WinRhizo V 5.0A Reference, 59p.

ANNEXE 1 : Exemple de fichier de données

pour l'échantillon N°96 (*Alopecurus pratensis*), ici présenté en lignes (NB : en grisé : données à récupérer)

RHIZO 2002c	96fin_auto	96fin_verypale	96moy_auto	96moy_verypale	96gros_auto
Operator	sr	sr	sr	sr	sr
Date	08/03/2004	08/03/2004	08/03/2004	08/03/2004	08/03/2004
Time	11:17:49	11:24:40	11:28:22	11:36:16	11:37:02
ImgType-PxSizeH-PxSizeV	Grey-0.006351-0.006352	Grey-0.006351-0.006352	Grey-0.006351-0.006352	Grey-0.006351-0.006352	Grey-0.006351-0.006352
AnalysedRgn	Rgn	Rgn	Rgn	Rgn	Rgn
Left-Top-Right-Bottom	1-1-3202-4542	1-1-3202-4542	1-1-3310-4578	1-1-3310-4578	1-1-2938-3926
NExclusions	4	20	3	19	0
CalibMethod	Intrinsic	Intrinsic	Intrinsic	Intrinsic	Intrinsic
PxClassif	GreyThdAutom-233	GreyThdLagNorm	GreyThdAutom-202	GreyThdLagNorm	GreyThdAutom-140
Filters	SmoothOnAreaOn-1.0000RatioLWOn-4.00	SmoothOnAreaOn-1.0000RatioLWOn-4.00	SmoothOnAreaOn-1.0000RatioLWOn-4.00	SmoothOnAreaOn-1.0000RatioLWOn-4.00	SmoothOnAreaOn-1.0000RatioLWOn-4.00
Fractal-PxMin-Max	FractalOff	FractalOff	FractalOff	FractalOff	FractalOff
SoilVol(m3)	1	1	1	1	1
Length(cm)	371.5588	414.2573	527.1381	609.1361	277.6917
LengthTen(cm)	0	0	0	0	0
ProjArea(cm2)	6.9509	9.5484	13.0428	21.0661	13.0464
ProjAreaTen(cm2)	0	0	0	0	0
SurfArea(cm2)	21.8368	29.9971	40.975	66.1811	40.9866
SurfAreaTen(cm2)	0	0	0	0	0
AvgDiam(mm)	0.1871	0.2305	0.2474	0.3458	0.4698
AvgDiamTen(mm)	0	0	0	0	0
LenPerVol(cm/m3)	371.5588	414.2573	527.1381	609.1361	277.6917
LenPerVolTen(cm/m3)	0	0	0	0	0
RootVolume(cm3)	0.102	0.173	0.253	0.572	0.481
FractalDimension	0	0	0	0	0
FractalDeviation	0	0	0	0	0
Tips	1624	1084	2344	1671	794
Forks	854	1109	2060	2893	594
Crossings	96	128	317	371	29
NofLinks					
Altitude					
ExternalPathLength					
LinkAvgLength(cm)					
LinkAvgProjArea(cm2)					
LinkAvgSurfArea(cm2)					
LinkAvgDiam(mm)					
LinkAvgBrAngle(deg)					
NumberOfClasses	11	11	11	11	11
0.00<.L.<=0.10	72.9947	14.2295	116.3874	15.4912	30.1616
0.10<.L.<=0.20	226.5964	226.0418	208.8567	112.9862	29.0641
0.20<.L.<=0.30	51.3733	130.2133	69.2179	248.2239	21.1031
0.30<.L.<=0.40	15.9793	33.9278	63.2914	88.2989	34.7636
0.40<.L.<=0.50	2.8947	6.0889	30.1729	54.9114	37.495
0.50<.L.<=0.60	1.2452	2.5328	19.1879	39.9011	43.0652
0.60<.L.<=0.70	0.3987	0.9074	11.8436	30.4626	39.7826
0.70<.L.<=0.80	0.0286	0.0555	1.5865	3.201	6.9266

RHIZO 2002c	96fin_auto	96fin_verypale	96moy_auto	96moy_verypale	96gros_auto
0.80<.L.<=0.90	0.0338	0.1581	3.8092	8.7108	21.3343
0.90<.L.<=1.00	0	0	0.4661	1.2214	4.1536
.L.>1.00	0.0137	0.1015	2.3175	5.7264	9.8417
0.00<.SA.<=0.10	1.3047	0.1964	2.1186	0.1225	0.5219
0.10<.SA.<=0.20	12.5562	13.3664	10.5242	6.725	1.4759
0.20<.SA.<=0.30	4.1004	10.3931	5.5247	19.8123	1.6844
0.30<.SA.<=0.40	1.7452	3.7498	7.0225	9.9109	3.9735
0.40<.SA.<=0.50	0.4043	0.8505	4.2145	7.6699	5.2372
0.50<.SA.<=0.60	0.2038	0.4189	3.1677	6.5752	7.151
0.60<.SA.<=0.70	0.0826	0.1859	2.4358	6.2821	8.2751
0.70<.SA.<=0.80	0.0068	0.0133	0.3799	0.7665	1.6586
0.80<.SA.<=0.90	0.0094	0.0414	1.0155	2.3276	5.7092
0.90<.SA.<=1.00	0	0	0.1395	0.3656	1.2432
.SA.>1.00	0.0047	0.034	0.7829	2.1055	3.3636
0.00<.PA.<=0.10	0.4153	0.0625	0.6744	0.039	0.1661
0.10<.PA.<=0.20	3.9968	4.2546	3.3499	2.1406	0.4698
0.20<.PA.<=0.30	1.3052	3.3082	1.7586	6.3064	0.5362
0.30<.PA.<=0.40	0.5555	1.1936	2.2353	3.1548	1.2648
0.40<.PA.<=0.50	0.1287	0.2707	1.3415	2.4414	1.6671
0.50<.PA.<=0.60	0.0649	0.1333	1.0083	2.093	2.2762
0.60<.PA.<=0.70	0.0263	0.0592	0.7753	1.9996	2.634
0.70<.PA.<=0.80	0.0022	0.0042	0.1209	0.244	0.5279
0.80<.PA.<=0.90	0.003	0.0132	0.3232	0.7409	1.8173
0.90<.PA.<=1.00	0	0	0.0444	0.1164	0.3957
.PA.>1.00	0.0015	0.0108	0.2492	0.6702	1.0707
0.00<.V.<=0.10	0.0021	0.0003	0.0034	0.0002	0.0008
0.10<.V.<=0.20	0.0566	0.0631	0.0439	0.0319	0.0062
0.20<.V.<=0.30	0.026	0.066	0.0351	0.1258	0.0107
0.30<.V.<=0.40	0.0153	0.0332	0.0625	0.0892	0.0364
0.40<.V.<=0.50	0.0045	0.0095	0.0468	0.0853	0.0582
0.50<.V.<=0.60	0.0027	0.0055	0.0417	0.0865	0.0948
0.60<.V.<=0.70	0.0014	0.003	0.0399	0.1033	0.1373
0.70<.V.<=0.80	0.0001	0.0003	0.0072	0.0146	0.0316
0.80<.V.<=0.90	0.0002	0.0009	0.0216	0.0496	0.1217
0.90<.V.<=1.00	0	0	0.0033	0.0087	0.0296
.V.>1.00	0.0001	0.0009	0.0212	0.0628	0.0924
0.00<.T.<=0.10	585	41	981	16	297
0.10<.T.<=0.20	848	559	1127	371	301
0.20<.T.<=0.30	137	387	142	910	82
0.30<.T.<=0.40	43	68	60	222	37
0.40<.T.<=0.50	8	19	21	70	22
0.50<.T.<=0.60	3	8	8	33	17
0.60<.T.<=0.70	0	1	5	27	21
0.70<.T.<=0.80	0	1	0	7	2
0.80<.T.<=0.90	0	0	0	9	7
0.90<.T.<=1.00	0	0	0	1	2
.T.>1.00	0	0	0	5	6
Group1					
Group2					
Group3					

