

MISE EN PLACE DU SYSTÈME RACINAIRE DU MAÏS
QUELQUES RÉSULTATS ACQUIS POUR LA CONCEPTION D'UN MODÈLE ARCHITECTURAL

S. Pellerin

INRA, Laboratoire d'Agronomie, 68021 Colmar

F. Tardieu

INRA, Laboratoire d'Agronomie, 78 850 Thiverval-Grignon

R é s u m é. En 1973, Lungley [7] a proposé un modèle numérique de simulation de la mise en place du système racinaire permettant de générer dans l'espace une arborescence par initiation, allongement et ramification de petits segments. L'intérêt d'un tel modèle est qu'on peut en déduire la valeur de variables pertinents par rapport au fonctionnement en tant que capteur du système racinaire: longueur totale de racines, ou cartes d'impact dans des plans horizontaux ou verticaux. Sa difficulté réside dans le travail de paramétrage. L'objectif de cet article est de discuter au vue des résultats déjà acquis [4, 5, 12] ou en cours d'élaboration (Pellerin, Tardieu, non publié) la faisabilité et l'utilisation possible d'un tel modèle appliqué au cas du maïs.

1. INTRODUCTION

Des travaux récents ont souligné l'importance de caractéristiques géométriques du système racinaire vis-à-vis de sa fonction de capteur:

- les possibilités de prélèvement d'eau dépendent du volume de sol colonisé, et de la disposition spatiale des racines dans ce volume, à échelle centi- à décimétrique [15, 16, 18],

- les possibilités d'absorption d'éléments peu mobiles, tels que le potassium, sont fonction de la longueur totale de racines et de la vitesse d'allongement [1].

En 1973, Lungley [7] a proposé un modèle numérique de simulation de la mise en place du système racinaire, dont la sortie est une représentation géométrique de celui-ci. Le modèle génère dans l'espace une arborescence représentant le système racinaire par initiation, allongement et ramification de petits segments. D'après l'auteur, les paramètres nécessaires à la construction du modèle, dans le

cas d'un enracinement de type fasciculé avec des ramifications d'ordre I et II, sont: 1) le nombre de racines émises au collet, leur rythme d'apparition et leur vitesse d'allongement; 2) la distance sur les racines principales entre deux ramifications d'ordre I; la distance sur les ramifications d'ordre I séparant deux ramifications d'ordre II; 3) la longueur non ramifiée aux extrémités apicales des racines principales et des ramifications d'ordre I; 4) la vitesse d'allongement des ramifications d'ordre I et II; 5) la trajectoire des racines dans un plan vertical. Une représentation spatiale du système racinaire est obtenue sous l'hypothèse d'une symétrie radiale.

L'intérêt d'un tel modèle est double:

1) Par construction, il prend en compte l'organisation en réseau du système racinaire et, est donc à même de rendre compte des conséquences intrinsèques de cette architecture sur la colonisation du sol qui, seules, peuvent expliquer certaines observations faites au champ - (présence de zones poreuses non colonisées, effet d'ombre [17]. Ce n'est pas le cas d'autres types de modèles, notamment les modèles qui mettent directement en relation des caractéristiques en un endroit du sol (profondeur, distance au rang, porosité) et une densité racinaire à cet endroit (longueur ou masse de racines par unité de volume) ou encore les modèles de diffusion [11] où la colonisation du sol est décrite par analogie avec la diffusion d'un soluté dans un liquide.

2). On peut en déduire la valeur de variables synthétiques de sortie pertinentes par rapport à un fonctionnement: longueur totale de racines, éventuellement par horizon, cartes d'impact horizontales ou verticales et partition du plan en classes de distance aux racines par exemple.

La difficulté réside évidemment dans le travail de paramétrage. Les déterminants de la croissance et du développement du système racinaire sont multiples. Bien qu'il s'agisse d'effets en interaction, on peut distinguer trois niveaux:

1). L'ensemble des facteurs et conditions dont dépend la croissance de la plante entière (température de l'air, rayonnement incident, disponibilité en eau et en éléments minéraux, etc). La mise en place du système racinaire en dépend à travers des synchronies de développement [12] et des régulations d'ordre nutritionnel [2].

2). L'état physique et chimique d'ensemble du profil. La disposition des racines en dépend en présence d'obstacles mécaniques à la pénétration ou du fait d'une localisation préférentielle de la croissance (dans les zones les mieux pourvues chimiquement ou à plus faible potentiel hydrique par exemple).

3). Enfin l'environnement propre et immédiat de chaque racine (pression partielle en oxygène, température, pression sur l'apex) dont dépend sa croissance et son orientation.

Ces facteurs interviennent sur plusieurs paramètres de l'architecture du système racinaire et en interaction. Or, la plupart des travaux étudient en conditions contrôlées, l'effet d'un seul facteur, sur une seule caractéristique du système racinaire, le plus souvent longueur ou masse total de racines. Cette connaissance fragmentaire est difficilement intégrable au modèle étudié. Un travail spécifique de paramétrage est nécessaire.

L'objectif de cet article est de discuter au vu de résultats déjà acquis [3, 5, 12, 20] ou en cours d'élaboration (Pellerin, Tardieu, non publiés) la faisabilité et l'utilisation possible d'un tel modèle appliqué au cas du maïs.

2. L'ARCHITECTURE DU SYSTÈME RACINAIRE DU MAÏS

2.1. Sa morphologie

Le système racinaire du maïs est constitué de racines séminales, dont la radicule et 2 à 4 racines portées au niveau du noeud scutellaire et de racines ad-

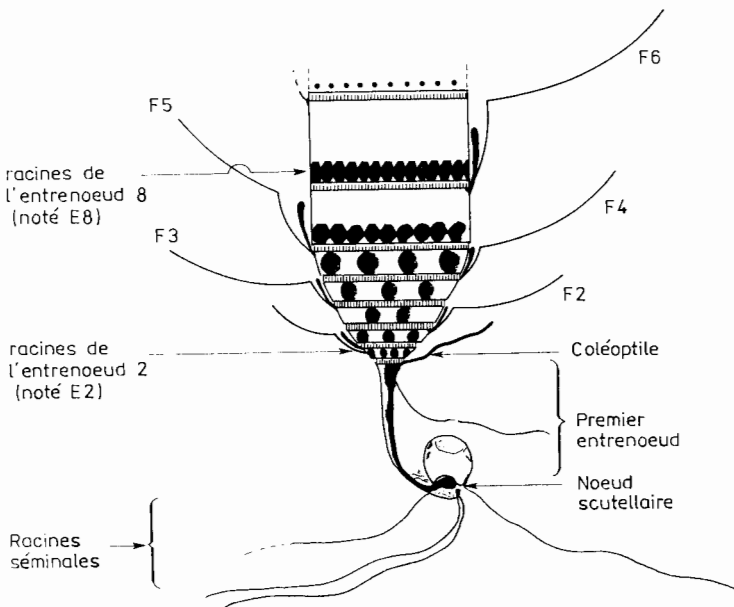


Fig. 1. Représentation schématique de la base d'un pied de maïs [4]

Fig. 1. Design of the bottom of the stem of a maize plant [4]

ventives, apparaissent à la base des entrenœuds successifs et donc insérées sur la base de la tige, de forme pyramidale (fig. 1). A partir de E7, les entrenœuds s'allongent légèrement et les racines qui en sont issues peuvent être émises au niveau, voire légèrement au-dessus du sol. L'ensemble de ces racines, dites primaires, portent des ramifications secondaires et tertiaires.

2.2. Valeur des paramètres relatifs aux primaires

2.2.1. Rythme d'apparition des racines primaires

La radicule et les ébauches des racines apparaissant au niveau du nœud scutellaire préexistent dans l'embryon [3, 6]. Ces racines sont émises très peu de temps après le début de l'imbibition.

Les racines adventives sont émises ensuite, à partir du stade deux feuilles visibles. Il existe une synchronie entre l'apparition des feuilles, et l'émission des racines sur les entrenœuds successifs (fig. 2) [12]. En considérant les stades foliaires et racinaires pied par pied, on constate une certaine dispersion par rapport à la relation moyenne, mais celle-ci est relativement faible. L'intérêt par rapport au modèle de cette relation moyenne est qu'elle semble indépendante des conditions de croissance. Dans une expérience conduite en 1987, une ré-

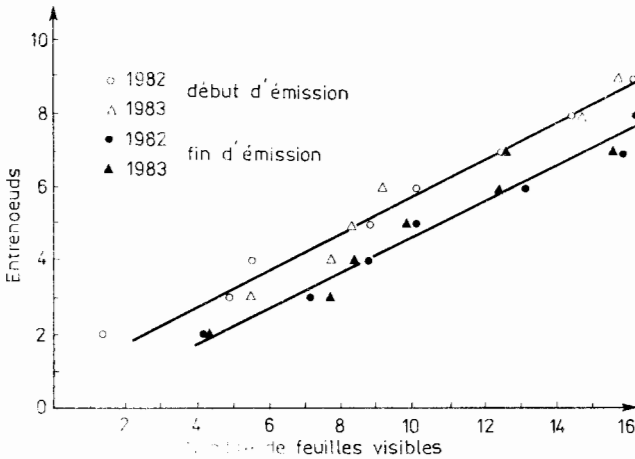


Fig. 2. Dates de début et de fin de l'émission des racines primaires par entrenœud, en fonction du nombre de feuilles visibles [12]

Fig. 2. Date of the beginning and of the end of primary root emission per internode, related to the number of visible leaves [12]

duction de croissance obtenue par ombrage a ralenti par rapport au témoin le rythme d'apparition des racines adventives, mais la relation nombre de feuilles x niveau du dernier entrenœud portant des racines a été peu modifiée (fig. 3).

2.2.2. Nombre

Des comptages ont mis en évidence une variabilité intra- et interparcellaire du nombre de racines primaires émises, et ce, quel que soit le niveau ou l'entrenœud considéré [5, 12].

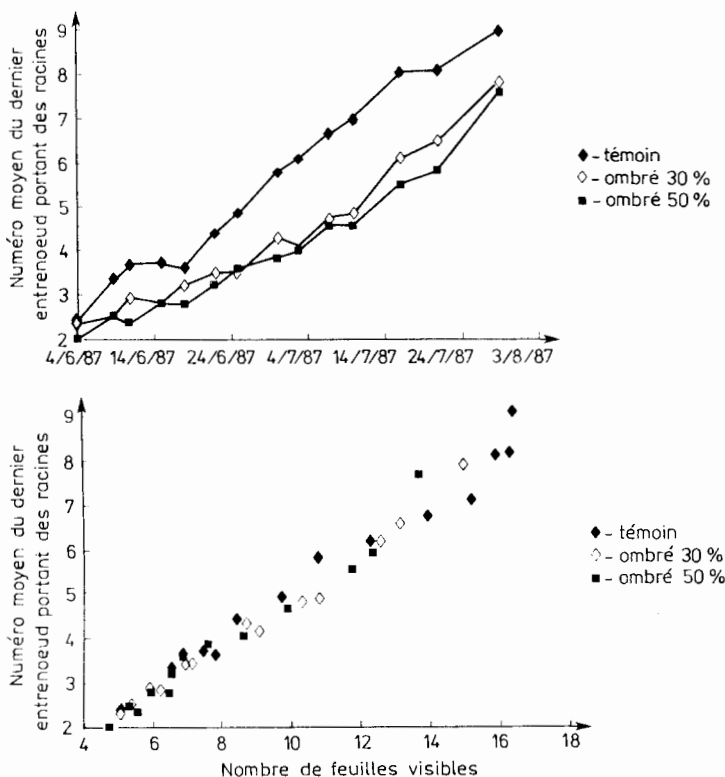


Fig. 3. Cinétique d'apparition des racines primaires dans des traitements ombrés et un témoin (Pellerin, non publié) en fonction des dates et des nombres de feuilles visibles

Fig. 3. Rate of appearance of primary roots on shaded and not shaded plants (Pellerin, not published) as a function of time and of number of visible leaves

D'après des travaux faits en laboratoire, le nombre de séminales émises dépend de caractéristiques de la semence et des conditions de germination (température et hygrométrie) [8]. Sauf conditions particulières, le nombre de séminales est pour la variété Dea de l'ordre de 2 à 5, avec un mode à trois.

Le nombre de racines adventives dépend des conditions de croissance (fig. 5-6). Sur les premiers entrenoeuds, on constate une variabilité interannuelle et, pour une année donnée, un effet date de semis. Les nombres de racines sur les entrenoeuds successifs sont légèrement corrélés négativement. Sur ces entrenoeuds, le nombre de racines émises est égal au nombre d'ébauches racinaires formées [3] et ce nombre d'ébauches dépendrait, d'après des travaux en cours, des conditions climatiques en début de cycle. Sur les entrenoeuds supérieurs (E6 à E8) le nombre de racines effectivement émises est inférieur au nombre d'ébauches présentes et ex-

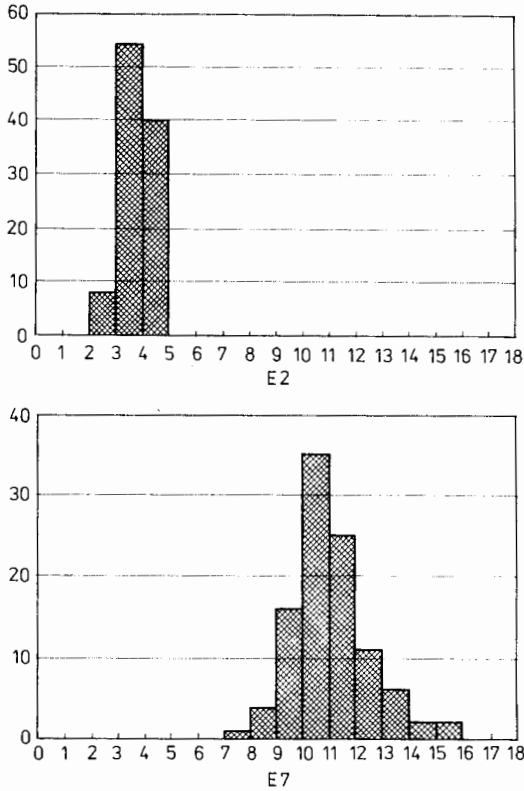


Fig. 4. Nombre de racines par pied et par entrenoeud au sein d'une parcelle. Exemple de distributions observées sur les entrenoeuds 2 (E2) et 7 (E7)

Fig. 4. Number of primary roots per plant and within a parcel. Example of distributions observed, on the internodes two (E2) and seven (E7)

trêment dépendant des conditions de croissance (fig. 5-6). Sur ces entrenoeuds, tout se passe comme s'il existait un mécanisme de régulation du nombre de racines émises. Des travaux en cours testent l'hypothèse d'une régulation par la quantité d'assimilats disponibles au moment de l'émission. Les résultats partiels actuellement disponibles ne contredisent pas cette hypothèse.

2.2.3. Paramètres de position: disposition des racines autour du pied et trajectoires

La disposition des racines autour du pied a été étudiée par mesure des positions angulaires des racines, l'une d'entre elles étant arbitrairement choisie comme référence.

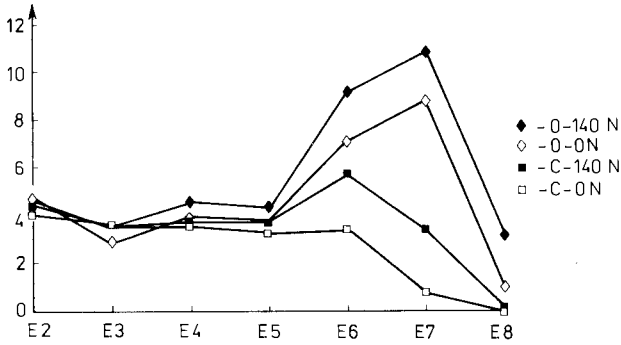


Fig. 5. Nombre moyen de racines adventives par entrenoeud pour deux états structuraux et apports d'azote (Pellerin, non publié)
 O - état fragmenté, composé de terre fine et de mottes centrimétriques, C - état continu et compact, ON - sans apport d'azote, 140 N - avec un apport d'azote de 140 unités par hectare

Fig. 5. Mean number of adventitious roots per internode for different soil structure and nitrogen fertilization (Pellerin, not published)

O - fragmentary, composed of fine earth and cm-sized crumbs, C - uniformly compacted, ON - without nitrogen fertilization, 140 N - with nitrogen fertilization

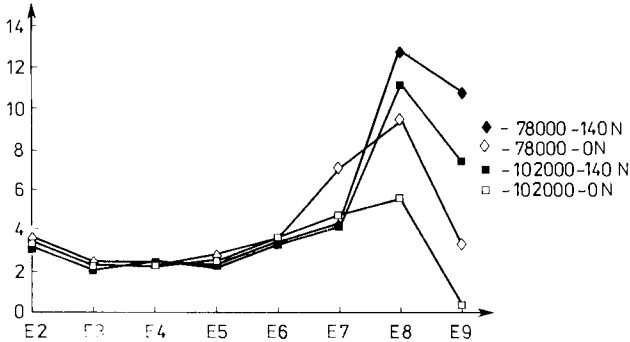


Fig. 6. Nombre moyen de racines adventives par entrenoeud pour deux densités de peuplement (78.000 et 102.000 pieds par hectare) et deux niveaux de fertilisation azotée - 0 et 140 unités par hectare (Pellerin, non publié)

Fig. 6. Mean number of adventitious roots per internode for different plant density (78.000 and 102.000 plants per hectare) and nitrogen fertilization - 0 and 140 kg per hectare (Pellerin, not published)

Un test de χ^2 amène à rejeter à la fois l'hypothèse d'une disposition régulière des racines sur un entrenoeud (sous cette hypothèse, les n racines d'un entrenoeud formeraient entre elles des angles tous égaux à $2\pi/n$) et l'hypothèse d'une

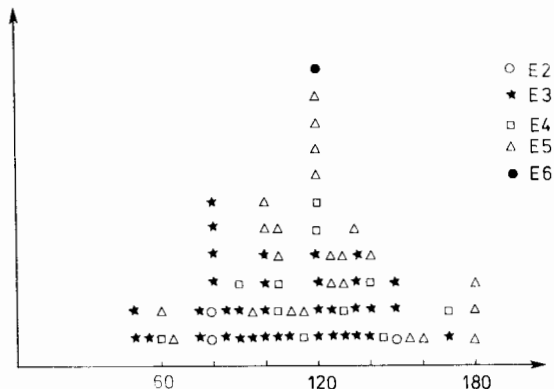


Fig. 7. Distribution des valeurs du plus petit angle formé entre les racines dans les cas à deux racines (Pellerin, Tricot, non publié)

Fig. 7. Values of the smallest angle between the roots when there is two roots on the internode (Pellerin, Tricot, not published)

disposition aléatoire. L'examen des valeurs d'angle entre racines suggère de fait l'existence de dispositions privilégiées. Par exemple: - dans les cas à deux racines (dans ce cas, et si l'on ne tient pas compte du sens trigonométrique, la disposition est entièrement décrite par la valeur du plus petit des deux angles formés entre les deux racines, l'autre étant forcément son complément) on observe dans l'échantillon étudié une disposition des valeurs entre 50 et 180 degrés, avec un mode à 120 degrés (fig. 7). Tout se passe comme s'il s'agissait d'une disposition régulière à 3 positions, dans laquelle manquerait une racine.

- Dans les cas à trois racines (dans ce cas, la disposition est entièrement décrite par la valeur des deux plus petits angles) la majorité des dispositions est proche d'une disposition régulière (3 angles à 120 degrés) mais il existe une dispersion.

- Dans les cas à quatre racines, la somme des deux plus petits angles est comprise entre 120 et 160 degrés, selon une distribution proche de ce qu'on observe pour la valeur du plus grand angle dans les cas à trois racines. Tout se passe comme s'il s'agissait de dispositions à 3 racines, dans laquelle une racine supplémentaire serait apparue dans l'angle le plus ouvert.

De même, il n'y a pas indépendance entre les dispositions relatives sur les entrenœuds successifs. Ces dispositions tendent à être alternes. Tout se passe comme si les racines de l'entrenœud supérieur apparaissaient en priorité dans les angles formés par les racines de l'entrenœud inférieur les plus ouverts. Dans l'angle formé par les deux racines de l'entrenœud inférieur qu'elles occupent, les racines de l'entrenœud supérieur ont une position proche de la bissectrice.

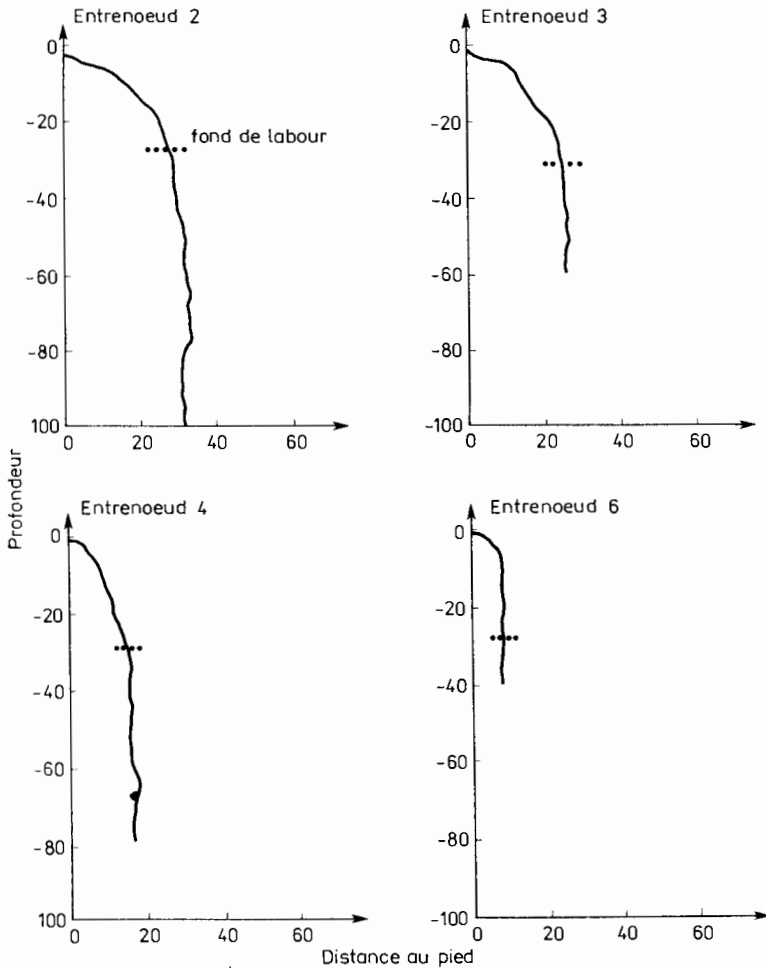


Fig. 8. Exemple de trajectoires observées au champ (Tardieu, Pellerin, non publié)
 Fig. 8. Example of root trajectories observed in the field (Tardieu, Pellerin, not published)

La trajectoire des racines primaires a été observée en containers remplis de sable, par notation des coordonnées du point d'impact de la racine à différentes profondeurs et au champ, par cartographie de la trajectoire sur des parois de profils (fig. 8).

Les données sont en cours de traitement. Les premiers résultats montrent qu'en l'absence d'obstacle mécanique important, les racines primaires semblent rester dans un même plan vertical, défini par la position de la racine autour de l'axe du pied. Les résidus obtenus en ajustant à une droite la projection de la trajectoire sur un plan horizontal sont de l'ordre de quelques centimètres. Dans les couches non travaillées, leur trajectoire est approximativement verticale. Les va-

leurs des pentes obtenues en recherchant un ajustement linéaire sont proches de zéro. Enfin la courbure des racines dans les couches travaillées dépend du numéro de l'entre-noeud porteur. Les racines des entre-noeuds supérieurs deviennent plus rapidement verticales et restent plus proches du pied que les racines des entre-noeuds intérieurs (fig. 8 et 9).

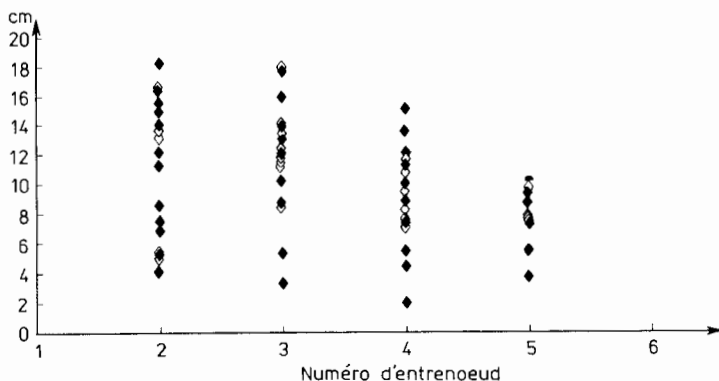


Fig. 9. Distance au pied à 15 cm profondeur en fonction du numéro de l'entre-noeud porteur. Pieds cultivés en conteneurs

Fig. 9. Distance between the root and the maize plant at a depth of 15 cm for each internode. Plants grown in containers

2.2.4. Vitesse d'allongement des primaires

Il n'existe pas de méthode permettant de mesurer l'allongement des racines in situ. Des travaux ont été faits en rhizotron, en mesurant l'allongement des racines primaires au travers d'une paroi transparente. Dans ces conditions, le système racinaire est en situation tout à fait différente de ce qui existe au champ: absence de gradient de porosité, de température, effet paroi, etc. On peut cependant admettre que toutes les racines vues à travers la vitre sont dans des conditions similaires. Les résultats font apparaître une forte variabilité interjournalière des allongements mesurés. Les plantes ayant été conduites en situation d'alimentation hydrique et minérale non limitantes, on observe des relations entre l'allongement d'un jour donné et les variables climatiques (température, rayonnement) des jours précédents. On n'a pas pu mettre en évidence de relation de "priorité" entre racines d'un même entre-noeud ou d'entre-noeuds différents. A titre d'exemple, est présentée figure 10 l'évolution de la longueur de racines appartenant aux entre-noeuds 4, 5 et 6 pendant la période où elles sont simultanément en croissance contre la vitre. On n'observe pas de différence nette de pente entre les différentes courbes.

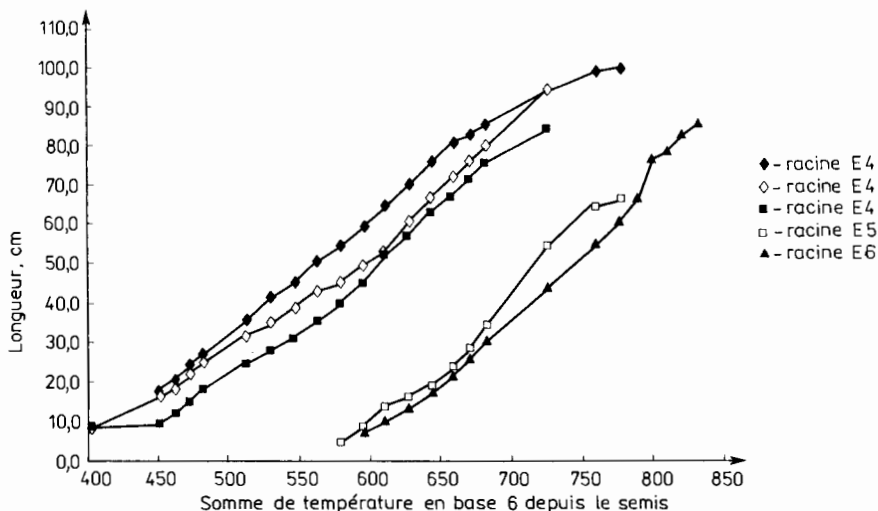


Fig. 10. Allongement de 5 racines primaires (trois E4, une E5 et une E6) suivies en rhizotron, en fonction du temps mesuré en somme de température depuis le semis (Pellerin, Trendel, non publié)

Fig. 10. Elongation rate of five primary roots (three E4, one E5 and one E6) observed in rhizotron, related to sum of temperature (Pellerin, Trendel, not published)

3. VALEUR DES PARAMÈTRES RELATIFS AUX SECONDAIRES

Concernant ces paramètres, on dispose uniquement de comptages effectués par Jordan [4].

Il existe aux extrémités basales et apicales des primaires une zone non ramifiée. D'après des observations faites en rhizotron, la longueur de ces zones dépend de la racine, et du numéro de l'entrenoed porteur mais varie peu au cours du temps. Il en résulte que la vitesse de progression du front de ramification dépend de la vitesse d'allongement de la primaire [5, 19].

Le nombre de secondaires par unité de longueur de primaire diminue avec la profondeur, et augmente avec le numéro de l'entrenoed porteur: les ordres de grandeur obtenus sont de l'ordre de 4 par centimètre sur E2, de 4 à 10 par centimètre sur E8 [5].

Parmi les secondaires émises, un certain nombre s'allonge et d'autres se nécrosent.

Enfin, on ne dispose d'aucune référence sur la disposition des secondaires sur la primaire, leur vitesse d'allongement, leur trajectoire. D'après nos observations faites au champ, elles seraient relativement courtes, et subhorizontales.

4. SYNTHÈSE ET CONCLUSION

Compte tenu de sa morphogénèse, une représentation géométrique du système racinaire peut être obtenue par allongement et ramification d'un réseau arborescent. Les résultats obtenus à l'occasion des travaux présentés et cités permettent de concevoir le modèle adapté au cas du maïs et de le faire fonctionner avec les ordres de grandeur ou les distributions dont on dispose. Ils ne permettent pas de prédire dans des conditions de milieu quelconques la géométrie du système racinaire.

Les paramètres nécessaires à la construction du modèle prennent des valeurs extrêmement variables. Celles-ci dépendent des conditions de croissance. Cela a été mis en évidence pour les nombres et vitesses d'allongement. Pour d'autres paramètres, les résultats bibliographiques permettent de le supposer. Ainsi la trajectoire d'une racine dépend de la température du sol [9, 10, 14], de la présence ou non d'obstacles mécanique à la pénétration et de leur taille [13]. Par ailleurs, ces paramètres ne sont pas indépendants. C'est le cas par exemple des nombres et dispositions des racines sur les entrenœuds successifs. La modélisation devra en tenir compte.

Compte tenu de cette variabilité, et de la multiplicité des facteurs en cause (température, état structural...) il est peu probable qu'on dispose à court terme d'un modèle prédictif exhaustif. Utilisé en ce sens, le modèle devra être simplifié (par exemple, en se limitant à l'architecture du réseau primaire). Les secondaires étant nombreuses mais relativement courtes, l'architecture du réseau primaire est a priori déterminante vis-à-vis de la colonisation du profil et ne tenir compte que des facteurs qui, au champ, sont déterminants vis-à-vis de la croissance et de la disposition des racines. Les critères de validation devront être choisis, en fonction de l'utilisation prévue du modèle et de la précision recherchée.

La variabilité observée sur les paramètres confirme par contre l'existence d'une large gamme possible dans la géométrie du système racinaire, de fait constatée [15]. A très court terme, l'intérêt du modèle est de pouvoir associer à un jeu de paramètres, éventuellement décrits sous forme de lois de distribution, une géométrie résultante du système racinaire qu'on peut décrire en termes pertinents par rapport à sa fonction de capteur (par exemple, en calculant des distances entre chaque point du sol et la racine la plus proche). L'importance relative des différents paramètres, vis-à-vis de cette variable de sortie peut être évaluée. Les données actuellement disponibles permettent d'envisager la réalisation de ce type de travail.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Bosc M., Maertens C.: Rôle de l'accroissement du système racinaire dans l'absorption de divers états du potassium du sol. *Agrochimica*, Vol. XXV, n°1, 1981.
2. Brouwer R.: Functional equilibrium: sense or nonsense? *Neth. J. Agric. Sci.*, 31, 335, 1983.
3. Girardin Ph, Morel-Fourrier B., Jordan M-O., Millet B.: Développement des racines adventives chez le maïs. *Agronomie*, 7, 353, 1987.
4. Jordan M-O.: Mise en place du système racinaire du maïs. Définition et caractérisation au champ et en conditions contrôlées des paramètres descriptifs de la structure racinaire. Thèse, Université de Strasbourg, 1986.
5. Jordan M-O., Girardin P., Varlet-Grancher C., Picard D., Trendel R.: Rythme d'apparition des racines primaires du maïs (*Zea mays* L.). III. Variations observées au champ. *Agronomie*, 8, 37, 1988.
6. Juguet M., Derieux M., Dubourcq J-B.: Variations observées dans l'état de développement de systèmes foliaire et racinaire chez la semence de maïs. *Agronomie*, 6, 299, 1986.
7. Lungley D. R.: The growth of root systems. A numerical computer model. *Plant Soil*, 38, 145, 1973.
8. Mangelsdorf P. C., Goodsell S. F.: The relation of seminal roots in corn to yield and various seed, ear and plant characters. *J. Am. Soc. Agron.*, 21, 52, 1929.
9. Mosher P. N., Miller M. H.: Influence of soil temperature on the geographic response of corn roots (*Zea mays* L.). *Agron. J.*, 64, 459, 1972.
10. Onderdonk J. J., Ketcheson J. W.: Effect of soil temperature on direction of corn root growth. *Plant Soil*, 39, 177, 1973.
11. Page E. R., Gerwitz A.: Mathematical models based on diffusion equations to describe root systems of isolated plants row crops and swards. *Plant Soil*, 41, 243, 1974.
12. Picard D., Jordan M-O., Trendel R.: Rythme d'apparition des racines primaires du maïs. I. Etude pour une variété en un lieu donné. *Agronomie*, 5, 667, 1985.
13. Riedacker A.: Etude de la déviation des racines horizontales ou obliques issues de boutures de peuplier qui rencontrent un obstacle: applications pour la conception de conteneurs. *Ann. Sc. Forest.*, 35, 1, 1978.
14. Sheppard S. C., Miller M. H.: Temperature changes and the geotropic reaction of the radicle of *Zea mays* L., *Plant Soil*, 47, 631, 1977.
15. Tardieu F.: Etude au champ de l'enracinement du maïs. Influence de l'état structural sur la répartition des racines. Conséquences sur l'alimentation hydrique. Thèse Docteur-Ingénieur, INA-PG, 1984.
16. Tardieu F.: Etat structural, enracinement et élimination hydrique du maïs. III. Disponibilité des réserves en eau du sol. *Agronomie*, 7, 279, 1987.
17. Tardieu F.: Analysis of the spacial variability in maize root density. I. Effect of wheel compaction on the spacial arrangement of roots. *Plant Soil*, 107, 259, 1988.
18. Tardieu F., Manichon H.: Etat structural, enracinement et alimentation hydrique du maïs. II. Croissance et disposition spatiale du système racinaire. *Agronomie*, 7, 201, 1987.
19. Tricot F.: Contribution à l'étude de la disposition spatiale des racines primaires du maïs. Mémoire de DEA, INA-PG, + annexes, 1987.
20. Varlet-Grancher C., Derieux M., Jordan M-O., Girardin Ph., Picard D.: Rythme d'apparition des racines primaires du maïs (*Zea mays* L.). II. Variations observées sur quelques génotypes. *Agronomie*, 7, 695, 1987.

S. Pellerin, F. Tardieu

DISTRIBUTION OF MAIZE ROOT SYSTEM
SOME RESULTS OBTAINED FOR ELABORATION OF THE CONCEPT OF THE THREE-
-DIMENSIONAL MODEL

S u m m a r y

In 1973, Lungley (7) built a numerical model in order to simulate growth and branching of the root system. Thanks to such a model a spatial representation of the whole root system can be obtained. It is then possible to make calculations of total length of root or distances between roots which provide useful information about the ability of the root system to take up water and nutrients. The difficulty is to get all required parameters as number of roots, growth rate, etc. The objective of this paper is to discuss feasibility of modelling maize root system thanks to experiments and results already published [4, 5, 12] or which are going on.

The maize root system is made of 30 to 40 primary roots, with branching roots of first and second order. It exists a relationship between root and shoot rates of appearance [12]. Number of primary roots varies with growth conditions. We noticed: a) an effect of planting date on the number of primary roots on the first internodes, b) an effect of plant density, soil structure and nitrogen fertilization on number of primary roots on the upper internodes.

The disposition of primary roots around the stem is not randomized and seems to alternate on the successive internodes. When there is no obstacle in the ploughed layer their curvature depends on the internode they are coming from. Growth rate of primary roots was studied in rhizotrons. It exists a great variability in growth rate per day but no priority was observed between roots of different internodes. Thanks to available results it seems possible to build the general model for maize root system and to use it for analysis (for instance sensibility analysis). Because of the variability observed about main parameters it seems however difficult to predict whatever the conditions are the affecting root distribution. For such a use, the model has to be simplified.

S. Pellerin, F. Tardieu

PRZESTRZENNE ROZMIESZCZENIE SYSTEMU KORZENIOWEGO KUKURYDZY
NIEKÓRE WYNIKI DO OPRACOWANIA MODELU TRÓJWYMIAROWEGO

S t r e s z c z e n i e

W 1977 r. Lungley (7) zaproponował model numeryczny symulacji wzrostu, rozwoju i rozmieszczenia systemu korzeniowego.

Na podstawie modelu można obliczyć całkowitą długość korzeni i odległość między poszczególnymi korzeniami, które są wskaźnikami zdolności pobierania wody i związków azotowych. Określenie charakterystyk systemu korzeniowego jak liczba korzeni, szybkość wzrostu, potrzebne do modelowania jest pracochłonne. W opracowaniu tym omówiono możliwości modelowania systemu korzeniowego kukurydzy na podstawie opublikowanych rezultatów [4, 5, 12], jak i eksperymentów będących w trakcie wykonywania.

System korzeniowy kukurydzy wytwarza 30-40 korzeni pierwotnych, z których poprzez odgałęzienia tworzą się korzenie pierwszego i drugiego rzędu. Istnieje zależność między szybkością wzrostu łodygi i korzeni [12]. Liczba korzeni pierwotnych zmienia się w zależności od warunków wzrostu. Zaobserwowano: a) wpływ daty siewu na liczbę korzeni pierwotnych na pierwszych międzywęźlach, b) wpływ gęstości roślin, struktury gleby i nawożenia azotowego na liczbę korzeni pierwotnych na wyższych międzywęźlach.

Rozmieszczenie korzeni pierwotnych jest przypadkowe i zmienia się na poszczególnych międzywęźlach. Gdy nie ma przeszkód w warstwie ornej korzenie pierwotne znajdują się w płaszczyźnie pionowej, także w podglebiu. W warstwie ornej ich krzywizna zależy od położenia międzywęźli. Badanie szybkości wzrostu korzeni pierwotnych w rizotronie wskazały na dużą zmienność szybkości wzrostu z dnia na dzień, ale nie stwierdzono wyraźnych różnic w liczbie korzeni wyrastających z poszczególnych międzywęźli. Stwierdzono, że dostępne wyniki pozwalają na opracowanie modelu systemu korzeniowego kukurydzy, który byłby przydatny w dalszych badaniach. Z powodu dużej zmienności głównych parametrów systemu korzeniowego trudno jest określić, które czynniki warunkują główne rozmieszczenie korzeni. Z tego względu model powinien być uproszczony.