



HAL
open science

Les besoins en eau des plantes et l'introduction de la génétique

Jean-Louis Durand

► **To cite this version:**

Jean-Louis Durand. Les besoins en eau des plantes et l'introduction de la génétique. 5. Rencontres de la recherche et du développement en Poitou-Charentes, Dec 2014, Rouillé, France. 56 p. hal-01207459

HAL Id: hal-01207459

<https://hal.science/hal-01207459>

Submitted on 19 Nov 2015

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Les besoins en eau des plantes et l'introduction de la génétique

Jean-Louis DURAND

Inra, Unité de recherches pluridisciplinaire sur la prairie et les plantes fourragères,
86600 Lusignan.

Courriel : jean-louis.durand@lusignan.inra.fr

Résumé

La sécheresse s'impose comme l'une de limitations de la production agricole les plus difficiles à combattre. Chez les espèces qui s'y exposent, le recours à l'irrigation reste, quand elle est possible, la méthode la plus efficace. Cependant, un travail constant en amélioration des plantes depuis près d'un siècle a permis des gains non négligeables en jouant sur plusieurs caractères de la plante concourant à l'élaboration du rendement. La recherche progresse sur tous les fronts en coordonnant l'exploitation raisonnée et systématique de l'ensemble des ressources génétiques avec l'analyse toujours plus fine de la physiologie des variations génétiques de la résistance à la sécheresse.

Mots Clefs : Réserve utile, racines, potentiel hydrique, surface foliaire, transpiration, conductance stomatique.

1. Introduction

La sécheresse réduit fortement voire drastiquement la production de nombreuses cultures du Poitou-Charentes, à commencer bien entendu par les cultures d'été. Or, la plupart des cultures connaissent des périodes de déficit hydrique par rapport aux besoins de la plante, sur tout ou partie de leur cycle cultural. La situation ne fait que se détériorer avec le changement climatique (Levrault et al. 2010). Depuis très longtemps l'on cherche à améliorer la productivité de ces cultures à travers deux axes parfois complémentaires : l'irrigation (et la fertilisation) et l'amélioration génétique. En général et jusqu'à une période récente, l'irrigation visait à satisfaire le mieux possible les besoins de la plante. Ceux-ci sont déterminés par sa phénologie, le développement de sa surface foliaire d'une part et le climat d'autre part (rayonnement solaire, température et humidité de l'air et vent) d'autre part. Les calculs d'évapotranspiration potentielle (ET), absolument essentiels pour chiffrer les besoins et conduire les pratiques, sont désormais classiques et ne font plus guère l'objet de questions sinon secondairement sur l'épineux problème de la part évaporation du sol dans l'Evapotranspiration Réelle (ETR). Les calculs de doses d'irrigation dépendent alors du système d'irrigation, de l'état de développement de la culture et, secondairement, du type de sol. Plus récemment, il s'est avéré que certaines économies d'eau pouvaient être réalisées au détriment de la production de biomasse avec un moindre impact sur le rendement. Cette « irrigation déficitaire » a fait l'objet de recherches en arboriculture mais aussi sur les céréales. « Quand et combien apporter l'eau ? » sont ainsi les deux principales questions résolues depuis la fin du siècle dernier mais qui ne concernent qu'au plus 10 % des surfaces agricoles.

Parallèlement, et pour l'ensemble des surfaces, l'amélioration génétique de la production potentielle a permis l'accroissement régulier des rendements dans la région, progrès génétique

actuellement constant depuis les années 60 chez l'ensemble des cultures, y compris fourragères. Chez les céréales, ce progrès s'est toutefois accompagné d'un accroissement quasiment proportionnel des besoins en eau de la plante puisqu'il a principalement consisté à augmenter la durée de fonctionnement du couvert végétal. Cela s'est fait en gagnant sur la vitesse d'implantation au début et en retardant la sénescence des feuilles à la fin du cycle. C'est notamment sur les durées respectives des cycles végétatif et reproducteur que l'on a joué pour rendre la culture résistante à la sécheresse. L'amélioration a encore assez peu touché les phases sensibles de la production que constituent les périodes de floraison. Pour cela, il convient d'entrer davantage dans les détails de l'élaboration du rendement. C'est le rôle des travaux d'écophysiologie des cultures, de mieux en mieux intégrés à la recherche en génétique. Je développerai rapidement ce que ces travaux nous disent des besoins en eau aux différentes phases du cycle de production en général, et des conséquences de la variation de certains caractères sur le rendement en sec.

2. L'eau et la plante dans le champ cultivé

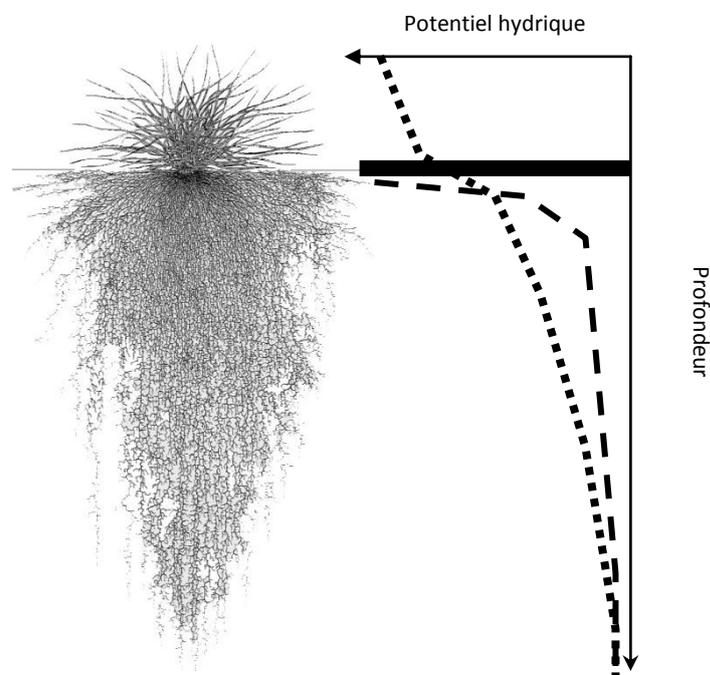


Figure 1. Représentation d'une plante de fétuque élevée sur un sol et du niveau de contrainte hydrique dans le sol (pointillés) et dans la plante (tirets). L'eau circule du sol vers la plante, de la zone la plus humide vers la plus sèche. D'après Durand, 2007.

2.1. Variabilité génétique de la réserve utile

La vie des plantes cultivées et leur niveau de production dépendent étroitement de la satisfaction du besoin de transpiration. Ce besoin est satisfait par l'eau du sol que collectent les racines à différentes profondeurs. Il est trop fréquent de ne voir dans la question de la réserve utile qu'une propriété physique du sol. Il n'en est rien. Si en effet, la texture et la structure du sol sont des propriétés physiques essentielles d'ailleurs bien connues, la réserve en eau de la plante dépend aussi et principalement de la pluviométrie et de la densité des racines, de leur étendue en profondeur tout spécialement. Sur ce dernier point, il existe une grande variabilité inter- et intra-spécifique de formes et de vitesse d'exploration du profil

cultural. Une racine pousse dans le sol à une vitesse à peine inférieure à la vitesse d'allongement d'une feuille et la réserve utile augmente sous la culture à mesure que ses besoins croissent. La variabilité génétique de la croissance racinaire entraîne ainsi des différences nettes en termes de réserve hydrique mais aussi de dynamique. Au moment où la sécheresse s'installe, la croissance des racines est généralement freinée (quoique de façon moins prononcée que celle des feuilles) et il existe aussi une certaine variabilité génétique dans la capacité des plantes à entretenir un système racinaire profond durant la sécheresse. Dans tous les cas, la position de la période sèche par rapport au cycle cultural est plus importante que l'intensité du stress lui-même (Vadez et al. 2014). Des phases sensibles sont repérées depuis longtemps chez les céréales (Robelin et Morizet, 1983), tandis que les sécheresses au début de la mise en place du feuillage sont bien connues pour affecter davantage les rendements que les sécheresses subies durant les fins de cycle.

2.2. Variabilité génétique de la transpiration

La transpiration dépend au premier ordre de la surface foliaire. Au point que parmi les plantes, les mieux adaptées sont celles qui développent de petites surfaces foliaires. Mais ces plantes sont par conséquent peu productives. En sorte que ce type d'adaptation est peu recherché en agriculture, sauf lorsque l'on cultive des plantes qui concentrent leur production sur les périodes non soumises à la sécheresse (par exemple les fourragères méditerranéennes). Dans les autres cas, les plantes résistantes sont celles qui optimisent la perte en eau par rapport au gain en matière sèche. La conductance stomatique joue alors un rôle important pour réduire la contrainte dans les tissus photosynthétiques. Il s'agit alors pour les régulations de résoudre le compromis entre l'ouverture des stomates qui provoque la soif (transpiration excessive) et leur fermeture qui engendre la faim (assimilation chlorophyllienne insuffisante).

2.3. Variabilité génétique de croissance nette sous stress

En cas de sécheresse, et quels que soient les progrès réalisés pour optimiser et affiner ces régulations qui maximisent l'offre (enracinement) et/ou minimisent les pertes (conductance stomatique), la plante subit de toute façon une altération de son état hydrique qui réduit immédiatement sa croissance. Or, on observe également de fortes variations génétiques dans la façon dont la plante réagit au même état hydrique.

Tout d'abord, la production de nouveaux tissus sous contrainte hydrique est variable génétiquement. Ainsi, toujours chez les graminées, on observe que la vitesse d'allongement des feuilles de ray-grass anglais se prolonge pour des états hydriques bien plus dégradés que chez la fétuque élevée ou le ray-grass d'Italie. De même le maïs offre-t-il une plage de variation importante à cet égard (Cf. exposé suivant). De plus, ces potentialités d'expansion cellulaire sous contrainte hydrique concernent les soies des fleurs, ce qui est à la base d'une variabilité génétique non négligeable de la résistance de la fertilité sous contrainte hydrique.

Par ailleurs, la mortalité des tissus sous l'effet de la sécheresse peut varier considérablement d'une espèce et surtout d'un génotype à l'autre. Par exemple, la sénescence des feuilles chez les ray-grass anglais est bien plus accélérée que chez les fétuques élevées. Toutes choses égales par ailleurs, certaines variétés conservent donc plus longtemps que d'autres des surfaces foliaires efficaces pour la photosynthèse. Les variantes *Staygreen* qui gardent leurs feuilles vertes et efficaces bien plus longtemps ont été décrites chez de nombreuses espèces de graminées (maïs, sorghos, graminées fourragères...). Au plan physiologique, le maintien de

surfaces opérationnelles fait parfois appel à des régulations osmotiques qui permettent aux feuilles de rester turgescentes alors que leur teneur en eau diminue.

3. Les méthodes de sélection pour la production estivale

Outre les méthodes de sélection classiques, deux voies sont explorées pour tenter d'accélérer le progrès génétique. D'une part, on cherche de plus en plus à réduire l'erreur liée à des comparaisons de performances faites entre des situations de sécheresses aux intensités trop différentes. Il s'agit de mieux caractériser la contrainte hydrique, soit directement, soit par des mesures de température de plante par exemple. Dans ce dernier cas, on utilise le fait qu'une

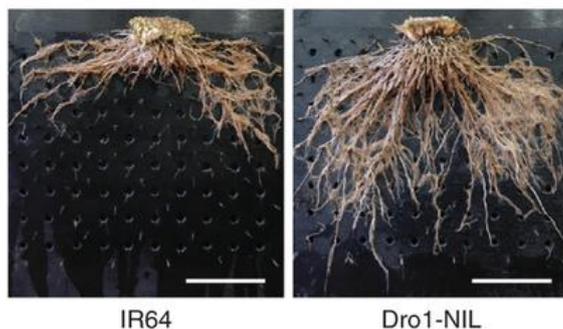


Figure 2. Comparaison des enracinements de la variété de riz IR64 avec la même variété dans laquelle le gène DRO1- NL s'exprime davantage.

plante qui sur un même terrain transpire davantage qu'une autre présentera des feuilles plus fraîches. Celles-ci émettent alors un rayonnement infrarouge différent, ce qui permet de les classer selon leur intensité transpiratoire et donc de rapporter leurs productivités respectives à l'accès à la ressource qu'elles ont. Aussi utiles que soient ces méthodes, croisées avec les méthodes modernes d'identification des génotypes au niveau de l'ADN, pour classer les plantes selon leurs performances en milieu sec, il restera encore à déterminer si ce meilleur état hydrique est lié à un système racinaire plus profond et plus efficace ou bien à une régulation stomatique (sur les feuilles) plus intense.

C'est pourquoi d'autre part, on procède à l'analyse de plus en plus fine des déterminants physiologiques des caractères d'adaptation jusqu'aux niveaux moléculaires. Des centaines de gènes pouvant intervenir dans la résistance à la sécheresse ont déjà été identifiés. De nombreuses expériences ont montré que la variation de l'expression de certains de ces gènes provoque des phénotypes différents sous contrainte hydrique. Par exemple selon une publication récente (Uga et al. 2013), la surexpression d'un seul de ces gènes chez le riz a provoqué une croissance racinaire nettement plus profonde, par réorientation de l'axe de croissance de la racine, augmentant ainsi la réserve hydrique. Toutefois, il y a encore loin des champs expérimentaux aux champs cultivés et la recherche doit aller beaucoup plus loin pour pleinement tirer parti de ces récentes avancées à l'échelle de la cellule ou de la molécule.

4. Conclusion

L'amélioration des plantes cultivées pour la production en conditions sèches a essentiellement visé le rendement. Les exemples développés dans l'exposé de MM. Ghesquière, Langlade et Welcker apporteront des exemples de ces progrès dont dépend pour une bonne part le succès de l'intensification écologique que demande l'agriculture pour faire face aux attentes de la population.

Bibliographie

Durand JL. 2007. Les effets du déficit hydrique sur la plante : aspects physiologiques. *Fourrages* 190, 181-195.

Robelin M., Morizet J. 1983. L'eau. Répondre aux besoins ou adapter les cultivars. *Agromais*, 20 : p 28.

Vadez V., Kholova J., Medina S., Kakker A., Anderberg H. 2014. Transpiration efficiency: new insights into an old story. *Journal of Experimental Botany*. doi:10.1093/jxb/eru040

Uga Y., Sugimoto K., Ogawa S., Rane J., Ishitani M., Hara N., Kitomi Y., Inukai Y., Ono K., Kanno N., Inoue H., Takehisa H., Motoyama R., Nagamura Y., Wu J., Matsumoto T., Takai T., Okuno K., Masahiro Yano M. 2013. Control of root system architecture by DEEPER ROOTING 1 increases rice yield under drought conditions. *Nature Genetics* 45,1097–1102.