

LE MONOXYDE D'AZOTE, DE L'HOMME À LA PLANTE ; QUELLE IMPORTANCE POUR L'AGRICULTURE ET L'ENVIRONNEMENT ?

INTRODUCTION

par Jean-François Morot-Gaudry¹

Le monoxyde d'azote (NO) est un radical très réactif et un effecteur biologique extrêmement important. NO est connu pour son rôle de vasodilatateur ; il est impliqué également dans la relaxation musculaire, l'agrégation des plaquettes sanguines, la transmission synaptique, les réactions immunitaires, le système inflammatoire, l'apoptose et la signalisation cellulaire en général. Chez les animaux et humains, NO est produit par des enzymes particulières, les NO synthases (NOS ; EC 1.14.13.39) dont plusieurs isoformes ont été identifiées et caractérisées dans différents tissus (endothélium, neurones, macrophages et mitochondries). Le monoxyde d'azote NO a été déclaré « *molecule of the year* » *by Science* en 1992 et a valu le prix Nobel de physiologie et de médecine à Robert Furchgott, Louis Ignarro et Ferid Murad en 1998.

Cependant, NO n'est pas confiné au seul monde animal. Il a été montré depuis une dizaine d'années que les plantes peuvent en produire et en rejeter dans l'atmosphère. Chez les plantes NO, dont les origines sont diverses, joue un rôle important dans leur croissance et développement et surtout dans leur réponse aux pathogènes souvent en interaction avec les radicaux libres de l'oxygène. Les rôles joués par NO paraissent assez semblables chez les animaux et les plantes, en particulier ceux qui concernent la signalisation cellulaire. De ce fait nombreux travaux ont été consacrés récemment à l'étude comparée de la synthèse et du mode d'action de ce radical (gaz qui diffuse facilement dans les tissus biologiques) chez les animaux et les plantes.

Dans le règne végétal, NO est produit de différentes manières, enzymatique et non enzymatique. Il a été montré que NO pouvait résulter de réactions chimiques entre les oxydes d'azote et les métabolites cellulaires, de l'oxydation de l'oxyde nitreux (N₂O) (composé issu des activités de nitrification et de dénitrification des bactéries du sol), de la réduction du nitrite à pH acide (dismutation du nitrite en NO et nitrate). Le nitrite en présence d'acide ascorbique peut être également réduit en NO en milieu acide (chloroplaste) et à la lumière par les caroténoïdes. NO peut être formé enzymatiquement par la xanthine oxydoréductase et les peroxydases, et surtout par la nitrate réductase en présence de réducteur (NADH) à partir du nitrite (NO est considéré dans ce cas comme un sous-produit du métabolisme azoté). Comme chez les animaux, NO peut être le résultat de l'oxydation de l'arginine en citrulline, réaction catalysée par une enzyme manifestant une activité NO synthase semblable à celle rencontrée chez les animaux. Toutefois, la production de NO chez les végétaux par une NO synthase a fait longtemps l'objet de débats et de controverses étant donné qu'aucun gène semblable aux gènes de NO synthases animales n'avait été identifié dans le

¹ Membre de l'Académie d'Agriculture. Directeur de recherches à l'Institut national agronomique, directeur du Laboratoire du Métabolisme et de la Nutrition des Plantes, route de Saint-Cyr, 78026 Versailles.
Courriel : morot@versailles.inra.fr

génomique d'*A. thaliana*. Cependant, récemment une NO synthase présentant avec une séquence différente de celles rencontrées chez les mammifères a été mise en évidence chez la plante modèle (*AtNOS1*) (confère les derniers articles de *Cell* et des PNAS qui ont fait l'objet de débats houleux cet automne ; J Travis, *Science*, 5 nov 2004, vol 306, p 960 : NO-making enzyme no more : *Cell*, PNAS papers retracted).

Comme chez les mammifères, NO est connu pour modifier la signalisation cellulaire (phosphorylation/déphosphorylation, nitration, nitrosylation etc.) et pour avoir aussi des effets sur de nombreux processus et fonctions spécifiques aux plantes : germination, croissance des feuilles et des racines, sénescence, respiration, ouverture stomatique, photosynthèse, etc). NO joue également un rôle important dans la défense des plantes (production de phytoalexines et interaction avec les radicaux libres de l'oxygène). Il induit la synthèse d'acide salicylique et d'éthylène et est impliqué dans la réponse hormonale et dans les réactions de stress suite à de nombreuses contraintes. NO peut donner lieu également dans certaines conditions à la production de peroxy-nitrique, molécule très réactive et très toxique.

NO est donc produit dans les tissus végétaux et la plante doit le gérer ; c'est une nécessité. De plus NO peut être produit par l'activité microbienne des sols. Quelle est l'importance de NO dans la croissance et le développement des plantes au champ ? Quelle est l'importance de NO dans l'atmosphère et quels sont ses effets sur l'environnement en général ?

Ce sont des questions auxquelles nous allons essayer de répondre au cours de cette séance. **Christian Meyer** présentera les résultats des travaux réalisés sur la voie de réduction des nitrates, mettant en évidence le rôle de la nitrate réductase dans la production de NO. **David Wendehenne** montrera comment le NO est produit au cours des attaques par les pathogènes et essaiera de déterminer son rôle comme agent de communication entre la plante et ses agresseurs. Enfin, **Pierre Cellier** terminera cette séance en montrant l'importance du NO produit par les sols et ses implications pour la qualité de l'air et les impacts sur les écosystèmes.