



Graphique no 2 Action de l'azote minéral dans le sol avec et sans paille enfouie d'après G. BARBIER et P. BOISCHOT 1954.

vant présenter des inconvénients dans les sols de limon. Ils peuvent être dus également à l'importante variation de l'économie de l'azote minéral dans le profil d'une année à l'autre. Les auteurs croient cependant pouvoir conclure qu'en présence de paille enfouie le rendement maximum de l'azote minéral est plus élevé qu'en l'absence de fumure organique, d'environ 10%, ou un peu plus en moyenne. Mais il faut appliquer, en présence de paille, une plus forte dose d'azote pour obtenir le rendement maximum (décalage du maximum vers la droite et vers le haut). L'influence favorable de la fumure organique porte, à la fois, sur le poids des betteraves récoltées et sur la teneur en sucre. Les résultats postérieurs de 1959 (18) ont confirmé que la fumure organique permet d'obtenir, avec une dose convenable d'azote minéral, des rendements qui ne peuvent pas être obtenus avec l'azote minéral seul quelle qu'en soit la dose.

L'influence des doses croissantes d'azote dans des parcelles avec et sans paille a été étudiée par BROCHADO de MIRANDA (19) pour la culture du Riz. La paille de riz qui est relativement riche en azote (0,8%), enfouie à la dose de 6 t/ha de matière sèche, a un effet favorable à tous les niveaux d'azote de 0 à 240 kg. d'N/hectare et permet d'augmenter le rendement maximum. Cet effet favorable est surtout marqué pour la production de grain.

Pour pouvoir interpréter convenablement les expériences de ce type, il convient d'être fixé sur les variations de teneur du sol en azote minéral au cours de l'année ainsi que sur les rythmes d'absorption des nitrates dans les plantes elles-mêmes, dans les parcelles avec paille et sans paille. Dans un travail sur les arrière-effets cumulés des fumures azotées minérales sur le cycle annuel de l'azote minéral du sol en présence et en l'absence de paille, J. CHABANNES (20) étudie les sols des parcelles de l'expérience de longue durée précédente (Versailles). Il constate que les oscillations annuelles

de l'N minéral sont influencées par les fumures azotées minérales antérieures et ceci d'une manière différente dans les parcelles avec paille et sans paille. Il semble y avoir beaucoup plus d'azote sous forme ammoniacale dans les parcelles pailles à certaines époques de l'année (18); ceci pourrait expliquer, en partie, l'amélioration de la productivité du kg. d'azote minéral pour les fortes fumures azotées (21).

D'autre part, la différence des quantités d'N minéral du sol en présence de doses variées d'engrais minéraux dépasse souvent la différence des doses d'azote appliqué, surtout pour les parcelles pailles.

Les effets favorables de la paille peuvent donc être attribués à son action sur le cycle de l'azote. Ils peuvent être également liés à une amélioration de la structure, soit directement par un effet mécanique avant décomposition, soit après l'intervention d'organismes divers et notamment de vers de terre.

Bien entendu, l'effet possible des quantités de potasse contenues dans la paille enfouie qui sont de l'ordre de 100 à 150 kg. de K₂O doit être éliminé dans l'expérimentation.

En ce qui concerne la possibilité d'une fourniture aux plantes supérieures de substances pré-humiques ou post-humiques, on peut rappeler les travaux de KONONOWA, de CHRISTEWA et de FLAIG. Mais ce sont surtout ceux de CHAMINADE qui éclairent d'un jour nouveau certains aspects des relations entre les fumures organiques et les fumures minérales.

Les travaux de R. CHAMINADE (22), effectués en vases avec solutions nutritives, ou en pots sur sols avec du Ray-Grass, montrent que la présence dans le milieu de culture d'un humate de sodium extrait de terreau, a augmenté l'efficacité de l'azote minéral à l'égard du végétal (graphique 3).

Cette augmentation d'efficacité est en relation avec une absorption accrue d'azote par la plante pour une teneur déterminée du milieu de culture en cet élément. D'autre part, la

désirée et à telle quantité par acre. Le prix de ses services varie, selon le type d'épandage principalement, c'est-à-dire, surface, sous-sol ou eau d'irrigation. Le prix a souvent pour base la surface traitée plutôt que la quantité d'engrais appliquée.

Lorsque c'est le fermier qui pratique l'épandage, plusieurs arrangements sont prévus. Le stockage hors de l'usine peut appartenir soit au fermier, soit au distributeur et le transport local être entrepris par l'un ou l'autre. Ce stockage peut avoir un caractère permanent ou temporaire. Dans certains cas, le fermier qui possède une grande surface de terrain peut se charger d'un petit centre de distribution et vendre à ses voisins. Il peut également se charger de l'épandage local lorsque son équipement n'est pas utilisé dans sa propre ferme.

Manutention et stockage

Manutention et stockage des liquides azotés sont soumis à quelques éléments essentiels: tension de vapeur de la solution, sa corrosivité et les précautions de sécurité à prendre. L'ammoniac anhydre a une forte pression de vapeur (211 p. s. i. g. [inche par pouce carré] à 40° C) et on le stocke dans des réservoirs susceptibles de résister à une pression de 265 p. s. i. g. ou plus et équipés de soupapes de sûreté. La solution d'ammoniac a une pression beaucoup plus faible (2 p. s. i. g. à 40° C pour 25% d'ammoniac); cependant, on utilise généralement pour la stocker des réservoirs résistant à une pression minimale de 100 p. s. i. g. La pression pour les solutions de type sous-pression varie de 1 à 72 p. s. i. g. (à 40° C), selon la proportion d'ammoniac libre. On peut stocker les solutions de type sans pression dans des réservoirs sans pression ou des cuves ouvertes à moins qu'elles ne soient transportées par pression de l'air; dans ce cas, il faut une résistance à la pression de 30 à 35 p. s. i. g., en accord avec les normes obligatoires des réservoirs à pression des liquides ininflammables. Un procédé relativement nouveau consiste à stocker l'ammoniac anhydre à la pression atmosphérique afin de permettre l'emploi de réservoirs moins onéreux et plus légers. On obtient de basses pressions en faisant bouillir l'ammoniac (environ à -33° C), en enlevant la vapeur, en la compressant et en la refroidissant jusqu'à la forme liquide pour retourner au réservoir.

La corrosion des réservoirs et de l'équipement ne pose pas de problème pour l'ammoniac hydraté et la solution d'ammoniac. L'acier au carbone qui est le matériau utilisé couramment donne satisfaction. Cependant, les solutions azotées présentent un problème difficile à cause de l'attaque du nitrate d'ammonium sur l'acier au carbone surtout en présence de l'ammoniac libre. Le matériau préféré pour la construction est l'aluminium qui possède une résistance satisfaisante. On ajoute souvent du thiocyanate d'ammonium afin d'empêcher la corrosion, et cela donne d'ordinaire de bons résultats pour l'acier au carbone. Cependant l'incertitude inhérente à l'emploi des inhibiteurs nous a poussé en général à l'utilisation d'un équipement en aluminium tant pour le transport, le stockage, que pour l'épandage des solutions contenant du nitrate d'ammonium. Les solutions du type sans pression, qui évitent le mélange corrosif de l'ammoniac et du nitrate d'ammonium, sont moins corrosives et on les stocke souvent dans l'acier au carbone. Cependant, il faut s'attendre à une usure de l'appareillage affecté à ce service. On emploie de plus en plus des réservoirs d'acier recouvert de matière plastique, ou des réservoirs entièrement en matière plastique —, ainsi que nous le verrons plus loin pour les engrais composés liquides.

Les solutions d'ammoniac — urée et d'urée sont beaucoup moins corrosives que celles qui contiennent du nitrate d'ammonium. On les garde en général dans de l'acier au carbone.

Il est indispensable de prendre certaines mesures de protection vis-à-vis de l'ammoniac anhydre surtout. Les risques proviennent non seulement de la forte pression mais également de la toxicité et de la possibilité d'explosion de l'ammoniac.

Le Gouvernement des USA, par l'intermédiaire de la Commission interrégionale du commerce a pris des mesures de sécu-

rité. Les camions citernes doivent porter une pancarte «danger» et on doit observer certaines mesures restrictives pour le chargement et le manèment. L'ammoniac anhydre est le seul parmi les liquides azotés à être soumis à des règlements.

L'ammoniac est un gaz toxique et il faut observer toutes les mesures de sécurité obligatoires en le manipulant. Une concentration de moins de 1% dans l'air respiré devient rapidement mortelle. L'ammoniac peut aussi être cause de graves brûlures, et c'est là le type principal des accidents parce que la victime peut habituellement éviter des troubles respiratoires en s'échappant vers l'air pur. Les plus gros ennuis viennent de l'inexpérience de l'ouvrier dans la manipulation et l'épandage à l'échelon local.

Epandage

La nature volatile de l'ammoniac fait qu'il est nécessaire que tout fertilisant liquide contenant de l'ammoniac libre soit injecté sous la surface du sol. Il y a bien eu quelques applications en surface de solutions d'ammoniac et de solutions à faible pression, mais les pertes dues à la vaporisation se sont montrées excessives, d'après certains savants.

D'ordinaire, on injecte de l'ammoniac anhydre à une profondeur de 6 inches (15 cm), mais selon les conditions du sol, cette profondeur peut varier entre 4 et 8 inches (20 cm) l'opération consiste à fendre le sol d'un sillon étroit, à injecter de l'ammoniac au moyen d'un tube suiveur et à boucher rapidement le sillon. Les ingénieurs agronomes ont fait quantité de recherches sur le problème de l'injection d'ammoniac sans qu'il y ait perte, le résultat c'est que l'équipement nécessaire à l'injection a été notablement perfectionné depuis l'initiation à ces méthodes. On a développé plusieurs types d'équipement selon les sols et les cultures.

La plus grande partie de l'ammoniac anhydre utilisé est donnée comme apport supplémentaire à des cultures déjà faites. On pratique aussi des épandages avant de planter; ce qui peut se faire par injection de l'ammoniac dans le sillon fait par la charrue ou par des lames spéciales standard lorsque les conditions du sol le permettent.

La rétention par le sol de l'ammoniac injectée a été l'objet d'une quantité d'études. Il faut que l'ammoniac soit rapidement adsorbé par les particules du sol si l'on veut éviter la perte dans l'atmosphère. SOHN et PEECH ont déterminé que l'adsorption vient de la neutralisation des ions échangeables d'hydrogène et d'aluminium sur l'argile et de la réaction avec la matière organique. Les sols acides adsorbent mieux que les sols alcalins, mais un sol de pH 7,3 adsorbe une grande quantité d'ammoniac dont la plus grande partie est due à la formation de composés azotés organiques.

Les travaux d'ANDREWS et de STANLEY et SMITH ont montré qu'une très petite quantité d'ammoniac se diffuse sur plus de 2 inches (5 cm) depuis le point d'application lorsque 100 livres d'azote par acre (88 kg/ha) ont été épandues en rangées distantes de 40 inches (1 m) sur sols normaux. Le mouvement est plus intense sur les sols sableux. ANDREWS a fait remarquer que la rétention de l'ammoniac injectée est très difficile à mesurer avec précision, et que la réponse des cultures au engrais est le seul moyen pratique de mesurer les pertes. La conclusion semble être que les pertes ne sont pas significatives économiquement, à moins que des conditions extrême de type de sol, d'humidité du sol, de division du sol, de taux d'épandage et d'espacement des rangées n'y soient impliquées.

Les mêmes facteurs s'appliquent à l'épandage en profondeur de solutions d'ammoniac et de solutions de type sous pression. Cependant, le fait que la tension de vapeur soit plus faible permet une injection plus proche de la surface. On utilise souvent une profondeur de 2 inches (5 cm).

Les solutions de type sans pression sont en général épandues en surface; l'épandage en profondeur n'est utilisé que faiblement, surtout dans la partie ouest du pays. Pour l'épandage avant plantation, des citernes équipées de chassiers pulvérisateurs donnent un très rapide taux d'application. Pour l'épan-