

Le procédé de fumure azotée CULTAN testé en conditions de culture suisses

René Flisch¹, Urs Zihlmann¹, Peter Briner² et Walter Richner¹

¹Station de recherche Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, 8046 Zurich, Suisse

²Peter Briner AG, Farmerprodukte und Dienstleistungen, 8523 Hagenbuch, Suisse

Renseignements: René Flisch, e-mail: rene.flisch@art.admin.ch, tél. +41 44 377 73 23



Application d'azote au moyen d'un engin équipé de roues d'injection en étoile. (Photo: Peter Briner)

Introduction

En agriculture, l'azote (N) est un facteur de production qui joue un rôle important dans la formation du rendement des cultures et dans la qualité des récoltes. Il peut avoir en même temps des effets indésirables sur l'environnement (eau et air). Par conséquent, une utilisation ciblée et efficiente de l'azote, en tenant compte du potentiel de rendement, de la qualité du produit et des effets environnementaux, est un objectif important pour une production agricole durable.

Le système CULTAN – *Controlled Uptake Long Term Ammonium Nutrition* (nutrition à l'ammonium contrôlée sur la durée) – est censé apporter de nombreux avantages par rapport aux méthodes de fumure usuelles, tant au niveau de la production végétale que de l'économie

et de l'écologie, en tablant sur une meilleure efficacité de l'azote. Jusqu'à maintenant, les résultats d'essais et les recommandations d'utilisation du système CULTAN provenaient la plupart du temps de régions plutôt sèches du nord et de l'est de l'Europe (Kozlovský *et al.* 2009), une disponibilité suffisante de l'ammonium (NH_4) étant assurée même si l'humidité du sol est faible. Au cours de ces dernières années, le système est aussi utilisé en Suisse, toutefois sans disposer d'informations fondées quant au fonctionnement du système dans les conditions culturales, climatiques et pédologiques du pays. La Station de recherche Agroscope Reckenholz-Tänikon ART a jugé nécessaire d'expérimenter le système de fumure CULTAN en le comparant aux techniques d'application usuelles sur blé d'automne et sur maïs, en mesurant les effets sur le rendement et sur la qualité de la récolte.

Matériel et méthodes

Dispositif expérimental

Au cours des années 2008 à 2010, des essais parcellaires sur cultures de blé d'automne et de maïs grain ont été installés dans des exploitations agricoles typiques du Plateau suisse. Les sites d'essais sont décrits dans le tableau 1. Pour éviter l'interférence d'arrière-effets de réserves d'azote, on a veillé à ce que la culture précédente ne soit pas suivie d'un engrais vert, d'une culture dérobée ni d'une fumure organique. Pour la même raison, on a évité la prairie temporaire comme précédent cultural.

Le système de fumure CULTAN, qui repose sur l'application de sulfate d'ammonium sous forme liquide, a été comparé à une fumure usuelle au nitrate d'ammoniaque à 27 % N (NAS), au sulfate d'ammoniaque granulé à 21 % N (NSu), ainsi qu'à un témoin sans azote (0N). La prise en compte du sulfate d'ammoniaque parallèlement au nitrate d'ammoniaque avait pour but de mettre en évidence un éventuel effet de la forme de l'azote, le système CULTAN utilisant aussi du sulfate d'ammoniaque, mais sous forme liquide. La quantité d'azote apportée était la même pour les trois procédés de fumure; cependant, le niveau de fumure azotée était adapté à chaque site. En culture de maïs, le procédé N_{\min} a été fixé d'après la teneur du sol en azote minéral (Méthode N_{\min} selon Flisch *et al.* 2009). Le dispositif expérimental reposait sur la méthode des blocs avec quatre répétitions. La randomisation des procédés a toutefois dû être adaptée aux contraintes de la culture et de la mécanisation. Compte tenu de la largeur de travail des machines, la largeur des parcelles a été fixée à 6 m pour une longueur de 20 m. ➤

Résumé Le système de fumure azotée CULTAN (*Controlled Uptake Long Term Ammonium Nutrition*) a été testé au cours des années 2008 à 2010 dans différentes exploitations agricoles du Plateau suisse. Dans des essais parcellaires cultivés en blé d'automne ou en maïs grain, on a appliqué un seul apport de sulfate d'ammoniaque liquide, selon le système CULTAN, que l'on a comparé au nitrate d'ammoniaque et au sulfate d'ammoniaque épandu en surface au moyen d'un semoir pneumatique, en deux à trois apports.

Aucune différence de rendement ni de teneur en protéines n'a été constatée sur le blé d'automne. Le rendement en paille a été légèrement plus élevé dans le procédé CULTAN à cause d'une densité de tiges supérieure.

Sur le maïs grain également, aucune différence de rendement ni de teneur en azote dans le grain n'a été constatée entre le système CULTAN et les procédés de fumure usuels. Tout au plus a-t-on observé dans le procédé CULTAN un rendement en matière sèche sur plantes entières légèrement plus élevé, dû au poids des tiges.

Le principe du procédé CULTAN consistant à créer des dépôts d'ammonium dans le sol et, à partir de ceux-ci, d'alimenter les plantes en ammonium en continu et de manière soutenue, n'a pas pu être vérifié dans ces essais. Les mesures d'ammonium et de nitrates dans le sol ont révélé que l'ammonium est presque totalement nitrifié en quelques semaines.

Tableau 1 | Description des sites d'expérimentation

Années	Sites		Altitude	Précipitations annuelles ¹ mm	Température annuelle ¹ (°C)	Culture	Type de sol ²					Niveau de fertilité ²		
							Humus %	Argile %	Limon %	pH	Calcaire	Test _p	Test _κ	Test _{Mg}
2008	8115	Mettmenhasli	420	1040	8,5	BA	2,6	23	36	6,8	-	8,3	1,9	10,4
2008	8544	Bertschikon	510	1070	8,2	BA	2,8	19	29	7,0	-	22,8	4,8	9,9
2009	8182	Hochfelden	450	1030	8,5	BA	2,2	20	47	6,0	-	10,2	5,6	6,1
2009	8544	Attikon	455	1070	8,2	BA	4,8	26	31	7,2	+	46,0	6,7	16,4
2010	8182	Hochfelden	450	1030	8,5	BA	2,7	17	47	6,2	-	11,9	2,9	7,3
2010	8543	Gundetswil	470	1070	8,2	BA	3,5	26	36	6,9	-	9,2	1,8	22,7
2008	8115	Mettmenhasli	420	1040	8,5	MG	1,7	14	36	7,2	+	11,3	4,3	7,0
2008	8544	Bertschikon	510	1070	8,2	MG	2,2	14	31	6,7	-	14,1	5,2	7,8
2009	8404	Winterthur	450	1070	8,2	MG	3,7	20	34	6,9	-	27,5	8,8	10,1
2009	8425	Oberembrach	455	1030	8,5	MG	3,8	32	31	6,6	-	12,3	4,5	30,2
2010	8415	Berg am Irchel	450	1050	8,5	MG	3,7	24	22	7,6	+	23,5	8,7	12,6
2010	8544	Bertschikon	470	1070	8,2	MG	3,4	23	34	7,1	+	8,4	2,8	27,2

¹Moyennes régionales pluriannuelles. ²Analyses du sol selon les méthodes de référence des Stations de recherche Agroscope, 1996.

BA: blé d'automne MG: maïs grain

Tableau 2 | Paramètres de rendement et de qualité du blé d'automne

Procédés	Rendement grain ¹ (dt/ha)		Rendement paille ¹ (dt/ha)		PMG ² (g)		Epis par m ²		Grains par épi		Protéines sur grain (g/kg MS ¹)		Prélèvement N (kg N/ha)		Fumure N (kg N/ha)
2008: Mettmenhasli, Variété Ludwig															
ON	33,6	B	42,7	B	44,8	A	340	B	26	B	114,3	B	84	B	0
CULTAN	52,9	A	68,3	A	43,1	B	538	A	27	AB	135,4	A	160	A	120
NAS	54,2	A	66,8	A	42,8	B	523	A	28	AB	132,5	A	162	A	120
NSu	53,6	A	66,3	A	43,3	B	495	A	29	A	128,0	A	159	A	120
2008: Bertschikon, Variété Siala															
ON	53,8	B	46,7	C	46,5	B	412	B	33	B	106,3	B	117	B	0
CULTAN	80,1	A	78,2	AB	46,5	B	546	A	37	AB	128,9	A	220	A	120
NAS	80,7	A	72,5	AB	47,9	A	494	B	40	A	126,1	A	211	A	120
NSu	82,2	A	71,1	B	48,3	A	478	B	42	A	128,1	A	218	A	120
2009: Hochfelden, Variété Zinal															
ON	40,2	B	33,4	C	49,2	A	375	B	25	C	99,0	C	81	B	0
CULTAN	67,5	A	64,7	A	46,4	C	588	A	29	B	107,9	B	154	A	152
NAS	66,7	A	58,6	B	47,4	B	545	A	30	AB	112,7	A	157	A	150
NSu	69,4	A	59,2	B	47,5	B	538	A	32	A	112,7	A	163	A	150
2009: Attikon, Variété Siala															
ON	38,9	C	37,4	D	49,9	BC	459	C	21	B	100,2	B	82	C	0
CULTAN	69,4	A	66,1	A	49,4	BC	633	A	26	A	116,6	A	170	A	118
NAS	66,4	A	57,9	BC	50,4	AB	503	BC	31	A	115,1	A	157	AB	120
NSu	62,5	B	54,9	C	51,0	A	476	BC	30	A	110,6	A	144	B	120
2010: Hochfelden, Variété Zinal															
ON	29,2	C	28,7	C	39,3	A	326	C	27	A	105,5	C	65	C	0
CULTAN	43,8	B	63,6	AB	34,0	C	540	AB	28	A	134,4	A	161	A	162
NAS	50,9	A	58,4	B	35,9	B	534	AB	31	A	128,5	B	150	B	160
NSu	49,4	A	60,0	B	35,5	B	488	B	35	A	128,0	B	151	B	160
2010: Gundetswil, Variété Arina															
ON	37,9	B	39,8	C	41,9	A	384	C	27	B	118,8	B	93	C	0
CULTAN	57,6	A	70,8	A	41,5	A	566	A	29	AB	132,2	A	161	A	103
NAS	54,4	A	61,3	B	41,5	A	484	B	32	A	123,3	B	140	B	105
NSu	54,8	A	61,6	B	41,6	A	485	B	32	A	126,1	AB	144	B	105
Moyenne de tous les lieux															
ON	38,9	B	38,1	C	45,2	A	383	C	27	C	107,4	C	87	D	0
CULTAN	61,9	A	68,6	A	43,5	C	568	A	29	B	125,9	A	171	A	129
NAS	62,2	A	62,6	B	44,3	B	514	B	32	A	123,0	A	163	B	129
NSu	62,0	A	62,2	B	44,5	B	493	B	33	A	122,3	A	163	B	129

¹Matière sèche. ²Poids de 1000 grains.

(Les valeurs qui ne sont pas assorties de lettres communes sont statistiquement différentes les unes des autres au seuil de probabilité d'erreur de 5% selon le test de Duncan).

Le sulfate d'ammoniaque liquide a été appliqué au moyen d'un engin équipé de roues d'injection en étoile, mis à disposition par l'entreprise de travaux agricoles Peter Briner AG. Cette application a été réalisée à la reprise de la végétation pour le blé d'automne et au semis pour le maïs, ceci sous forme de «dépôts ponctuels» à 5–7 cm de profondeur. Les engrais minéraux granulés ont été épandus au moyen d'un distributeur pneumatique, en trois apports sur le blé et en un ou deux apports sur le maïs, conformément aux «Données de base pour la fumure des grandes cultures et des herbages» (DBF; Flisch *et al.* 2009). L'importance des apports d'azote ainsi que les mesures phytosanitaires ont été définies par les exploitants. Dans tous les essais, on a prélevé des échantillons de sol (0–90 cm) afin de déterminer les teneurs en N_{\min} avant la fumure et après la récolte.

En blé d'automne, on a récolté 30 m² (1,5 m x 20 m) par parcelle au moyen d'une moissonneuse-batteuse d'expérimentation «Wintersteiger». Le rendement en paille a été calculé à partir du rapport grain:paille défini par échantillonnage. En maïs grain, on a récolté les quatre rangs du milieu sur 10 m de long, soit une surface de 3 m x 10 m.

Saisie des données et analyses statistiques

Les parties des plantes ont été mesurées séparément (grain et paille pour le blé; grain; tiges et rafles pour le maïs). Les composantes du rendement du blé ont aussi été déterminées: nombre d'épis par mètre carré, nombre de grains par épi. Comme critère de qualité, on a retenu la teneur en azote des parties de plantes récoltées, mesurée selon la méthode DUMAS. A partir de cette mesure, on peut calculer la teneur en protéines des grains. Sur la base des éléments récoltés et des teneurs en azote, on a calculé la quantité totale d'azote prélevée par la culture. Pour mettre en évidence d'éventuelles différences entre les procédés, les résultats ont été soumis à une analyse de variance selon la méthode ANOVA, complétée par le test de Duncan.

Résultats et discussion

Rendement et qualité du blé

Dans l'ensemble des variantes fertilisées, le rendement en grain du blé d'automne variait fortement d'un site à l'autre, allant de 50 à 80 kg de matière sèche (MS) par hectare. Le niveau du rendement a été influencé tout particulièrement par les facteurs année, site et variété. Les rendements du système CULTAN n'ont pas été différents de ceux des procédés de fumure classiques à base de NAS et de NSu où l'engrais est épandu en surface en trois apports (tabl. 2).

Le rendement du procédé 0N se situait à environ 60 % de celui des procédés avec azote. A Gundetswil, en 2010, où la fumure a été réduite à 105 kg N/ha par rapport à la norme (Flisch *et al.* 2009), la variante 0N a atteint 70 % du rendement des variantes avec azote. Ceci laisse supposer que, dans ce cas, le rendement optimal n'a pas été atteint. Aucun avantage décisif du système CULTAN n'a pu être confirmé tant en situation de fumure N réduite (Sommer 2003) que dans toute la série d'essais. Des essais pluriannuels conduits en Allemagne aboutissent aux mêmes conclusions (Kücke 2003). En situation de fumure renforcée par rapport à la norme suisse, on n'a pas observé de différences non plus entre les procédés (tabl. 2).

Les paramètres importants pour la formation du rendement sont: le nombre d'épis par mètre carré, le nombre de grains par épi et le poids de mille grains (PMG). Comparé aux procédés de fumure N classiques, le système CULTAN comptait en moyenne 50 épis supplémentaires au m²; en revanche, le nombre de grains par épi et plus particulièrement le PMG étaient inférieurs. La densité d'épis supérieure est probablement à mettre en relation avec un fort tallage favorisé par l'apport d'azote précoce, unique et élevé, inhérent au système CULTAN; surtout lorsque les conditions de croissance sont favorables et l'eau disponible en suffisance, comme ce fut le cas au cours des années 2008 à 2010. Selon Kozlovský *et al.* (2009) divers auteurs ont constaté que la densité d'épis était la même dans le système CULTAN qu'avec les apports d'azote en surface et fractionnés; le nombre de grains par épi était plus élevé mais le PMG significativement inférieur, ce qui aboutissait à un rendement, identique voire plutôt inférieur. L'argument largement répandu selon lequel le système CULTAN permettrait d'atteindre une meilleure efficacité de l'azote en conditions sèches, l'engrais étant déposé près des racines, n'a pas été confirmé par les auteurs cités.

En ce qui concerne les teneurs en protéines dans le grain, aucune différence entre procédés de fumure n'a été observée. Ce constat confirme la plupart des résultats obtenus dans les essais étrangers. Dans les témoins 0N, les teneurs en protéines étaient inférieures de 2 % (en valeur absolue) à celles des procédés avec azote. L'apport de sulfate d'ammoniaque sous forme granulés, en une seule fois à la reprise de la végétation, aboutit aussi à des teneurs en protéines significativement inférieures (résultats non présentés dans cette publication). Les autres paramètres mesurés n'ont pas révélé de différences entre le système CULTAN et les procédés de fumure classiques.

Le prélèvement total d'azote était significativement plus élevé (10 kg N/ha) dans le système CULTAN que dans les procédés NAS et NSu (tabl. 2), en raison d'une production de paille significativement supérieure. ➤

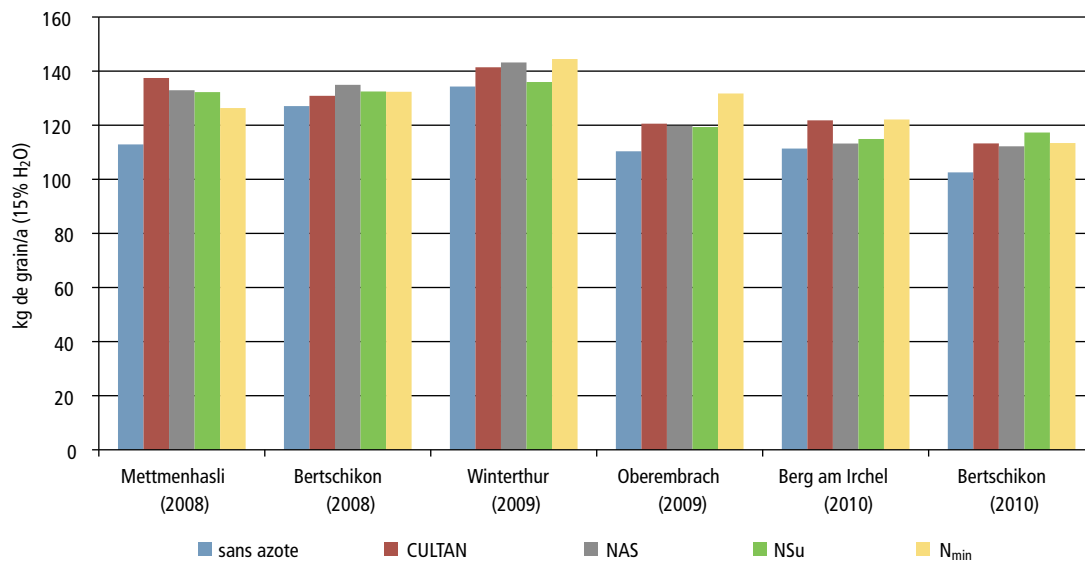


Figure 1 | Rendement en grain du maïs selon les procédés de fumure N dans les différents sites d'expérimentation.

Rendement et qualité du maïs grain

Il est bien connu que le rendement du maïs peut être fortement influencé par les conditions de l'année, le terroir ainsi que par les différences variétales. Bustamante Morales (2009) a mis en évidence des interactions entre variétés, conditions environnementales et formes de fumure; une nutrition azotée ammoniacale comparée à la forme nitrique pouvait aboutir à des résultats tantôt supérieurs, tantôt inférieurs.

Dans la série d'essais qui sont l'objet de cette publication, des rendements en grain très élevés (110 à 140 dt/ha à 15 % H₂O) ont été enregistrés, bien supérieurs à la moyenne pluriannuelle suisse (Flisch *et al.* 2009). Le rendement en grain dans les parcelles sans azote atteignait 100 à 130 dt/ha, donc peu en-dessous de celui des procédés avec fumure N. Toutefois, sans fumure azotée, le rendement en matière sèche mesuré sur plantes entières se situait nettement en-dessous de celui des procédés avec fumure N, ceci à cause d'un moindre rendement en tiges.

En comparant les moyennes de rendement entre procédés de fumure N, on ne constate aucune différence significative. D'un site à l'autre, c'était parfois un procédé, parfois un autre qui présentait un léger avantage (fig. 1); bien que significatives, ces différences n'ont guère d'intérêt pour la pratique car elles sont plus petites que les variations de rendement inhérentes au terroir et aux conditions de l'année.

Les rendements en plante entière du système CULTAN dépassaient de 10 dt/ha, en moyenne, ceux des procédés de fumure usuels; ceci était à mettre en relation avec une production de tiges plus élevée, parfois

même significativement supérieure. Dans des essais placés dans le sud de l'Allemagne (Breisgau), Maier *et al.* (2011) ont fait les mêmes constatations, tant pour le rendement en grain que pour le rendement en plante entière.

Les teneurs en azote dans les grains de maïs étaient pratiquement identiques dans tous les procédés de fumure (15,5 ± 0,1 g/kg MS). Dans les parcelles sans azote, les teneurs étaient inférieures d'environ 1 g/kg de MS, toutefois proches des valeurs supérieures admises dans les DBF (Flisch *et al.* 2009).

Il faut noter que le procédé fertilisé selon la méthode N_{min}, qui apportait en moyenne de tous les essais 50 kg N/ha de moins, a fourni les mêmes rendements et la même qualité. On peut en déduire que le niveau de fumure choisi par les exploitants, qui dépassait en moyenne de 10 kg N/ha la dose recommandée (Flisch *et al.* 2009), était trop généreux dans la plupart des cas.

Les dépôts d'ammonium dans le sol

Dans le système CULTAN, l'azote est toujours apporté en une seule fois et sous forme d'ammonium (NH₄) au début de la période de végétation. L'injection crée des dépôts d'azote ammoniacal à proximité des racines des plantes. Selon Sommer (2003), la forte concentration d'ammonium dans la zone des dépôts inhibe la nitrification microbienne de l'azote ammoniacal. Il en résulte un déroulement continu et optimum de l'absorption de l'azote par les plantes et le dépôt d'azote ammoniacal échappe au risque de lixiviation dans le sol.

Dans nos essais sur blé d'automne, les teneurs en N_{min} dans le sol, avant le second et le troisième apport d'azote,

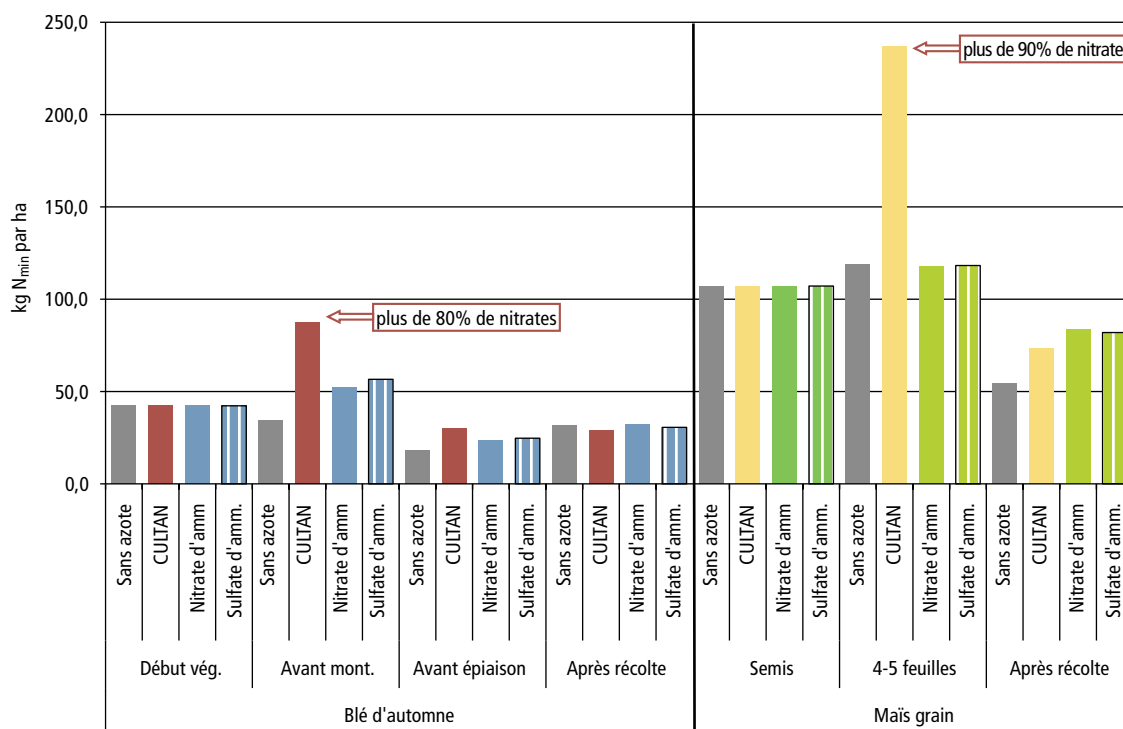


Figure 2 | Evolution des teneurs en N_{min} selon les différents procédés de fumure N en cultures de blé d'automne et de maïs grain. Moyennes de six essais.

se situaient entre 30 et 60 kg N/ha. Des valeurs plus élevées ont été mesurées en 2010 où, en raison des conditions météorologiques, le premier apport d'azote a été très tardif, proche du second. Des valeurs N_{min} relativement basses ont aussi été observées dans le système CULTAN; toutefois, elles avaient tendance à n'être que légèrement supérieures (10–15 kg N/ha) à celles des procédés de fumure classiques, et l'azote se trouvait en grande partie sous forme nitrrique. Manifestement, le blé d'automne a été capable, dans le système CULTAN, d'absorber une grande quantité d'azote en peu de temps, avec pour effets un fort tallage et un aspect vert foncé des plantes. On n'a toutefois pas analysé si l'azote a été absorbé sous forme de nitrate ou d'ammonium. Les reliquats de N_{min} mesurés après la récolte du blé se situaient entre 20 et 40 kg N/ha dans tous les procédés de fumure (fig. 2).

En culture de maïs, l'azote destiné aux procédés classiques a été apporté au stade 4–6 feuilles. Les doses supérieures à 80 kg N/ha ont été épandues en deux fois à quelque 10 jours d'intervalle. A ce stade, les teneurs en N_{min} dans le système CULTAN atteignaient 180 à 250 kg N/ha, soit 100 à 150 kg N/ha de plus que dans les procédés de fumure classiques et approximativement la même

quantité d'azote que celle qui avait été apportée au semis dans ce système (fig. 2). Plus de 90 % de l'azote minéral mesuré dans le sol se trouvait sous la forme nitrrique; ainsi, l'ammonium a été presque entièrement nitrifié en l'espace de 4 à 6 semaines. De ce fait, l'inhibition de la nitrification fondée sur les fortes concentrations en NH₄, la stabilité du dépôt de NH₄ ainsi que la nutrition des plantes soutenue (Sommer 2003) sont des arguments qui ne se sont pas vérifiés.

Dans l'expérimentation de longue durée «Oberacker» Rütli/Zollkofen (Sturny *et al.* 2007), le système CULTAN est appliqué depuis 2007. Les dépôts d'ammonium sont placés dans le sol par un système d'injection monté sur une roue en étoile. Un échantillon de terre est prélevé à proximité des dépôts au moyen d'un soc creux (diamètre 2,6 cm, profondeur 15 cm) et la concentration en N ammoniacal est mesurée. L'échantillonnage et les mesures sont effectués à intervalles de une à deux semaines à partir de l'apport d'engrais. Les résultats montrent une rapide baisse de la concentration en azote ammoniacal dans la zone des dépôts (fig. 3). Aucune des séries de mesures effectuées avec cette méthode de prélèvement n'a confirmé la stabilité temporelle des dépôts d'ammonium.

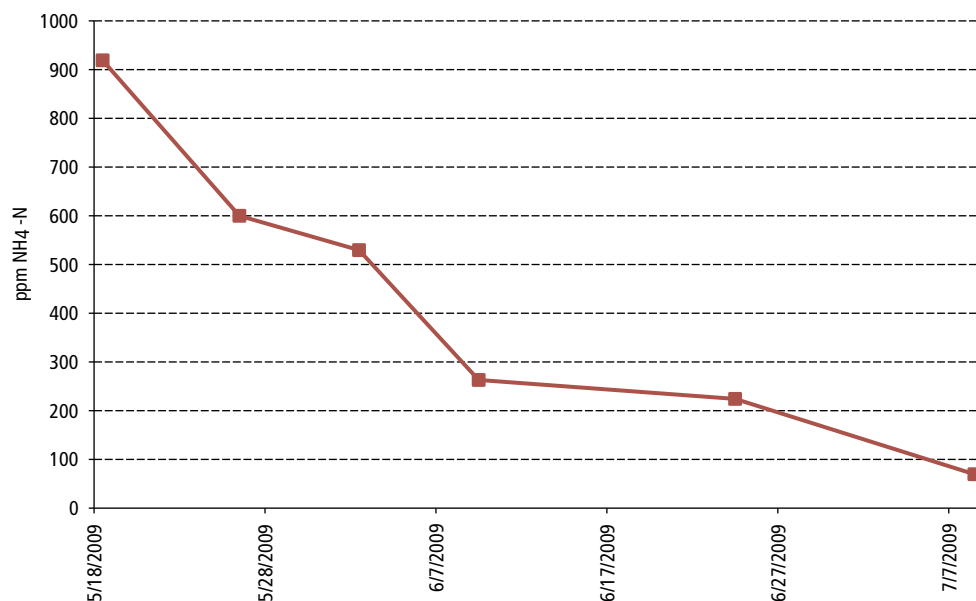


Figure 3 | Evolution de la concentration en azote ammoniacal dans les dépôts d'ammonium et dans la terre environnante sous maïs en semis direct dans l'essai «Oberacker» de Rütli/Zollikofen. Semis: 22.4.2009; mise en œuvre du système CULTAN: 13.5.2009; profondeur de prélèvement: 0–15 cm pour un volume de sol de 80 cm³; 110 kg de N-NH₄/ha localisé en 80 000 dépôts par hectare.

Conclusions et perspectives

Les procédés de fumure comparés ont fourni des résultats très semblables, tant en ce qui concerne le rendement que la qualité des récoltes, que ce soit sur blé ou maïs. Même si les cultures fertilisées selon le système CULTAN présentent souvent un aspect plus vert que les autres, il n'en résulte pas un rendement supérieur ni une meilleure valorisation de l'azote. Une quantité importante d'azote apportée tôt sur les cultures est à considérer de façon critique, quelle que soit la technique de fumure. Dans le système CULTAN, un «effet dépôt» n'a pas pu être vérifié. En cultures sarclées tout particulièrement, les besoins des plantes en azote sont très modestes en début de végétation. Si les quantités d'azote disponible sont importantes à ce stade (et elles sont aussi en grande partie sous forme de nitrates dans le système CULTAN), une forte proportion est inutilisée, ce qui accroît les risques de pertes. Pour que le système CULTAN soit plus conforme à la courbe d'absorption de l'azote par les plantes et aux exigences environnementales, il faudrait pouvoir modifier le système d'application afin d'apporter le sulfate d'ammoniaque plus tard, au stade adéquat. Ainsi, l'azote disponible dans le sol pourrait être mieux pris en compte (méthode N_{min}) et la quantité d'azote à apporter serait réellement adaptée aux besoins des cultures.

Un projet pilote à la station d'épuration des eaux de Kloten/Opfikon montre que le processus d'épuration engendre un gros potentiel de récupération d'azote sous forme de sulfate d'ammoniaque, qui pourrait être valorisé en agriculture par le système CULTAN. Dans la perspective du développement de cycles des éléments nutritifs aussi fermés que possible, cette forme de récupération et de valorisation en agriculture devrait être soutenue. Face à la raréfaction des ressources naturelles et à la hausse des prix des engrais auxquelles il faut s'attendre, la récupération de l'azote dans les stations d'épuration des eaux et sa valorisation en agriculture pourrait représenter une alternative économiquement intéressante. ■

Remerciements

Nos remerciements s'adressent au Service de la protection des sols du canton de Berne et à la Haute école d'agronomie, foresterie et alimentation (HAFL) pour leur contribution dans l'expérimentation «Oberacker», ainsi qu'aux agriculteurs W. Landert (Hochfelden), H. Meier (Niederhasli) et à la Communauté d'exploitants Ammann et Briner (Attikon) pour la mise à disposition des surfaces et leur participation à la conduite des essais.

Riassunto

Procedura CULTAN nel test attitudinale per la coltura svizzera

La procedura CULTAN (*Controlled Uptake Long Term Ammonium Nutrition*) è stata testata nella pratica, nell'Altipiano svizzero, tra il 2008 e il 2010. Negli esperimenti parcellari con frumento autunnale e mais da granella è stato applicato in un'unica dose solfato di ammonio con la procedura CULTAN e confrontato con nitrato di ammonio e solfato di ammonio, distribuiti con uno spandiconcime pneumatico su un'ampia superficie. Per il frumento autunnale non si sono riscontrate differenze tra le due procedure applicate né nella resa in grani, né nel contenuto proteico. Con la procedura CULTAN si è ottenuta una resa in paglia leggermente superiore, poiché si sono formati più culmi per unità di superficie. Anche nel caso del mais da granella, la resa e il tenore di azoto dei grani non hanno presentato differenze a seconda che si sia fatto ricorso alla procedura CULTAN o alla concimazione tradizionale. Le rese superiori degli steli hanno però generato una sostanza secca totale leggermente superiore nel caso della procedura CULTAN. La formazione di depositi di ammonio nel suolo, prevista con la procedura CULTAN, e il relativo apporto continuo a lungo termine di ammonio alle piante, non hanno potuto essere confermati dagli esperimenti. Dai rilevamenti di nitrato e ammonio nel suolo è emerso che la nitrificazione dell'ammonio è praticamente completa nel giro di poche settimane.

Bibliographie

- Bustamante Morales O. E., 2009. Water Relations and Drought Tolerance of Different Zea mays Cultivars as Influenced by Nitrogen Form and Application. Dissertation an der Hohen Landwirtschaftlichen Fakultät der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität zu Bonn.
- Flisch R., Sinaj S., Charles R. & Richner W., 2009. DBF 2009 – Données de base pour la fumure des grandes cultures et des herbages. *Revue suisse d'Agriculture* 41 (1), 1–98.
- Kozlovský O. et al., 2009. Influence of nitrogen fertilizer injection (CULTAN) on yield, yield components formation and quality of winter wheat grain. *Plant Soil Environm.* 55 (12), 536–543.
- Kücke M., 2003. Ertrag und Kornqualität von Winterweizen und Winterroggen nach N-Injektionsdüngung – Feldversuchsergebnisse 2001. In: Kücke M. (éd.), Anbauverfahren mit N-Injektion (CULTAN): Ergebnisse, Perspektiven, Erfahrungen. Landbauforschung Völkenrode, FAL Agricultural Research, ISBN 3–933140–67–6, p. 71–83.

Summary

The CULTAN system in a screening test for Swiss arable farming

The CULTAN (*Controlled Uptake Long Term Ammonium Nutrition*) system was tested on farmers fields in the Swiss Midlands from 2008 to 2010. In plot trials with winter wheat and grain maize, liquid ammonium sulphate was applied in a single dose according to the CULTAN system and compared with ammonium nitrate and ammonium sulphate, which were spread over the whole area with a pneumatic fertiliser spreader. For winter wheat, no differences were detected between the systems tested in terms of either grain yield or protein content. Straw yield was slightly higher with the CULTAN system, since more stalks per unit of area were formed. Nor did we find any differences for grain maize in terms of grain yield and nitrogen content between the CULTAN and conventional fertilising systems. Total dry-matter yields for the CULTAN system were slightly higher owing to the higher stalk yields. The placement of ammonium deposits in the soil, and hence the steady, long-term feeding of the plants with ammonium intended by the CULTAN system, could not be confirmed in the trials. Ammonium and nitrate measurements in the soil have shown that the ammonium is almost completely nitrified within just a few weeks.

Key words: CULTAN, winter wheat, maize, nitrogen, ammonium injection.

- Maier J. et al., 2011. Platzierung von Harnstoff-Ammoniumsulfat-Lösung bei Mais und Kartoffel am Oberrhein. Accès: https://www.badenova.de/mediapool/media/dokumente/unternehmensbereiche_1/stab_1/innovationsfonds/abschlussberichte/2008_5/2008-02_AB_CULTAN.pdf
- Sommer K. & Fischer D., 1993. Ergebnisse aus 6-jährigen Fruchtfolgeversuchen: Z-Rüben, W-Weizen und W-Gerste bei einer N-Düngung nach dem «CULTAN»-Verfahren. In: VDLUFA-Kongressband, 37, 75–78.
- Sommer K., 2003. Grundlagen des CULTAN-Verfahrens. In: Kücke M. (éd.), Anbauverfahren mit N-Injektion (CULTAN): Ergebnisse, Perspektiven, Erfahrungen. Landbauforschung Völkenrode FAL Agricultural Research, ISBN 3–933140–67–6, Braunschweig, 1–23.
- Sturny W. G. et al., 2007. Direktsaat und Pflug im Systemvergleich – eine Synthese. *Agrarforschung* 14 (08), 350–357.