

Fertilisation minérale azotée : Quand, comment ?

Les progrès de la fertilisation azotée pour la culture de betterave sucrière s'appuient prioritairement sur l'application de la méthode du bilan à partir de la mesure d'un reliquat à la parcelle. Le conseil est majoritairement établi par les laboratoires avec le logiciel Azofert®, (INRA Laon, LDAR, ITB), et ce logiciel doit être priorisé lors de vos demandes de conseil de dose auprès des laboratoires. Cette première étape effectuée, la prise de décision n'est pas terminée. Il est primordial de raisonner aussi les modalités d'apport de l'engrais minéral, afin de garantir sa bonne utilisation par la culture. Ces pages sont centrées sur la prise en compte des facteurs qui gouvernent la disponibilité de l'azote apporté.



Facteurs de pertes

Deux facteurs principaux déterminent la disponibilité de l'azote de l'engrais pour la culture : L'organisation de l'azote par les micro-organismes du sol et la volatilisation de la fraction ammoniacale de l'engrais. Ces deux effets sont modélisés, calculés et reportés dans le bulletin de conseil établi par le logiciel Azofert® ; ils peuvent représenter ensemble plusieurs dizaines d'unités d'azote soustraites au pool disponible pour la culture, ils sont pris en compte dans le bilan prévisionnel. Il est assez difficile d'anticiper et d'influer pratiquement sur l'organisation de l'azote minéral de l'engrais. Elle est principalement liée à la quantité de résidus pailleux et autres résidus carbonés présents dans le sol au moment de l'apport

d'engrais, donc conditionnée par le précédent cultural, et le climat automne-hiver passé. L'organisation peut être très partiellement contrée par la diminution du délai entre apport d'engrais minéral et besoins de la culture. On a plus de possibilités de contrôle sur la volatilisation, qui sont identifiées dans la figure 1. On peut indiquer comme facteurs principaux la dose (c'est une fraction de l'ammoniac de l'engrais qui est soumis à la volatilisation) et la forme d'engrais. On peut agir aussi sur la durée des échanges entre l'azote épandu et l'air au-dessus du sol. Tout facteur qui tend à limiter, dans l'espace et dans le temps, les échanges sol - air (incorporation, migration dans le sol par l'eau de pluie, prélèvement par la culture si elle est en place) contribuera à limiter les pertes. C'est d'ailleurs le premier atout des apports localisés au

semis, qui suppriment cette exposition par l'enfouissement. Pour compléter, on peut indiquer qu'il est hautement improbable d'avoir de pertes d'azote minéral par lessivage entre la date d'apport et son prélèvement par la culture, compte tenu des profondeurs et réserves hydriques des sols betteraviers.

Disponibilité de l'azote et besoins de la culture

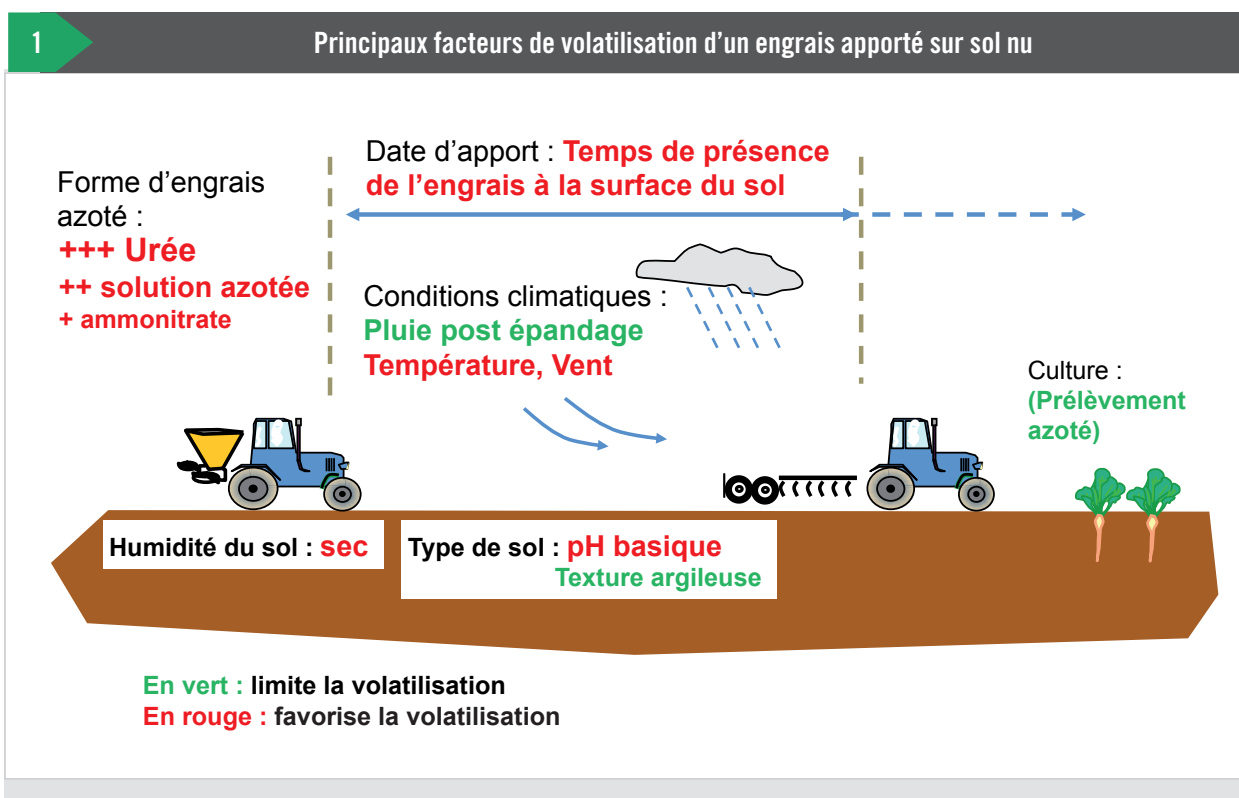
Il est important d'assurer la bonne disponibilité de l'azote au moment où les besoins de la culture sont les plus intenses. Cela peut conditionner la bonne mise en place du bouquet foliaire, donc la productivité. En conditions de croissance précoce et rapide au printemps, il faut éviter le stress azoté, même momentané, par un apport trop tardif. On observe une forte stimulation de croissance du bouquet foliaire immédiatement après l'apport en végétation, qui peut avoir des conséquences négatives sur la productivité et sur la qualité.

Fertilisations fractionnées et post-levée: résultats expérimentaux

L'ITB a conduit en 2014 et en 2015 un ensemble d'essais dans lesquels on teste des modalités d'apports d'engrais minéraux azotés, en fractionnement (présemis + postlevée), ou tout en postlevée. La première modalité est réservée aux doses moyennes à élevées (supérieures à 80 kg/ha N), la seconde est testée pour des doses plus faibles, inférieures à 80 kg/ha N.

Ces essais ont été mis en place pour répondre à deux questions :

- Connaissant le risque à mettre en contact un engrais azoté et une graine en germination, que faire si des conditions favorables au semis se profilent alors que l'apport d'engrais n'a pas encore été réalisé ?
- Dans une situation de reliquat assez élevé et de dose conseillée peu élevée, y a-t-il un risque à retarder l'apport en post-levée ?



Effet sur le rendement d'apports azotés fractionnés ou en postlevées

Tableau 1 APPORTS FRACTIONNÉS PRÉSEMIS + POSTLEVÉE (DC : Dose Calculée > 80 unités/ha d'azote)

Année	Site	Apport organique	DC	Formes d'azote (pré-semis/post-levée)	Date semis	Apport fractionné pré-semis/2 feuilles	Apport fractionné pré-semis/6 feuilles
2015	Nizy-le-Comte (02)	Non	144	ammonitrate/ammonitrate	18 mars		
	Yèvre-la-Ville (45)	Non	123	solution 39/solution 39	16 mars		
	Bulles (60)	Non	117	ammonitrate/ammonitrate	19 mars		
2014	Nizy-le-Comte (02)	Non	135	ammonitrate/ammonitrate	20 mars		
	Ermenouville (76)	Oui	120	ammonitrate/ammonitrate	19 mars		
	Saint-Pierre-du-Bosguérard (27)	Non	130	ammonitrate/ammonitrate	18 mars		
	Chaussy (45)	Non	120	solution 39/ammonitrate	12 mars		
	Yèvre-la-Ville (45)	Non	130	solution 39/ammonitrate	18 mars		
	Verberie (60)	Oui	120	ammonitrate/ammonitrate	18 mars		
	Berny-en-Santerre (80)	Oui	135	ammonitrate/ammonitrate	19 mars		

Les principales caractéristiques et les résultats des essais sont présentés dans les tableaux 1 et 2. Les phénomènes en jeu sont complexes, et peuvent jouer de façon contradictoire. Aussi, nous avons préféré analyser les résultats globaux d'un nombre suffisamment important d'essais, afin de dessiner des tendances, plutôt que de tenter une explication précise site par site.

Le tableau 1 présente les résultats de fractionnements pour des doses supérieures à 80 kg/ha. On réalise un premier apport en présemis (60 à 80 kg/ha), puis un complément à cotylédon-2 feuilles (deuxième quinzaine d'avril) ou à 6 feuilles (mi-mai). Le premier constat est qu'il n'y a jamais d'effet positif, favorable au rendement, dû au fractionnement. Dans ces situations, la priorité doit donc rester aux apports avant semis, ou aux apports par enfouissement localisé. Bien que les résultats montrent des pertes en fractionnement précoce comme en fractionnement tardif, le risque est plus élevé avec un apport retardé au stade 6 feuilles, en raison de températures plus élevées, d'un sol généralement plus sec, et d'un risque de stress azoté en pleine croissance.

Gain de rendement en comparaison d'un apport tout en présemis
 Sans conséquence sur le rendement
 Perte de rendement en comparaison d'un apport tout en présemis

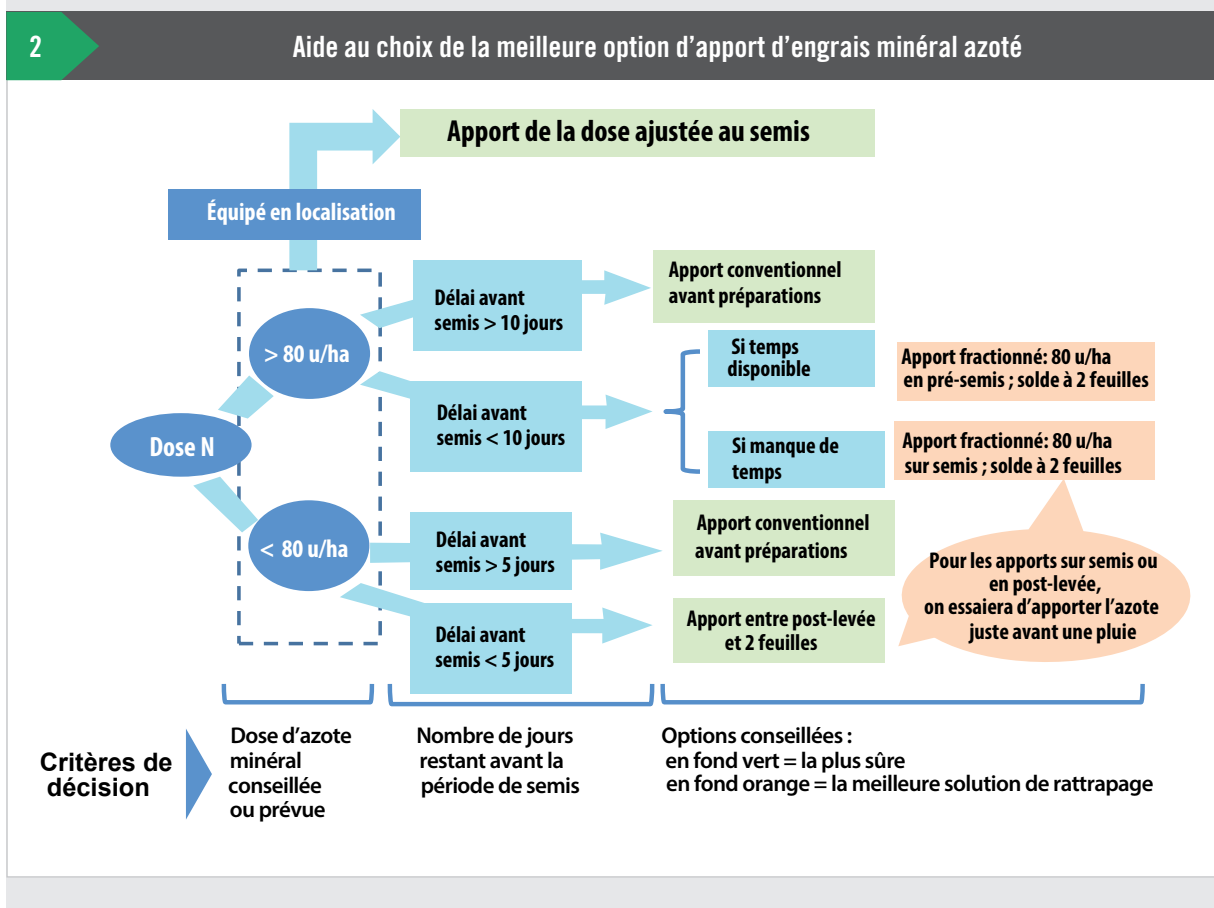
Tableau 2 APPORTS TOUT EN POSTLEVÉE (Dose Calculée ≤ 80)

Année	Site	Apport organique	DC	Dose 1 (Pré)	Formes d'azote (Pré/Post)	Date semis	Apport à 2 feuilles	Apport à 6 feuilles
2015	Rousseloy (60)	Non	81	81	ammonitrate/ammonitrate	16 mars		
	Conteville (80)	Oui	78	78	ammonitrate/ammonitrate	18 mars		
	Vaucogne (51)	Oui	72	72	ammonitrate/ammonitrate	17 mars		
	Plumetot (14)	Non	70	70	ammonitrate/ammonitrate	16 mars		
	Cany-Barville (76)	Oui	65	65	ammonitrate/ammonitrate	20 mars		
	Bondaroy (45)	Oui	63	63	solution 39/ammonitrate	18 mars		
	Saint-Etienne-à-Arnes (08)	Oui	63	63	ammonitrate/ammonitrate	21 mars		
	Ermenouville (76)	Oui	60	60	ammonitrate/ammonitrate	18 mars		
	Chaussy (45)	Non	50	50	solution 39/ammonitrate	17 mars		
	Aufferville (77)	Oui	30	30	ammonitrate/ammonitrate	19 mars		
2014	Aufferville (77)	Oui	70	70	ammonitrate/ammonitrate	19 mars		
	Bondaroy (45)	Oui	60	60	solution 39/ammonitrate	18 mars		

Dans le tableau 2, on présente les résultats d'apports tout en post, aux stades 2 ou 6 feuilles, pour des doses inférieures à 80 kg/ha d'azote. Les résultats sont plus homogènes, même si quelques cas indiquent une moindre efficacité de l'apport postlevée comparé à l'apport conventionnel avant préparation et semis. Il est difficile d'expliquer ces effets, car des essais proches, dans un même type de sol, peuvent apporter des résultats contradictoires (exemple des essais de Chaussy et Bondaroy en 2015). Cependant, les résultats des vitesses de couverture (non présentés) montrent clairement que les apports les plus tardifs, autour de 6 feuilles, entraînent un retard de croissance foliaire constaté sur les mesures de début juin (essais de Conteville, St-Etienne-à-Arnes, Vaucogne, Aufferville en 2015).

Dans plusieurs essais, on constate un effet positif sur la productivité d'un apport de la dose pleine réalisé à 2 feuilles. Dans ces essais, il y a sans doute eu volatilisation plus marquée lors des apports en présemis que lors des apports postlevée. Si un apport précoce permet d'épandre l'engrais sur un sol plus humide et en conditions plus froides qu'un apport réalisé en début de végétation, il ne permet pas d'éviter la volatilisation ammoniacale, qui n'est vraiment stoppée que par une incorporation de l'engrais dans le sol. Sur l'ensemble, ces résultats ne sont pas défavorables aux apports de petites doses réalisés entre la levée et un stade 2 feuilles.

On constate qu'il n'y a jamais d'effet positif, favorable au rendement, dû au fractionnement, mais des effets négatifs dans plusieurs essais. Par contre, les résultats ne sont pas défavorables aux apports de petites doses postsemis, entre la levée et le stade 2 feuilles.



Quelle option choisir ?

En se basant à la fois sur la connaissance des principaux facteurs de pertes, facteurs de volatilisation en particulier, et sur les résultats des essais, on peut proposer un schéma qui définira le mode d'application d'engrais le mieux adapté à une situation donnée. Ce schéma est proposé et expliqué dans la figure 2. Pour compléter, on doit retenir que tous les apports postlevée doivent être réalisés sous une forme ammonitrate, et que seul l'apport par enfouissement localisé peut se faire avec toute forme, urée, solution azotée, ammonitrate.

Les enseignements de Désherb'Avenir IV

L'ITB⁽¹⁾ a organisé une démonstration de désherbage mécanique des betteraves les 20 et 21 mai 2015 en Normandie où 15 matériels étaient présents. Un essai a été réalisé sur différentes modalités de désherbage allant du tout chimique au tout mécanique. Par ailleurs, une analyse a été réalisée sur la décomposition des coûts moyens des programmes de désherbage.

Désherb'Avenir IV

La betterave est une culture exigeante qui souffre de la moindre concurrence des adventices. L'ITB étudie différentes méthodes afin de réduire les usages d'herbicides tout en conservant des parcelles propres et sans adventices. Organisé par l'ITB-Institut Technique de la Betterave⁽¹⁾ les 20 et 21 mai 2015 à Tourny, dans l'Eure, la 4^e édition de Désherb'Avenir a rassemblé plus de 800 visiteurs venus assister aux 3 sessions organisées sur les deux jours sous forme de différents ateliers (conférences, visites d'essai, démonstrations de machines). Ils ont pu s'informer sur la technique du désherbage mécanique en betterave au travers de démonstrations dynamiques de 15 matériels innovants : bineuses, moulinets, houe rotative, herse étrille avec réglages des dents par ressort, rotoétrilles et rampes de localisation, complétées par des parcelles d'expérimentation de l'ITB démontrant leur efficacité. ARVALIS-Institut du Végétal et Terres Inovia s'étaient associés à l'événement, ce qui a notamment permis d'illustrer la polyvalence des matériels sur différentes cultures. Si les précipitations du matin ont perturbé la première demi-journée, un fort vent et quelques rayons de soleil dans l'après-midi ont finalement permis aux visiteurs de chaque demi-journée de l'événement de découvrir la démonstration des différents matériels. Ces circonstances climatiques ont eu l'avantage de mettre en évidence concrètement auprès des visiteurs combien l'utilisation de cette technique de désherbage mécanique est dépendante des conditions climatiques.

Près de 5 000 visiteurs ont déjà participé aux 4 éditions de Désherb'Avenir, ce qui nous montre l'intérêt des planteurs et des constructeurs pour cette nouvelle thématique. Une prochaine édition de Désherb'Avenir est d'ores et déjà programmée en 2017. Nous vous attendons nombreux...

Essai désherbage mécanique combiné

Les résultats de l'essai de désherbage mécanique combiné (graphique 1, p. IV) montrent que lorsque le climat n'est pas limitant, il existe des possibilités de réduction de l'utilisation des herbicides avec le désherbage mécanique combiné sans compromettre la propreté des parcelles. Les interventions ont pu être réalisées au bon moment et dans de bonnes conditions sur des adventices jeunes, favorisant l'efficacité des différents matériels.

(1) En partenariat avec Terres Inovia, ARVALIS-Institut du Végétal, la Chambre d'agriculture de l'Eure, Saint Louis Sucre, et le Syndicat Betteravier de l'Eure, et avec le soutien du Conseil général de l'Eure, ainsi que de l'ONE-MA par le plan Ecophyto.



Matériels qui ont participé à l'essai de désherbage mécanique combiné



Rotoétrilles Annaburger



Bineuse Monosem avec moulinets Kress



Houe rotative Yetter



Herse étrille Treffler



Ecophyto : « Action pilotée par le ministère chargé de l'agriculture, avec l'appui financier de l'Office national de l'eau et des milieux aquatiques, par les crédits issus de la redevance pour pollutions diffuses attribués au financement du plan Ecophyto ».



Réduire l'IFT (Indice de Fréquence des Traitements) de 25 % en réalisant un binage de l'interrang :

Le remplacement du dernier traitement par un passage de bineuse permet de réduire l'IFT herbicide de 25 % avec une note d'efficacité similaire au tout chimique. Cela confirme les résultats des années antérieures.

Afin d'aller plus loin dans la réduction d'herbicides, il existe deux options possibles :

1/ **Biner sur toute la largeur** : Après deux à trois post émergences, c'est-à-dire à partir du stade 4 feuilles de la betterave, biner sur toute la largeur (rang et inter-rang) devient possible avec des matériels spécifiques (houe rotative, herse étrille avec réglages des dents par ressort, bineuse équipée de moulinets ou de rotoétrilles). Dans cet essai et comme souvent dans les essais des dernières années, la bineuse équipée de moulinets présente la meilleure efficacité.

2/ **Localiser les traitements herbicides** : la localisation des herbicides sur le rang complétée par du binage sur l'interrang. Cette technique est la plus réductrice en termes d'IFT. Le résultat de propreté est bon et proche de l'itinéraire de référence.

En ce qui concerne la dernière modalité, la première postémersion appliquée en généralisé a facilité le contrôle des adventices sur l'interrang par la bineuse. Dans cette modalité, les traitements localisés sur le rang l'après-midi n'ont pas montré de baisse d'efficacité, contrairement à d'autres résultats d'essais.

Les coûts du désherbage mécanique combiné

Les coûts des différents passages du désherbage mécanique combiné (voir graphique 2) comprennent le coût des herbicides chimiques (en rouge), le coût de la main-d'œuvre (en vert), l'amortissement des machines (en bleu) et le coût de traction (en violet).

Le premier diagramme (Itinéraire A) représente le coût pour la parcelle témoin en tout chimique légèrement inférieur à 160 €/ha pour 4 passages d'herbicides chimiques. On constate l'importance des coûts herbicides (plus de 80 %). Sur les autres itinéraires, l'économie réalisée sur les produits herbicides est utilisée pour financer, dans un premier temps, du matériel, et dans un deuxième une augmentation des coûts de la main-d'œuvre. Le coût de la main-d'œuvre, même sur des itinéraires moins performants en vitesse, reste faible par rapport au coût final.

Les itinéraires combinés (B, C et D)) sont situés entre 140 et 160 € par hectare. Pour ces itinéraires, les calculs sont réalisés avec l'utilisation du matériel du désherbage mécanique 7 années sur 10. L'utilisation de ces techniques doit s'effectuer à des stades précis des betteraves, ce qui, en fonction des conditions climatiques, n'est pas possible tous les ans. Pour ces itinéraires, l'amortissement est calculé sur 50 hectares de betteraves pour une durée de 15 ans (10 ans pour les moulinets).

L'itinéraire E prévoit l'utilisation de la rampe de localisation sur 75 hectares de betteraves tous les ans.

L'itinéraire F prévoit l'utilisation de la désherbineuse sur 25 hectares de betteraves tous les ans.

Afin de réaliser ce graphique nous n'avons pas tenu compte de subventions éventuelles obtenues lors de l'achat des machines qui peut être le cas dans différents départements.

Binage et rendement

Afin de mieux connaître les conséquences de ces nouvelles stratégies de désherbage sur le rendement, nous avons récolté et mesuré le rendement de 4 modalités. Entre ces 4 modalités avec des réductions d'IFT différentes (de 0 à 56 %), nous n'observons pas de différence significative. La réduction d'IFT n'entraîne aucun bonus ni aucun malus sur le rendement sucre dans cette parcelle.

Matériels qui ont participé à l'essai de désherbage mécanique combiné (suite)



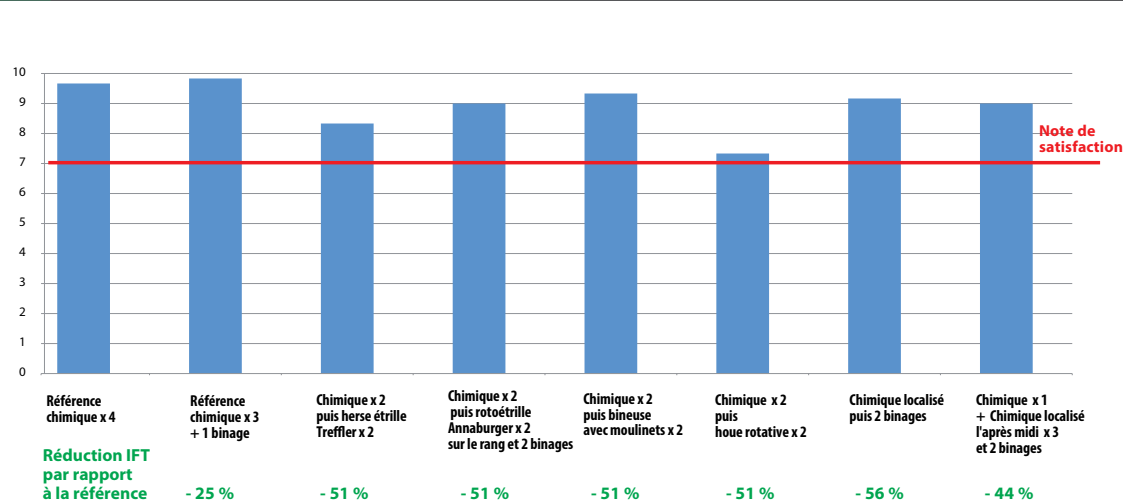
Rampe de localisation Sopéma.



Quinze matériels ont été présentés au Désherb'Avenir IV.

1

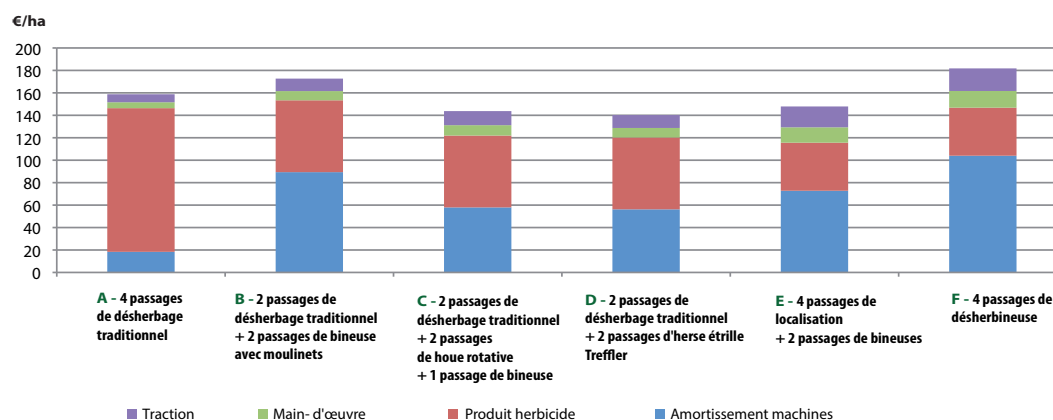
Note de propreté selon les différents programmes de désherbage



Les différents programmes de désherbage mécanique combiné ont permis d'obtenir un résultat satisfaisant (note supérieure à 7).

2

Décomposition des coûts moyens des différents programmes de désherbage



L'économie réalisée par la diminution de l'usage des produits chimiques tous les ans permet de financer l'amortissement en matériel et l'augmentation du coût de la main-d'œuvre.