

# INTÉRÊTS ET LIMITES DES DIFFÉRENTES FORMES D'AZOTES APPORTÉES AU SOL EN VITICULTURE

PASCAL GUILBAULT

Service Vigne & Vin, Chambre d'Agriculture de la Gironde, Vinopôle Bordeaux-Aquitaine,  
BP 115 - 39, rue Michel Montaigne - 33 294 Blanquefort Cedex, p.guilbault@gironde.chambagri.fr

## INTRODUCTION

L'azote est l'un des constituants majeurs des plantes. Il est naturellement présent dans le sol, mais c'est le seul élément minéral qui ne provient pas de la roche mère. Son assimilation par les racines de la vigne dépend principalement du stock de matières organiques du sol et de leurs vitesses de minéralisation. La fourniture en azote du sol est généralement suffisante pour couvrir les faibles besoins de la vigne que l'on peut estimer entre 20 et 30 kg d'azote par hectare et par an pour un rendement de 50 à 70 hL/ha. Cependant, dans le cadre du raisonnement de l'alimentation azotée de la vigne, il est nécessaire de veiller à la bonne gestion des matières organiques du sol. En situation de carence, les apports azotés au sol ne sont pas les seules réponses adaptées. La carence ou le manque de vigueur peuvent être également liés au mode d'entretien du sol, à des problèmes d'hydromorphie, de sécheresse, de compaction, ou de statut acido-basique. Ainsi, un enherbement trop concurrentiel peut limiter de façon trop importante l'alimentation en eau et en azote de la vigne et des conditions défavorables à la vie du sol peuvent freiner la minéralisation. Dans cet article, nous nous intéresserons néanmoins uniquement aux différentes formes azotées susceptibles d'être apportées au sol en viticulture et à leurs caractéristiques.

## PILOTAGE DE LA FERTILISATION AZOTÉE

L'azote, par son influence sur la vigueur, est l'élément minéral dont l'excès est le plus susceptible d'entraîner une baisse de la qualité du vin. Inversement, même si les carences sont assez rares, cet élément est celui dont l'insuffisance réduit le plus la croissance de la vigne et peut poser des problèmes de fermentation des moûts. Si une faible alimentation azotée est favorable au potentiel œnologique des raisins destinés à la production de grands vins rouges, pour la production de vins blancs secs aromatiques, sans être excessive, l'alimentation en azote doit être non limitante, comme cela a été montré sur le Sauvignon blanc (Choné, 2001). Cependant, l'objectif premier de la fertilisation azotée au sol est d'alimenter la vigne et non d'agir directement sur l'azote des moûts. Il n'y a d'ailleurs pas de relations fiables entre l'azote des limbes et l'azote des moûts ou la durée de fermentation (Guilbault, 2004). D'autres facteurs tels que l'alimentation hydrique ou les rendements peuvent perturber ces relations. Dans tous les cas, une fertilisation azotée est à envisager si le feuillage est anormalement clair ou si les rendements sont trop faibles.

AFNOR normalisation scinde les produits azotés en 2 grandes catégories, les engrais décrits dans la norme NFU 42-001 et les amendements organiques décrits par la norme NFU 44-051. Selon cette dernière normalisation, contrairement aux engrais, la concentration en azote d'un amendement ne peut dépasser 3 % de la matière brute du produit. La plante ne pouvant pas assimiler directement les matières organiques, ces dernières devront préalablement être décomposées et minéralisées par les phénomènes abiotiques et biotiques présents dans les couches supérieures du sol, pour aboutir à des éléments minéraux simples que la plante est en mesure de prélever. Cette minéralisation est notamment sous la dépendance des taux d'argile et de calcaire, de la température et de l'humidité du sol (MARY et al., 1999).

## LES ENGRAIS AZOTÉS

Les engrais azotés sont les produits les plus concentrés en azote. Si leurs prix sont très fluctuants en raison de leur liaison avec le prix du pétrole, ces produits restent globalement les moins coûteux des différents fertilisants susceptibles d'être apportés pour la nutrition azotée. Leur composition et conditionnement facilite le pilotage de la fertilisation. Contrairement aux amendements organiques de masse, les engrais sont en effet calibrés et de composition homogène. Il est donc aisé, au moyen d'un épandeur bien réglé, d'apporter la dose azotée souhaitée. Cette dose peut même être modulée au sein de la parcelle dans le cadre d'une viticulture de précision. Les apports d'engrais peuvent également être fractionnés en plusieurs épandages dans le temps, être aisément enfouis, localisés sur le rang ou même pulvérisés en foliaire. Si la libération d'azote est rapide, elle n'est cependant pas pérenne. Ainsi, selon les types de fertilisants, de sols et de climats, la durée d'action de l'engrais sera de quelques semaines à quelques mois. Si les engrais sont les fertilisants les plus adaptés à une correction rapide des carences azotées par apport au sol, ils ne permettent donc pas une correction durable des carences. Parmi les contraintes pour l'utilisation des engrais chimiques de synthèse, il est également important de signaler leur caractère généralement très acidifiant et leur interdiction en agriculture biologique. De plus, une étude commandée par le Ministère de l'Agriculture recommande la mise en œuvre d'un plan de maîtrise de la fertilisation, comparable au plan EcoPhyto 2018, qui pourrait prendre le nom d'Ecofertilisation 2020. Face aux incertitudes pesant sur l'industrie des engrais en France, cette étude préconise «d'orienter la filière agricole dans la direction d'une moindre dépendance de l'agriculture aux engrais minéraux» (GCL Développement Durable, 2010).

## LES DIFFÉRENTES FORMES D'ENGRAIS AZOTÉS

- **L'azote nitrique (NO<sub>3</sub>-)**. C'est la forme directement assimilable par les racines. A noter qu'il n'y a pas de différences entre l'azote minéral issu de la matière organique et l'azote minéral apporté par les engrais. L'azote nitrique est très soluble et migre très rapidement. En effet, les nitrates ont la même charge électrique que celle du complexe argilo-humique et ne sont donc pas retenus par le sol. Sous cette forme, l'azote devra donc être apporté au moment où la vigne en a besoin. Apportés plus tôt, les nitrates seraient rapidement lessivés, surtout si les pluies sont abondantes. Ceci représenterait une perte pour la vigne, une dépense inutile pour le viticulteur et une source de pollution des nappes phréatiques. Pour que l'azote nitrique apporté soit assimilé par la vigne, il faut néanmoins que l'azote migre jusqu'au niveau supérieur du système racinaire situé selon le mode d'entretien du sol entre 15 et 30 cm de la surface. Selon Champagnol (Champagnol, 1984), la migration des nitrates serait égale à 2,5 fois la quantité d'eau reçue sur un sol lourd à 6,5 fois pour un sol léger. Ainsi, il peut être judicieux de fractionner les apports en sol sableux puisque après un cumul de 100 mm de pluie, l'onde maximale de concentration en nitrate du sol risque d'être devenue inaccessible à la majorité des racines.
- **L'azote ammoniacal (NH<sub>4</sub>+**). Chargé positivement, contrairement aux nitrates, l'azote ammoniacal est peu lessivable. Il est peu prélevé par les racines et doit d'abord être transformé en azote nitrique, avant d'être assimilé. Cette réaction est relativement rapide dans le sol, il suf-

fira donc de l'apporter 15 jours à un mois environ avant la date prévue pour un apport nitrique.

- **L'azote uréique (CO(NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>)**. L'azote uréique est un composé un peu plus complexe et doit d'abord être transformé en azote ammoniacal, puis en azote nitrique avant d'être assimilé par les racines de la vigne. Les formes uréiques sont d'un intérêt limité en viticulture, en apport au sol. Elles sont en revanche utilisées en fertilisation foliaire. En phase liquide, les formes uréiques, de même que les formes ammoniacales, comportent un risque de volatilisation sous forme de gaz ammoniac NH<sub>3</sub> au moment de l'épandage ou au cours du processus d'hydrolyse de l'urée en ammoniac.

#### LES DIFFÉRENTES COMPOSITIONS DES ENGRAIS AZOTÉS

Les engrais azotés peuvent être simples, associant une ou plusieurs formes d'azote, ou composés, en association avec d'autres éléments minéraux. Parmi les engrais simples, le sulfate d'ammoniac contient exclusivement de l'azote sous forme ammoniacale tandis que l'ammonitrate par exemple, associe les formes nitriques et ammoniacales. Dans les engrais composés, l'azote peut être associé à différents éléments minéraux, notamment du phosphore et du potassium. Dans un objectif unique de correction azotée, le choix d'un engrais composé n'est généralement pas judicieux si les autres éléments sont bien assimilés. En outre, ces engrais sont plus coûteux.

#### LES DIFFÉRENTES FORMULATIONS D'ENGRAIS

La majorité des engrais sont présentés en granulés, formulation assurant une facilité d'épandage. Parallèlement aux granulés, des formulations liquides sont également disponibles. Souvent plus chers, les engrais liquides peuvent présenter un intérêt dans certaines situations, notamment en vigne enherbée pour la localisation de la fertilisation au moyen d'un pulvérisateur, afin que l'apport ne profite pas à l'herbe. Ils peuvent également être associés aux herbicides, supprimant un passage spécifique pour l'engrais.

#### LES ENGRAIS RETARDS OU À LIBÉRATION PROGRESSIVE

Certaines formulations associent un enrobage ou un retardateur de nitrification permettant une libération progressive de l'azote. Cependant, aux doses employées en viticulture, les expérimentations conduites par la Chambre d'Agriculture de la Gironde de comparaisons de différents types d'engrais azotés «retards» avec l'ammonitrate n'ont pas permis de mettre en évidence des différences concernant l'alimentation azotée de la vigne et la qualité des raisins et des vins. Une explication pourrait être que quelque soit l'engrais, une part de l'azote passe sous forme organique par assimilation microbienne. Cette organisation de l'azote minéral est le processus inverse de la minéralisation. Il correspond à l'assimilation de l'azote minéral par les micro-organismes du sol qui absorbent préférentiellement la forme ammoniacale à la forme nitrique. MACHET et al. (2001) ont ainsi montré que la gestion de la fertilisation avait peu d'effets sur la quantité d'engrais organisée (15 à 20 kg d'azote dans leurs essais). Cette constante serait fonction de la disponibilité en carbone du système de culture. Compte tenu des doses d'azote apportées qui sont classiquement inférieures à 50 unités, les engrais retards ne semblent donc pas présenter d'avantages décisifs en viticulture.

#### LES ENGRAIS ORGANIQUES

La totalité des éléments fertilisants des engrais organiques a une origine organique. Il existe 2 provenances possibles à l'azote organique. S'il est d'origine chimique, il s'agit de molécules organiques relativement simples qui libèrent dans l'année l'azote qu'elles contiennent. Elles ont un comportement du type de celui de l'urée et suivront les mêmes recommandations. S'il est d'origine biologique, animale ou végétale, il peut provenir de guano d'oiseaux ou de poissons, de sang desséché, de tourteaux végétal... Ces formes d'azote ne sont pas lessivables et peuvent donc être apportées n'importe quand. Elles se libèrent plus lentement, et progressivement au cours de l'année que pour un engrais azoté classique. Pour

libérer l'azote qu'elles contiennent, les molécules organiques devront en effet être dégradées par les micro-organismes du sol.

#### LES ENGRAIS ORGANO-MINÉRAUX

Les organo-minéraux sont des engrais simples azotés ou des engrais composés contenant à la fois des matières azotées organiques d'origine animale ou végétale avec au moins 1 % d'azote organique, et des matières fertilisantes minérales.

#### LES AMENDEMENTS ORGANIQUES

L'apport d'azote sous forme d'amendements organiques est la plus dépendante du sol, puisque l'assimilation de l'élément ne peut se faire sous forme organique. Comme pour les matières organiques du sol, celles apportées pour la fertilisation devront être minéralisées pour que l'azote qu'elles contiennent puisse être assimilé par la vigne. Cette minéralisation n'est pas régulière. Elle dépend du type de matière organique et de l'activité biologique du sol. Si leurs coûts sont généralement nettement supérieurs aux engrais (tableau 1), l'intérêt de l'apport d'amendements organiques dépasse cependant largement la simple fertilisation azotée. En effet, les apports exogènes permettent de conserver ou d'améliorer le «patrimoine sol», en assurant son bon fonctionnement et évitant son appauvrissement en matières organiques. Cet objectif s'inscrit dans la démarche générale de viticulture durable et constitue un investissement à long terme. En relation avec les rôles fondamentaux des matières organiques (physiques, chimiques et biologiques), les apports peuvent être également liés à des objectifs spécifiques pour améliorer une particularité du sol : lutter contre l'érosion, les toxicités métalliques, entretenir la biomasse microbienne, améliorer la rétention en eau...

Tous les amendements n'ont pas le même effet sur le sol et la vigne. Pour maintenir un niveau d'humus correct dans les sols, l'apport d'amendements organiques d'origine végétale, contenant de la cellulose et de la lignine, est indispensable. Cependant, l'apport d'un produit très (trop) stable, comme la tourbe, augmentera certes le taux de carbone organique dosable au laboratoire, mais sera peu dégradé par les micro-organismes. Ce type de produit ne libérera donc pas ou très peu d'azote. A l'opposé, les matières organiques d'origine animale libèrent plus rapidement leurs éléments minéraux dont l'azote et stimulent momentanément l'activité microbienne mais n'enrichissent pas durablement le sol en humus.

La libération de l'azote sera élevée pour les matières organiques fraîches à faible rapport Carbone sur Azote (C/N), à faible pour les matières organiques compostées. Les matières organiques à C/N très élevé peuvent provoquer le phénomène appelé «faim d'azote», pour imager le besoin en azote nécessaire à la décomposition de la matière organique. En effet, pour pouvoir dégrader les molécules carbonées de

NOM COMMERCIAL	TYPE DE FERTILISANT	NOMBRE D'UNITÉS D'N POUR 100 KG	PRIX DU PRODUIT POUR 100 KG € HT	COÛT DE L'UNITÉ N
Perlurée	Engrais minéral simple	46	34,90	0,76
Ammonitrate 33	Engrais minéral simple	33	30,00	0,91
Sulfate d'ammoniac	Engrais minéral simple	21	25,50	1,21
Nitrate de chaux	Engrais minéral simple	15	35,00	2,33
Nitrate de potasse	Engrais minéral composé	13	57,64	4,43
Felex Amon (Entec)	Engrais minéral composé avec retardateur de nitrification	10	50,36	5,04
Liquovigne FL 13	Engrais minéral composé liquide	3	78,00	26,00
Fertial 80 6,5-4,5-1,3	Engrais organique (granulés)	6,5	85,0	13,08
Guanito 6-15-3+2 Mg	Engrais organique (bouchons)	6	40,68	6,78
Magaline 3-6-12	Engrais organo-minéraux	3	36,0	12,0
Amendine	Amendement organique	2	30,00	15,00
Biofertil	Amendement organique	0,8	6,0	7,5
Compost UCVA	Amendement organique	1,3	1,2	0,92

Tableau 1. Teneur en azote et coûts de différents produits (source Coût des fournitures en Viticulture et Œnologie 2011)

l'amendement, la microflore du sol utilise l'azote de la solution du sol, le rendant indisponible pour les plantes. Si ce phénomène transitoire peut être préjudiciable au développement des cultures annuelles, il se révèle cependant moins prégnant pour la vigne, notamment si les matières organiques ne sont pas enfouies.

L'étude des cinétiques de minéralisation de l'azote peut être réalisée au laboratoire au cours d'incubation en conditions contrôlées dans un sol (norme XP U 44-163 concernant la cinétique C et N, publiée en début d'année 2010). Ces mesures permettent de classer les matières organiques entre elles. Cependant, la minéralisation réelle au champ peut différer notablement des résultats obtenus au laboratoire en conditions non limitantes.

## AUTRES FORMES D'APPORTS AZOTÉS

### LES ENGRAIS VERTS

On parle généralement «d'engrais verts» pour une légumineuse ou une crucifère préalablement semée puis enfouie par un labour, au moment où elle devrait être fauchée. Plus généralement, tout retournement d'enherbement naturel ou semé génère une source pouvant être très importante d'azote (CROZIER, 2007), en raison de la minéralisation de la matière organique fraîche, mais également indirectement par le labour qui favorise l'accès de la microflore aux matières organiques du sol.

### SARMENTS

La restitution des bois de taille constitue la première source de matières organiques des parcelles viticoles. A eux seuls, les sarments représentent 30 à 50 % des pertes annuelles en matières organiques. Le broyage des sarments permet ainsi de restituer de 300 à 600 kg d'humus par ha et par an qui participeront à la fourniture d'azote de la parcelle après leur minéralisation.

## CONCLUSION

Les besoins de la vigne en azote sont faibles et généralement comblés par la minéralisation des matières organiques de la parcelle. Les risques de carences en viticulture sont ainsi plus limités qu'en culture annuelle intensive. Cependant, comme pour toute plante, l'absorption insuffisante d'un élément peut conduire à une baisse de rendement et à un affaiblissement des souches. La qualité des raisins et donc du vin peut en être fortement altérée. Lorsqu'un signe de carence apparaît, il convient de prendre rapidement des mesures de redressement. L'apport d'engrais minéral fournissant rapidement de l'azote assimilable à la vigne est alors à conseiller. Selon la sévérité de la carence, les contraintes de production, la période d'apport, le type de sol et d'entretien du sol, le matériel et le budget disponible, le choix se portera sur tel ou tel type d'engrais. Pour corriger durablement le problème, des apports d'amendements organiques devront être envisagés. La diversité et la complexité des produits du marché nécessitent une réflexion encore plus approfondie que celle du choix d'un engrais, bien que le pilotage des amendements organique reste encore aujourd'hui très empirique. Enfin, comme esquissé en introduction, il ne faut pas oublier que la carence peut être liée à un mauvais fonctionnement du sol et/ou des racines ou à une mauvaise conduite de la vigne et non à un manque de matières organiques dans le sol. Il convient donc d'optimiser le rapport sol - plante : décompactage en sol tassé, gestion de l'entretien du sol, gestion du rapport feuille - fruit...

## BIBLIOGRAPHIE

CHAMPAGNOL, F., 1984. Eléments de physiologie de la vigne et de viticulture générale. 353p.

CHONE, X., 2001. Contribution à l'étude des terroirs de Bordeaux : Etude des déficits hydriques modérés, de l'alimentation en azote et de leurs effets sur le potentiel aromatique des raisins de vitis vinifera L. cv. Sauvignon blanc. Thèse de Doctorat Sciences biologiques et médicales, option Œnologie-Ampélogie, Université de Bordeaux II. 188p.

FORME N	AVANTAGES	INCONVÉNIENTS
Généralités sur les engrais	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Concentrés en azote</li> <li>- Transport facilité</li> <li>- Pilotage aisée des doses</li> <li>- Homogénéité des apports</li> <li>- Apports localisés aisés</li> <li>- Rapidité d'action</li> <li>- Permet d'atténuer l'effet dépressif de l'enherbement sur la vigne</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Plage d'apport réduite dans le cadre des arrêtés sur la protection des eaux contre la pollution par les nitrates d'origine agricole (interdiction généralement du 1er juillet au 1er mars)</li> </ul>
Engrais minéraux	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Coûts limités de l'unité azoté</li> <li>- Connaissance des libérations d'N</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Coûts fluctuants</li> <li>- Effet N à court terme</li> <li>- Forte acidification du sol</li> <li>- Encadrement législatif peu formalisé d'un point de vue environnemental</li> <li>- Interdit en Agriculture Biologique</li> <li>- Mis à l'index par le Grenelle de l'environnement</li> </ul>
Azote ammoniacal (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fixé par le complexe adsorbant du sol</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Voie minoritaire d'adsorption de l'N par les plantes (20%)</li> <li>- Devient toxique pour la plante s'il y a accumulation dans les tissus</li> <li>- Risque de volatilisation</li> </ul>
Azote nitrique (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Forme la plus facilement absorbée (80%)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Non retenu par le sol donc lessivable par les pluies (risque de pollution des nappes) si non consommé par la végétation ou réorganisé par les micro-organismes du sol</li> <li>- Risque augmenté en sol sableux, filtrant</li> </ul>
N retard minéral	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Moins de lessivage des nitrates (intérêts dans sols sableux ou si forte pluviométrie)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Plus chers que les engrais classiques</li> <li>- L'effet est peu probant aux doses usuelles qui restent limitées en viticulture</li> </ul>
Engrais organo-minéraux	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Libération rapide et progressive de l'N</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Plus coûteux que les engrais minéraux</li> </ul>
Engrais organiques	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Libération progressive de l'N</li> <li>- Utilisables en Agriculture Biologique</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Plus coûteux que les engrais minéraux</li> </ul>

Tableau 2. Avantages / Inconvénients des différentes formes d'engrais

CROZIER, P., CHAUSSOD R., 2007. Incidence sur le sol, la vigne et les vins de chardonnay du retournement d'un gazon permanent en Bourgogne. AFPP, 20e conférences du COLUMA, Dijon, 11-12 déc 2007.

DELAS, J., 2000. Fertilisation de la vigne. Edition Féret. 160p.

GCL Développement Durable, 2010. Etat, perspectives et enjeux du marché des engrais. Ministère de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Pêche. Janvier 2010. 94p.

GUILBAULT, 2004. Gestion de l'azote à la vigne et au chai. Synthèse d'expérimentation 2000-2003. Contrat de plan Etat-Région Aquitaine. Chambre d'Agriculture de la Gironde. Avril 2004. 24p.

IFV, CA66, 2010. Le coût des fournitures en viticulture et œnologie 2011. ed CA66. 120 p.

MACHET J.M., RECOUS S., LIMAUX F., 2001. Devenir de l'engrais azoté appliqué à une culture. Les nouveaux défis de la fertilisation raisonnée. 5e rencontres GEMAS COMIFER, Blois, 27-29 novembre 2001.

MARY, B., BEAUDOIN, N., JUSTES, E. MACHET, J.M., 1999. Calculation of nitrogen mineralization and leaching in fallow soil using a simple dynamic model. European Journal of Soil Science, 50, 549-566.

FORME N	AVANTAGES	INCONVÉNIENTS
Généralités sur les matières organiques	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Large plage d'apport dans l'année</li> <li>- Libération progressive de l'N</li> <li>- Effet durable</li> <li>- Nombreux effets positifs liés aux rôles physiques, chimiques et biologiques des matières organiques dans le sol (structure, rétention en eau, fourniture de nombreux éléments minéraux, augmentation de la CEC, complexation des ETM, stimulation de l'activité biologique...)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Faibles teneurs en N</li> <li>- Dose d'apport nécessaire importante</li> <li>- Coût d'achat, de transport et d'épandage</li> <li>- Coûts élevés ramenés à l'unité N</li> <li>- Inadapté pour correction ponctuelle</li> <li>- Effets non uniquement ciblés sur l'N</li> <li>- Effet durable : risque de sur-fertilisation N, de pollution</li> <li>- Apport azoté dépendant de la qualité de la minéralisation</li> <li>- Connaissance insuffisante de la composition de certaines matières organiques</li> <li>- Méconnaissance du fonctionnement des matières organiques selon les types de sol</li> <li>- Pilotage difficile</li> </ul>
Matières organiques végétales fraîches	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Peu coûteux</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Contiennent peu d'N</li> <li>- Risque d'entraîner une faim d'N les mois suivants l'épandage</li> <li>- Difficulté d'épandage</li> </ul>
Fumiers	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utilisables en AB (si provenance d'élevage extensif)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Compositions très variées en fonction de l'origine animale et de la quantité de paille ajoutée et du type de stabulation/produit hétérogène</li> <li>- Odeur</li> <li>- Hétérogénéité de certains produits</li> <li>- Difficulté d'épandage</li> </ul>
Compost végétal	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utilisable en AB</li> <li>- Fort potentiel humique</li> <li>- Existe sous forme bouchon pour faciliter l'épandage</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Faible libération d'N</li> </ul>
Retournement de sol enherbé	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Permet de minéraliser la matière organique stockée par l'enherbement</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Quantité d'N difficilement mesurable</li> <li>- Relargage azoté pouvant être très important</li> </ul>
Résidus de cultures (sarments)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Absence d'apport exogène</li> <li>- Limite les pertes en matières organiques du sol</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Redistribution des matières organiques généralement un rang sur deux</li> </ul>

Tableau 3. Avantages / Inconvénients des différentes formes d'apports organiques