Livrable Combine

Revue technique et économique des chantiers d'entretien des accotements routiers par broyage, collecte des résidus produits et leur livraison sur site de valorisation

Rédaction : Jacques Bernard, AILE

Etude économique et graphiques : Sophie Merle, AILE

Version 3, 19 Août 2015

Plan de l'étude

1. Contexte 2
1.1. Les expérimentations de broyage collecte 2
1.1.1. En Europe 2
1.1.2. En France et plus particulièrement dans le Grand-Ouest 3
1.2. Préalable sur les pratiques d'entretien 6
1.3. Les constructeurs de matériel pour la récolte et la livraison du produit de fauche7
1.4. Les sites de valorisation dans le Grand Ouest 7
1.4.1. A des fins de retour au sol 7
1.4.2. A des fins énergétiques et de retour au sol 7
1.4.3. Autres 8
2. Description du matériel utilisé pour récolter l'herbe 8
2.1. Outils de coupe 10
2.2. Montage sur le tracteur 11
2.3. Systèmes d'aspiration 12
2.4. Système de collecte de l'herbe 12
2.1. Automoteurs 15
3. Itinéraires techniques 15
3.1. Le nettoyage préalable 15
3.2. La récolte 16
3.3. Recommandations 17
3.3.1. Qualité du produit 17
3.3.2. Optimisation des coûts 17
3.3.3. Sécurité des chantiers 17
4. Coûts de chantier 18
4.1. Prestation 18
4.2. Investissement 19
4.3. Synthèse des coûts sur trois chantiers type 19
4.4. Bilan énergétique 21
4.5. Coûts de maintenance 21
5. Qualité du produit 22
5.1. Présence de terre 22
5.2. Pouvoir méthanogène 22
6. Conclusion et perspectives 23

L'étude menée ici ne prétend pas faire la liste exhaustive des pratiques et des équipements utilisés pour réaliser le broyage collecte des bords de route. Elle a été réalisée à partir d'éléments fournis par les partenaires du projet InterregIV Combine (Pro Natura, Inagro et Univerité de Gent principalement) et des membres de l'atelier interdépartemental français mis en place en 2013 par le binôme CG22-Aile composé des pionniers réalisant cette pratique dans le Grand-Ouest. Les discussions lors des différentes démonstrations et des débats organisés notamment à l'occasion du Salon aux Champs (éditions 2013 et 2015) ont également permis d'envisager des possibilités de partenariats entre les agriculteurs et les collectivités pour entreprendre des actions favorables à la croissance verte et qui s'inscrirait dans une démarche d'économie circulaire.

Le présent rapport réalise un inventaire des itinéraires techniques observés, avec une description précise du matériel utilisé, complété par une approche économique en comparaison à un entretien classique. Enfin, cette étude permet d'aboutir à un bilan énergétique sur la base d'une valorisation énergétique du produit de fauche.

1. Contexte

1.1. Les expérimentations de broyage collecte

1.1.1. En Europe

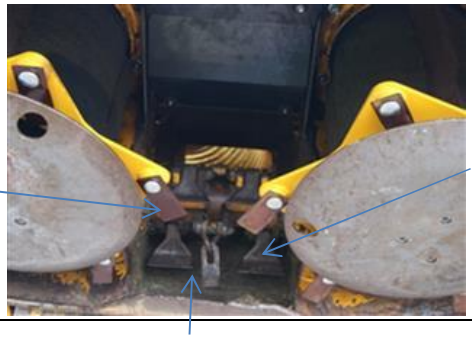
En Flandres et aux Pays Bas **la législation impose aux collectivités de collecter l'herbe de bord de route**. Le plus souvent les collectivités n'ont pas de matériel en propre et recrutent un sous-traitant. Le contrat de la prestation inclut la fauche et également l'exportation mais étant donné le faible nombre d'unité de valorisation **le produit de fauche est majoritairement laissé sur place**. La présence de terre en mélange rend contraignante son utilisation à des fins énergétiques, il est estimé qu'environ **10% des produits sont réellement valorisés**. L'herbe n'a pas de valeur marchande puisqu'elle n'est pas facturée aux utilisateurs finaux.

Le rapport réalisé par INAGRO figure en annexe 1 (traduction en anglais uniquement). Il mentionne des quantités de terre observées jusqu'à 40% de MS. Les risques pour une valorisation en méthanisation ont été identifiés comme suit : **la réduction du rendement de production de biogaz, la sédimentation dans le digesteur, l'abrasion des pompes de transfert en système voie liquide infiniment mélangé suivi d'une séparation de phase, la qualité du digestat avec notamment la présence potentielle de métaux lourds**. Les risques identifiés pour le process IFBB sont l'abrasion des presses à vis, de l'unité de briquetage, la qualité des briquettes combustibles, la quantité et la qualité des cendres produites.

Les expérimentations menées dans cette étude avaient principalement pour objectif de diminuer la quantité de terre ramassée en utilisant une faucheuse à couteau à axe verticale combiné avec un broyeur à fléau à axe horizontal en position centrale. Le petit système central équipé de fléau a deux objectifs :

- Couvrir la zone d'herbe non coupée par les couteaux horizontaux
- Broyer plus finement les brins fauchés par les couteaux horizontaux

Le système de coupe horizontale avait initialement été conçu pour **limiter l'impact sur la faune et la flore** en comparaison avec le système à fléaux. Il permet selon l'étude d'atteindre des **quantités de terre inférieure à 1,6% de MS**, et inférieure à 1% en optimisant la vitesse de rotation de la faucheuse.

Système de coupe horizontale à couteaux		Marteaux pour réduire la taille des brins
	Fléaux cuillères pour faciliter l'aspiration	

Les **risques de casses n'ont pas été évalués** ici en comparaison au système à fléaux pure.

1.1.2. En France et plus particulièrement dans le Grand-Ouest

Aujourd'hui en France **aucune loi n'impose de collecter l'herbe** issue de l'entretien des voiries mais les pratiques d'entretien « classique » ou « traditionnel » (sans récolte de l'herbe) tendent depuis quelques années vers une fauche dite « raisonnée » selon laquelle on procède à une **gestion différenciée** qui consiste à ne pas appliquer à tous les espaces la même intensité ni la même nature de soins. Ainsi **on adapte les opérations de fauchage, la fréquence et la période de coupe, en évitant ainsi les opérations inutiles**. En effet, le fauchage des bords de route fait l'objet d'études de la part des gestionnaires de voiries (Etat, sociétés concessionnaires, collectivités). Le fauchage raisonné peut se définir comme un ensemble de bonnes pratiques destinées à rationaliser le fauchage en bords de route afin que les enjeux environnementaux et économiques soient pleinement intégrés et pris en compte dans la réalisation des objectifs de maintien de la sécurité et de conservation du patrimoine routier (Annexe 2, Setra, 2009). Outre les aspects économiques, le fauchage raisonné prend en compte des aspects environnementaux avec pour objectifs de maîtriser l'utilisation de produits phytopharmaceutiques et de rendre compatible l'entretien avec le développement de la faune et de la flore.

Ce dernier objectif est aujourd'hui mis en œuvre au travers d'une composante de la fauche raisonnée qui est communément appelé fauche « tardive » qui vise à rendre compatible l'entretien des dépendances vertes avec le développement de la faune et de la flore en favorisant la biodiversité et en maintenant un espace paysager et écologique en bon état de conservation. Cependant, une **fauche tardive si elle n'est pas couplée à un export de la matière issue de la coupe** n'entraîne pas les mêmes effets en terme de conservation des milieux et des espèces inféodées, puisqu'en laissant la matière sur place on enrichit le substrat.

De même les pratiques d'entretien actuel, en laissant le produit sur place, ne répondent pas pleinement à certains objectifs de maintien de la viabilité du patrimoine routier, qui est pourtant un enjeu fort de la fauche raisonnée.

Tout d'abord, en laissant des amas de broyat au sol le **maintien d'un couvert végétal limitant l'érosion des talus** n'est pas optimisé, et ce d'autant plus lorsque la coupe est effectuée à moins de 10cm. En effet, en broyant à une hauteur > 10 cm on évite d'abîmer les racines et on laisse suffisamment de partie aérienne pour favoriser le tallage des graminées. Ce tallage est d'autant plus important si le broyat a été collecté car le sol respirera davantage, induisant moins de risques d'asphyxie des parties souterraines. La végétation jouerait ainsi pleinement son rôle de filtre végétal avec une couverture du sol optimale.

Une autre mesure phare est **d'assurer le bon fonctionnement des ouvrages hydrauliques**. Les opérations de curage des fossés et de débusage des entrées de champ sont jugées plus fréquentes lorsque la matière fauchée est laissée au sol, notamment sur la partie du talus et du fossé.

Un enjeu environnemental majeur qui n'est pas totalement respecté par le fauchage raisonné est le c**ontrôle de la végétation non désirée**. Celle-ci prévoit de **lutter contre les espèces nuisibles, allergènes et invasives**. Tout d'abord, la décomposition de l'herbe fauchée laissée sur place enrichit progressivement le sol en matière organique et provoque l'apparition de plantes nitrophiles indésirables (ortie dioïque, gaillet gratteron, chardons, etc.). Les pollens et autres produits allergènes sont également laissés à proximité des usagers de la route et des habitants à proximité. En ce qui concerne la lutte contre

les espèces invasives, celles à multiplication végétative notamment doivent faire l'objet d'une attention particulière quelle que soit la méthode d'entretien pratiquée. Celles à multiplication sexuée seront préférablement collectées. Un traitement thermophile adapté devra être mis en œuvre selon les espèces invasives récoltées (méthanisation, compostage, combustion, etc…) pour limiter voire inhiber le pouvoir germinatif des graines et/ou la multiplication végétative le cas échéant.

Enfin, des marges de progrès importantes subsistent afin de davantage **participer aux initiatives « Territoires à énergies positives » pour la croissance verte**.

En France, l'équipement utilisé est le rotor horizontal à fléau. Aucuns travaux de recherche n'ont été mis en œuvre pour développer des équipements alternatifs.

Dans le Grand-Ouest, plusieurs collectivités, de l'échelon communal à l'échelon départemental, ont expérimenté le broyage collecte sur **des portions d'axes routiers, sur des dépendances vertes, sur des voies vertes (anciennes voies de chemin de fer), autour de bassins de rétention**. On notera la Commune de Pacé (35) qui fait appel depuis 2010 à l'entreprise EVA (Entretien et valorisation des Accotements) basée en Mayenne dont la motivation première était de résoudre les problèmes d'aquaplaning subis par les usagers liés aux débordements de fossé et les problèmes de dissémination de plantes indésirables.

D'autres collectivités (syndicat alimentation d'eau potable ou bassin versant algues vertes) affectionnent cette pratique en tant que **volet non agricole de la reconquête de la qualité de l'eau**. On notera les actions entreprises par le Syndicat d'eau du bassin rennais qui accompagne certaines collectivités en aidant financièrement la partie liée au coût de traitement en plateforme de compostage afin d'impulser les expérimentations de broyage collecte sur des **zones sensibles** des territoires du Couesnon et du Coglais.

Les services voiries DAERN/SRENP du Conseil Départemental des Côtes d'Armor, avec l'appui de l'association Aile, ont entrepris depuis 2009 le broyage collecte de l'herbe des abords de la voie verte St Méen le Grand-Carhaix, puis de la voie verte Pleslin Trigavou-Le Quiou. L'entreprise individuelle représentée par Gilles Lejoly a répondu au marché public et a été retenue pour réaliser la prestation. Des analyses botaniques permettront de constater le **regain de biodiversité** attendu au bout de quelques années.

Entre 2013 et 2015, AILE et le Conseil Départemental des Côtes d'Armor sont partenaires Interreg IV B Combine et animent un **groupe de travail interdépartemental** des collectivités et des entreprises réalisant des fauches exportations dans le Grand-Ouest depuis plusieurs campagnes. Ce groupe est composé de représentants responsables des agents techniques des structures suivantes : Ville de Pacé, Communauté de Communes du Coglais, Communauté de Communes du Val d'Ille, SMPBR, Conseil Départemental de la Mayenne. Ce groupe de travail interdépartemental Grand-Ouest a permis de partager les premiers retours d'expérience des uns et des autres. Les questionnements qui sont apparus au travers des premiers échanges ont porté sur les aspects de **biodiversité** (espèces invasives des bords de route mais aussi des bords de cours d'eau ou de bassins de rétention : dissémination/contrôle, sortie de latence des graines en méthanisation, confection de briquettes combustibles ?) **juridiques** (produit/déchet, appels d'offre marché publique/mise en concurence) et **économiques** (commercialisation du produit, investissement ou prestation de broyage collecte).

Un **atelier départemental** a également été mis en place sur le département d'Ille-et-Vilaine par la DDTM35 (Direction départementale des territoires et de la mer) avec le soutien de l'association Aile suite à la présentation du projet Combine qui avait été faite en Juin 2013 à Laillé devant une soixantaine de personnes. Avait suivi une démonstration de matériel de récolte de l'entreprise EVA (Entretien Valorisation des Accotements) puis un article pour lequel le retour du point de vue des habitants avait été très positif. Cet atelier départemental, mis en place en Novembre 2013 a permis de travailler la question de statut de l'herbe et de la prestation de récolte. Un projet de texte reprenant certains éléments juridiques est en cours de rédaction par des référents des services administratifs suivants : DDTM35, DDTM Bretagne, DRAAF et DREAL Bretagne. Il semblerait apparaître que si l'herbe est livrée directement, **sans stockage dans un centre de collecte des déchets vert**, elle n'est pas assimilée comme un **déchet** mais comme un **produit**.

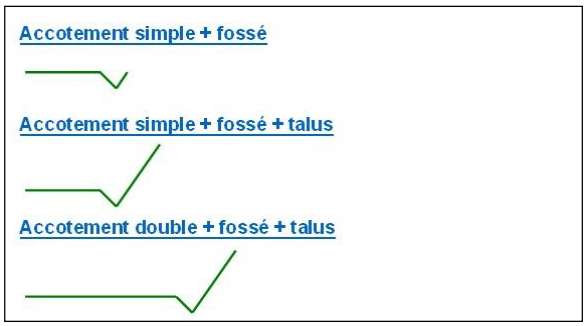
Les apports des différents groupes ont ainsi été capitalisés concernant les **techniques pratiquées, les coûts, les méthodes d'évaluation, le retour des utilisateurs de la matière, la sensibilité des agents au changement de pratiques, etc**… L'un des objectifs est d'être en mesure de mieux conseiller une collectivité qui projette de s'orienter vers cette pratique. Cela afin d'étudier et de conforter ou non les choix logistiques (matériels de récolte, de transport et site de valorisation). La **Direction interdépartementale des routes de l'Ouest (Dir Ouest)** a ainsi bénéficié de ces enseignements et a été accompagnée par l'Association Aile en 2014 pour mettre en place une expérimentation sur la bidirectionnelle au niveau de Loudéac avec deux interventions : une première au printemps et une seconde en été 2015, avec livraison de l'herbe en méthanisation à Gomené.

En Août 2015, des représentants du **Lincolnshire (Comté de Lincoln, UK)** ont sollicité Aile pour organiser une conférence et une démonstration avec le bras d'épareuse de l'entreprise EVA équipé d'un système d'aspiration. Cette pratique fait l'objet d'intérêt grandissant étant donné la multiplication des projets de méthanisation sur le territoire.

1.2. Préalable sur les pratiques d'entretien

Sur un même territoire les typologies de route peuvent être différentes selon les largeur d'accotement et de talus principalement comme illustré sur le schéma n°1.

Schéma n°1 : Représentation du profil des différents accotements routiers rencontrés



La première composante du rendement biomasse est la configuration des abords de la route.

Ensuite, les périodes d'intervention déterminent la qualité et la quantité de produit.

Sur le schéma n°2, les rectangles bleu clair représentent la largeur de rotor :

- 1,6m pour traiter l'accotement
- 1,2 m pour traiter le fossé et le talus

Schéma n°2 : Périodicité et largeur d'intervention pratiqués pour entretenir les bords de route

En fauche traditionnelle ou classique, le déclenchement de l'opération peut s'opérer selon le **stade de développement de plantes spécifiques**. Par exemple, **l'épiaison du dactyle** est le repère utilisé par le Conseil Départemental de la Mayenne car il est un bon indicateur pour prévenir de la sécurité des usagers.

Les pratiques de fauchage sont souvent différentes d'un territoire à l'autre sur les paramètres de la fréquence, de la hauteur et de la largeur d'intervention.

Par exemple, en 2014 dans le 22, un premier passage de sécurité (1 largeur de rotor) a eu lieu du 10 au 20 mai, puis tout l'accotement (2 largeurs) est prévu d'être broyé de la fin juin jusqu'à la mi-juillet. Dans le 53, une première coupe a démarré à partir du 15 mai sur une largeur de rotor, puis la deuxième coupe à partir du 15 août, jusqu'à la crête de fossé.

De même sur un même territoire ces paramètres peuvent être amenés à évoluer au fil des années rendant parfois difficile la définition de **l'état initial** et donc de la **situation de référence** pour être en mesure de comparer d'éventuelles évolutions. En effet, si les paramètres ne sont pas les mêmes, il ne sera pas possible de comparer les coûts et les rendements de deux chantiers entre eux si le **mode opératoire** n'est pas le même.

1.3. Les constructeurs de matériel pour la récolte et la livraison du produit de fauche

Les produits identifiés dans cette étude proviennent de l'Union Européenne et sont fabriqués pour la plupart aux **Pays-Bas** et en **Allemagne**.

La liste des constructeurs contactés, leurs adresses et les photos des équipements figurent en annexe 3.

Dans le cas d'un investissement dans un pays étranger, **l'homologation routière** est un élément à prendre en considération selon les limitations de vitesse en vigueur des pays respectifs.

En France seul un constructeur propose des adaptations en ce sens et tente de vulgariser la pratique. Les constructeurs Mulag et Serrat ont été contactés pour une éventuelle démonstration en France mais n'ont pas donné suite. Seule l'entreprise **Noremat**, a vendu quelques équipements dans l'Est de la France. Noremat a notamment mis au point avec le CD53 le caisson amplirol Jumbo porté sur une remorque Deves à double essieux tandem surbaissés Colaert tractée par un tracteur classique équipé avec un rotobroyeur frontal déporté. Le système avec caisson amplirol va ainsi remplacer la commercialisation de la Jumbo qui s'avère être une remorque davantage encombrante.

Depuis 2013, Noremat a développé un automoteur appelé VSV avec un bras articulé qui peut également être utilisé pour la viabilité hivernale, le salage des routes, le balayage, etc… Depuis 2014, Noremat commercialise uniquement le VSV mais le coût important de ce matériel n'incite pas à l'investissement. De plus, la démonstration n'est pas envisageable en situation réelle avec un porteur supplémentaire équipé d'un deuxième caisson puisque seul un caisson est disponible à la démonstration. Cela est dû au faible nombre d'équipements vendus à ce jour jugé insuffisant par le constructeur.

L'entreprise SMA en France propose également d'équiper des turbines d'aspiration Nidal mais ne propose pas de système de collecte adapté (remorque ou caisson).

En Juin 2015, Aile a été sollicité par **un constructeur de machines agricoles** dans l'objectif de concevoir un automoteur équipé avec un bras d'épareuse et d'un système d'aspiration, qui viendrait en concurrence avec le VSV proposé par Noremat. Aile a orienté le constructeur vers des utilisateurs propriétaires de matériel dans l'objectif de construire **un appareil correspondant aux attentes des utilisateurs** (fonctionnement, confort, ergonomie, facilité de conduite, visibilité, entretien, etc…).

1.4. Les sites de valorisation dans le Grand Ouest

1.4.1. A des fins de retour au sol

Jusqu'à présent les collectivités ayant testé la récolte de l'herbe étaient contraintes de **rémunérer le coût de traitement** de l'ordre de de 5 à 10€/t MF en **plateforme de compostage** ou en **déchetterie sur plateforme de déchets verts (broyage puis compostage)**.

Une autre alternative est **la livraison gratuite sur terre agricoles** pour une pratique intitulée **« compostage bout de champ »** où l'agriculteur peut dans la limite de 300T/an (1000m3) réceptionner de l'herbe et/ou de l'herbe mélangée à d'autres résidus de déchets verts afin de **substituer une fertilisation minérale avec la matière organique** contenue dans le produit de fauche. A partir du moment où il est transformé en produit (amendement organique), qu'il répond à la norme compost NFU 44051, l'épandage ne nécessite pas de déclaration ICPE et donc pas de plan d'épandage. La règlementation liée à cette pratique peut varier selon le secteur géographique.

Le compostage lorsqu'il est réalisé selon le protocole avec une forte montée en température a l'avantage de **réduire fortement le pouvoir germinatif des plantes indésirables** et constitue une piste intéressante de traitement en cas de foyer détecté.

1.4.2. A des fins énergétiques et de retour au sol

Concernant les unités de **méthanisation**, la plupart sont des réalisations à la ferme en **voie liquide infiniment mélangée**. La ration de base est souvent composée de graisse agroalimentaires (<15% MS) dans laquelle l'herbe peut constituer un bon **complément fibreux** en tant que support pour les bactéries. Le digestat produit sera épandu avec certaines précautions car l'azote qu'il contient est plus

volatile qu'un effluent d'élevage « brut ». Il doit donc être **stocké en fosse couverte** et être **enfoui au moment de son épandage** sur terre agricole. Le digestat contient également des graines d'adventices dont le **pouvoir germinatif est affecté**.

Jusqu'aujourd'hui les expérimentations de livraison de l'herbe de bord de route en unité de méthanisation s'effectuent gratuitement.

L'autre mode de valorisation énergétique envisagé est la production de **combustible solide** : granulé ou briquettes. Les granulés sont de petites tailles (D de 6 à 16mm, L de 3 à 15mm) et les briquettes ont un diamètre de 10cm et 30cm de long et ont des coûts de production différents. La composition du combustible peut être variable, en fonction notamment de la **proportion de matière herbacée par rapport à la proportion de produit ligneux** ce qui peut impacter sur la qualité du combustible (cf Greenpellet risque de corrosion, d'émissions athmosphériques incontrôlées NOx et SOx, formation de mâchefer dans les cendres).

A Changé en Mayenne, les abords de la route départementale sur un rayon de 30km autour de la coopérative de déshydratation CODEMA ont été valorisés en 2012 en combustibles solides. Cette expérimentation n'a pas été reconduite **car les chaudières actuellement sur le marché, même de taille industrielle, ne sont pas compatibles avec le produit**. De plus une étude de formulation du produit est nécessaire avec des coûts non négligeables. Par contre si les chaudières étaient compatibles avec le produit, un retour au sol via les cendres pourrait être réalisé par un épandage.

1.4.3. Autres

Un autre exemple est la production de granulés utilisés pour l'alimentation animale. Egalement à Changé en Mayenne, un test de production de granulés alimentaires (cf photos ci-dessous) a été réalisé avec de l'herbe en provenance des routes départementales de la Mayenne en substitution à un autre aliment.

2. Description du matériel utilisé pour récolter l'herbe

Pour cette partie nous nous sommes basés principalement sur les produits proposés par le constructeur Noremat qui est le seul en 2015 à développer un produit complet avec une gamme permettant de répondre aux exigences d'une telle pratique en France. Concernant le matériel présenté ici, les adaptations ont été mises au point par le constructeur avec l'utilisateur ayant investi (CG53) ou par les prestataires eux-mêmes (Gilles Lejoly, EVA).

Entretien de l'accotement (et fossé) avec une rotobroyeuse frontale déportée

Constructeur Noremat

Puis. Mini 130ch
Broyeur Largeur de coupe 1.6m,
Turbine d'aspiration débit 240m3/min, diamètre 300mm.
Collecte avec **caisson ampliroll.**

Adaptation
Gilles LE JOLY (22)

Adaptation EVA (53)

Puis. Mini 130ch
Broyeur Noremat Largeur de coupe 1.6m
Turbine aspiration Votex Noremat
débit 240m3/min, diamètre 300mm.
Collecte avec **remorque classique.**

Entretien de l'accotement, du fossé et du talus avec une rotobroyeuse sur bras

Constructeur Noremat

Automoteur VSV Puis. 118 ou 144ch
Longueur de bras 6,40m
Largeur de coupe 1,25m,
Turbine d'aspiration débit 240m3/min, diamètre 300mm.
Collecte avec **caisson ampliroll.**

Epareuse ventrale
Adaptation EVA (53)

Puis. Mini 115ch
Longueur de bras 6.10m
Broyeur SMA Largeur de coupe 1,20m
Turbine aspiration Nidal
débit 240m3/min, diamètre 300mm.
Collecte avec **remorque classique.**

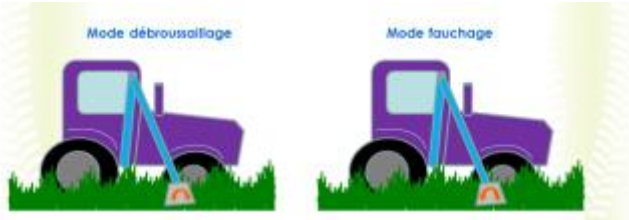
2.1. Outils de coupe

Ils sont tous équipés d'un rouleau palpeur pour pallier aux méfaits du relief et d'éventuels obstacles (pierres, cailloux, etc…), d'un système anti-projection

Broyeur débroussailleur Caractéristiques : Axe horizontal avec des marteaux et un contre couteau Avantages : Robuste et broyage plus fin (mulching) Inconvénients : Préserve peu la faune et la flore en fauche classique, qu'en est-il en mode collecte ? Ce paramètre est difficilement quantifiable.	Faucheuse rotative avec broyeur central Caractéristiques : Deux Axes verticaux avec lames et un axe horizontal à fléaux Avantages : Moins de terre et de sable aspiré Inconvénients : Risque de casse accru

En France et dans la plupart des pays européens, seuls les broyeurs à axe horizontal sont utilisés pour l'entretien des bords de route.

2.2. Montage sur le tracteur

Montage frontal déporté Caractéristiques : Fauchage uniquement avec simple marteau et contre couteau Avantages : Hachage des brins plus fins grâce au contre couteau Inconvénients : Difficile de mettre un deuxième contre couteau risque de bourrage Bourrage accru quand l'herbe est humide, lignifiée	Bras articulé Caractéristiques : Fauchage et débroussaillage avec système double marteau Avantages : Deux sens de rotation pour pouvoir entretenir l'accotement (mode fauchage) et le fossé/talus (mode débroussaillage)  Inconvénients : Vitesse d'avancement légèrement inférieure Largeur de coupe 1,25m La fixation ventrale induit une moindre polyvalence pour l'utilisation du tracteur dans d'autres acticités Visibilité réduite pour l'accotement à moins d'empiéter sur les deux axes de la route Difficile de mettre un contre couteau risque de bourrage Hachage plus grossier dû à l'absence de contre couteau

Gilles Lejoly a également équipé un broyeur frontal Kuhn de 2,2m de large qui permet un empiétement moindre de la route et un prélèvement plus important. La profondeur du fossé et le niveau de la pente de l'accotement peut rendre cette utilisation délicate dû au risque de glissement de la remorque.

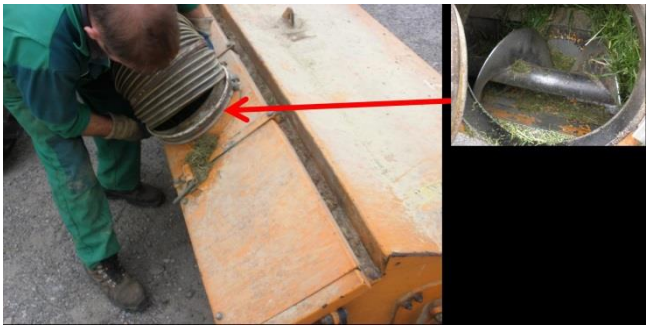
2.3. Systèmes d'aspiration

Diamètre du tuyau 300mm.

Débit maximal 240m3/min.

Les systèmes sont en cours de mise au point.

Ils ont évolué : au début ils étaient positionnés sur le système trois point du tracteur, puis ils ont été fixés sur le châssis de la remorque pour faciliter les opérations attelage-dételage.



Vis sans fin Caractéristiques : la vis recentre la matière vers le tuyau d'aspiration Avantages : Robuste et efficace quand produit humide et plus lourd Inconvénients : Plus de perturbations ce qui réduit le débit d'aspiration Obturation du tuyau en cas de déchet non collecté au préalable	Cône d'aspiration spécifique du VSV Noremat Test aspiration mécanisée des déchets avant le broyage collecte

2.4. Système de collecte de l'herbe

Deux types de systèmes existent :

- une remorque classique attelée à un tracteur
- un porte caissons amovible : la remorque est équipée d'un bras de levage qui permet de charger et décharger les caisson de façon autonome. En France, la marque commerciale la plus répandue est nommée Ampliroll (entreprise Marrel) et ce nom est couramment utilisé pour faire y faire référence.

Remorque classique	Porte caisson amovible "Ampliroll"

Les volumes sont de l'ordre de 25-30m3.

Améliorations apportées par le CD53

Suite à des usures prématurées constatées après les deux années d'expérimentation du matériel qui avait été acheté en 2011, le Conseil Départemental de la Mayenne a fait réaliser des modifications sur le caisson Ampliroll proposé par Noremat. Elles ont porté notamment sur les améliorations suivantes qui nous ont été fournies par Roger NEVEU dans le cadre de l'atelier inter-départemental :

- un toit grillagé pour contrôler les émissions de poussière
- un canal de guidage du produit pour optimisation remplissage
- une trappe de contrôle visuel du remplissage
- l'installation d'un groupe hydraulique indépendant pour la turbine d'aspiration
- un déplacement du groupe d'aspiration sur le châssis de la remorque et non pas sur le relevage trois point du tracteur
- une caméra de recul pour sécuriser les manœuvres, notamment lors du transfert des caissons
- un dispositif de signalisation plus visible à l'arrière des caissons
-

-

-
-
-
-
-
-
-
-
-
-

Groupe d'aspiration

-

Circuit hydraulique du groupe d'aspiration
DEVES

-
-

Source : CG53

2.1. Automoteurs

Le VSV de Noremat, en version aspiration, fonctionne uniquement avec le bras articulé. Il est possible d'équiper un broyeur frontal mais sans raccordement avec la turbine d'aspiration.

Le système de broyage est un axe horizontal (largeur 1.25m), avec simple série de marteaux et un système contre-couteau . Il est donc dédié au broyage collecte de l'accotement et à priori pas adapté pour effectuer du débroussaillage du talus et du fossé. Vitesse sur route maximale 40km/h.

Avantages :

Cet équipement présente l'avantage d'être polyvalent : balayage du sol et des panneaux de signalisation, salage des routes, hivernage etc…

Son poste de conduite positionné centralement présente un avantage au niveau de la visibilité de l'opérateur par rapport à d'autres automoteurs présentés en Annexe 2.

Inconvénients : La garde au sol est inférieure aux systèmes équipés sur tracteur-remorque et ne facilite pas l'accès des entrées de champs notamment. La motricité est elle aussi inférieur à un tracteur classique : risque d'enlisement (voie verte).

La longueur du bras ne permet pas d'accéder à toutes les crêtes de talus. La largeur de coupe 1,25m induit des débits de chantier inférieurs en comparaison à la largeur de coupe des autres équipements 1,60m.

Il n'y a pas quatre roues directrices ce qui augmente le rayon de braquage.

Robustesse par rapport à un tracteur classique ? (beaucoup de plastique du côté droit)

Les autres automoteurs présentés par des constructeurs européens (voir Annexe 2) n'ont pas été évalués, car ils semblent peu adaptés aux chantiers actuels.

3. Itinéraires techniques

3.1. Le nettoyage préalable

Le ramassage des indésirables est effectué systématiquement avant le démarrage de chacune des coupes. En 2012, en moyenne 10 kg/km d'accotement ont été ramassés avant d'entretenir les le Conseil Départemental de la Mayenne.

Un ramassage préalable des déchets peut également être effectué au printemps dès le départ en végétation pour éviter que l'herbe ne soit trop haute. En effet lorsque l'herbe est rasante il est plus facile de repérer les indésirables et donc on a plus de chance de ramasser de grandes quantités.

Bien souvent cette opération est effectuée par les agents d'entretien des routes ou par une association d'insertion pour l'emploi.

Source : CG53

Les zones les plus contaminées sont les zones industrielles et artisanales périurbaines. Pour pallier à ce phénomène, le Conseil Départemental de la Mayenne entretien les rocades de Laval avec une fauche traditionnelle.

A contrario, sur les routes communales entretenues par La Communauté de Communes du Val d'Ille, la quantité d'indésirables est très faible en bord de route, voire absente.

3.2. La récolte

On peut distinguer trois itinéraires techniques :

- le fauchage avec livraison directe : un seul tracteur équipé d'une remorque classique fauche puis livre. Cet itinéraire est adapté pour de petites quantités livrées à proximité immédiate, car les temps de chantier sont considérablement allongés.

- le fauchage avec une remorque classique, dépose et reprise au télescopique pour une livraison finale en camion.

Faucheuse aspiratrice

Chargement des plates-formes de stockage

Déchargement du camion

- le fauchage avec un porte caisson amovible, reprise du caisson par un camion

Faucheuse aspiratrice

Dépose du caisson

Reprise par un camion et livraison finale

Source : Aile

Les remorques classiques ont pour principal intérêt d'être facilement disponibles, mais la logistique de collecte est rendue plus compliquée :

- afin de limiter les délais de livraison (l'herbe doit être la plus fraîche possible), le transporteur doit être disponible aux mêmes dates que le matériel de fauche

- le dépôt sur le sol augmente les quantités de terre ramassées avec l'herbe.

La remorque classique ne semble donc adaptée que pour de petits chantiers, ou des chantiers occasionnels. Si l'on envisage une récolte à plus grande échelle, le système de caissons amovibles est indispensable.

3.3. Recommandations

Une convention est automatiquement rédigée entre la collectivité et chaque site de valorisation envisagé. Celle-ci précise les conditions d'acceptation et de prise en charge de l'herbe par le méthaniseur comprenant le transport et la livraison de celle-ci par la collectivité. Les aspects qualitatifs de l'herbe concernent **l'absence d'indésirables** (ordures ménagères et autres détritus en plastique et en ferraille) et le **délai maximum de livraison après la fauche**.

3.3.1. Qualité du produit

La hauteur de coupe est de 10cm minimum pour éviter le prélèvement de terre, de sable et de bois ainsi qu'une usure prématurée des organes de coupe. La vitesse doit être limitée pour suivre au mieux les mouvements de terrain et ainsi éviter de ramasser de la terre.

La longueur de brin doit être la plus fine possible. Avec un broyeur à marteaux, il est difficile d'arriver en dessous de 10-12 cm.

La livraison chez l'utilisateur final doit être réalisée dès que possible, et si possible moins de 24 heures après la coupe.

3.3.2. Optimisation des coûts

De manière générale, un rayon de 30km autour du site de valorisation pressenti est le maximum envisageable ce qui correspond au temps moyen de remplissage d'un caisson ou d'une remorque (environ 1 heure), évitant ainsi des temps d'attente trop importants.

Il faut également veiller à bien remplir la remorque ou le caisson pour optimiser le coût du déplacement.

3.3.3. Sécurité des chantiers

Chaque collectivité applique des procédures de sécurité qui lui sont propres.

Quelle que soient la typologie des routes (communales, départementale, nationale, double sens, voie express) il convient de sécuriser le chantier à l'avant comme à l'arrière du convoi.

A partir du moment où une manœuvre est effectuée, notamment pour la dépose du caisson plein et la reprise du caisson vide, le dispositif doit être renforcé.

De même plus la route est sinueuse (virages, côtes) et plus la limitation de vitesse est élevée, plus il convient de multiplier les précautions pour sécuriser les usagers de la route.

Sur les routes communales la présence d'un second véhicule de signalisation n'a pas été jugé nécessaire par les responsables de s accotements du Val d'Ille. En effet, la largeur de la remorque correspond à celle du broyeur utilisé en fauche classique. Cependant, pour le confort des chauffeurs, les routes ont été sélectionnées pour limiter les manœuvres et notamment les demi-tours.

4. Coûts de chantier

4.1. Prestation

Les opérations de récolte sont toujours précédées d'une visite préalable de chantier pour mieux apprécier les largeurs d'accotement. En effet ce sont elles qui définissent les nombres de passes à effectuer selon la largeur de coupe de l'équipement qui déterminent le nombre de kilomètres développés. C'est à partir de cette visite que le tarif est proposé au kilomètre de voirie.

Dépôt sur site de valorisation ou sur un site intermédiaire de dépôt/reprise

Le volume de la semi-remorque est de l'ordre de 60 à 90m3

Le système caisson amplirol n'est à ce jour pas proposé par les prestataires.

L'entreprise EVA (53) propose également la location du matériel de récolte. La Communauté de Communes du Val d'Ille a opté pour cette solution.

4.2. Investissement

Tracteur + rotor + centrale d'aspiration + remorque + caisson

Automoteur + rotor sur bras articulé + centrale d'aspiration + remorque + caisson

Porteur + caisson

4.3. Synthèse des coûts sur trois chantiers type

Les trois chantiers ci-dessous présentent malgré les différences identifiées des résultats proches.

Tout d'abord, chaque chantier est effectué sur un type de voie diffèrent : voie verte, Route départementale, Route communale.

Egalement les périodes d'intervention et les zones collectées diffèrent :

- La voie verte est récoltée Mai-Juin sur l'accotement uniquement
- Les routes de Mayenne sont récoltées en Mai-Juin puis en Août sur la passe de sécurité de de l'accotement à proximité immédiate de la voie de circulation uniquement, le reste de la végétation située proche du fossé est fauché traditionnellement sans exportation du produit de fauche.
- Les routes communales sont récoltées en Mai-Juin puis en Août sur une passe correspondant à la totalité de l'accotement, puis en Septembre la partie du fossé et du talus est prélevée

Concernant le mode opératoire, aucun ramassage de déchet n'est effectué sur les voies vertes et sur les routes municipales. Seul le département de La Mayenne réalise cette opération qui coûte environ 40€/km de voie. Sur les routes municipales il convient de vérifier au préalable l'absence de déchets les longs des voies de circulation.

Le dispositif de sécurité mis en place pour récolter l'herbe le long des routes départementales de la Mayenne est le même qu'en fauche classique. Il s'agit d'un véhicule d'accompagnement piloté par un agent situé à l'arrière du convoi pour prévenir les usagers de la route en plus des panneaux de signalisation.

Tableau n°

Type de voie Période de récolte Zones collectées	Voie verte Côtes d'Armor Intervention Mai - Juin	Route Départementale Mayenne Intervention Mai – Juin puis en Août uniquement sur la passe de sécurité	Route Communale Ille-et-Vilaine, initié par SMPBR, Intervention Mai – Juin accotement puis la totalité en Août, Septembre
Mode de livraison	Livraison directe ou dépôt reprise par camion	Caissons amovibles "Ampliroll"	Livraison directe
Km de voie	145	480	25
Km parcourus (km*)	290	960	200 50 en Mai puis 150 en Août
Véhicule de sécurité	Non	Oui	Non
Intervenant	Prestataire G.LEJOLY	Agents du CG53	Prestataire EVA
Rendement (t MF/km*)	**0,77**	**0,85** 1,0 en Mai et 0,6 en Août	**0,63** 1,0 en Mai et 0,5 en Août
Coût (€/km*) : *Fauche classique*	**48** *28*	**48** *34*	**33** *29*
Coût (€/tonne) : *Fauche classique*	**62** *36*	**57** *40*	**52** *46*
Carburant utilisé (l) **par km*** **par tonne** *Fauche classique*	9 l/km* 11l/t *4l/km**	7,5l/km* 9 l/t *3l/km**	7,5l/km* 9 l/t *3l/km**

La fauche traditionnelle ou classique correspond à la fauche sans exportation du produit de fauche.

Les rendements varient assez peu, on retiendra le chiffre de 0,8 tonne de matière fraiche par kilomètre développé (0.8t MF/km*).

En mai juin on observe un rendement proche de 1 T MB/km* sauf pour la voie verte car la largeur de l'accotement est parfois inférieure à la largeur du rotor utilisé sur le broyeur frontal déporté qui a une largeur de 1,6m hors tout, soit 1,5m de largeur de coupe effective.

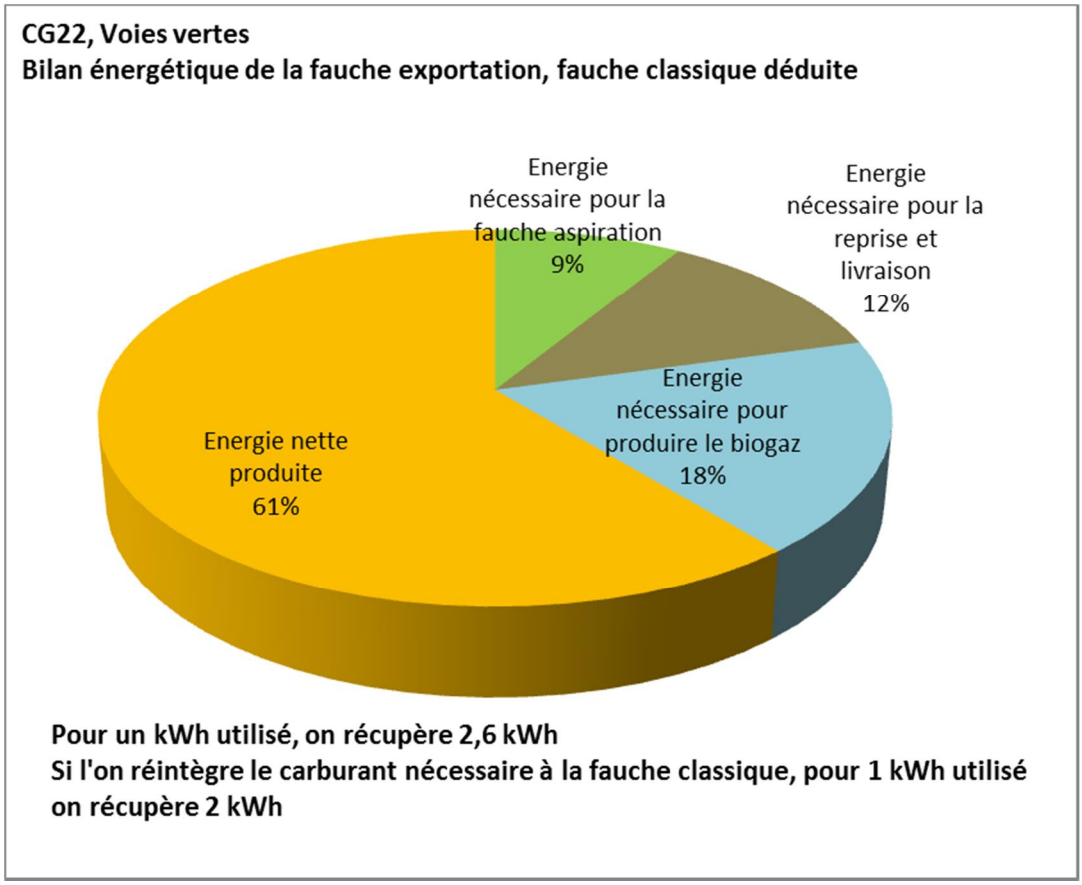
D'autre part, la végétation récoltée en Septembre-Octobre est plus lignifiée sur la partie fossé-talus avec des rendements autour de 0,5t MF/km*. Dans des conditions peu poussantes il peut être nécessaire de parcourir une distance de 10km pour remplir un caisson de capacité utile de 4 à 5 tonnes.

4.4. Bilan énergétique

Consommations de carburant sur la voie verte en Côtes d'Armor en 2013

Litres de gazole	Fauche classique sans récolte	Récolte
Litres/ km*	3	10
Litres/tonne	6	19

Le contenu énergétique d'une tonne d'herbe est estimé à 520 kWh (énergie primaire du biogaz). L'efficacité énergétique est de 2.1 si toutes les consommations de carburant sont considérées, et de 2.6 si l'on déduit le carburant nécessaire pour la fauche classique, en considérant que l'herbe aurait été fauchée de toutes façons.



Dans le calcul, nous avons considéré l'énergie nécessaire pour la production de biogas (électricité et chaleur nécessaire pour faire fonctionner le digesteur). L'efficacité énergétique est calculée par rapport à l'énergie primaire du biogaz et ne prend pas en compte la transformation en électricité et/ou chaleur.

4.5. Coûts de maintenance

Le surcoût lié est la maintenance du système de récolte porte principalement sur le graissage de la turbine et le temps passé pour les vérifications de serrage.

5. Qualité du produit

Les fauches de voie verte ont été valorisées en méthanisation. Les opérations de valorisation sont décrites en annexe 3 (Fiche pratique).

5.1. Présence de terre

Le tableau ci-dessous récapitule les teneurs en matières minérales

mg/kg MS	Moyenne	Min	Max	Ecart type
Voies vertes, Côtes d'Armor, herbe de printemps 2013	11.30%	8.3%	15.6%	2.7%
Voies vertes, Côtes d'Armor, herbe et feuilles d'automne (2009-2012)	18.6%	15.1%	25.2%	4.25%

Les matières récoltées en automne ne permettent pas une valorisation en méthanisation (trop de matières minérales). De plus, la biomasse étant plus lignifiée, le pouvoir méthanogène est également plus limité.

5.2. Pouvoir méthanogène

En 2013, la DCO (Demande Chimique en Oxygène) a été analysée sur les fauches de voie verte en Côtes d'Armor pour avoir un indicateur du potentiel méthanogène.

Fauches de voie verte juin 2013	Matières sèches	DCO (gO2/kg sec)	Pouvoir méthanogène moyen retenu pour 2013 (m3 CH4/t produit brut)
	23%	890	52

La DCO est un bon indicateur du pouvoir méthanogène en cas dans le cas d'analyse de produit liquide. Pour un produit tel que l'herbe de bord de route l'analyse du pouvoir méthanogène, bien qu'elle soit plus coûteuse constitue le paramêtre le plus fiable à mesurer. Nous ferons 3 analyses de potentiel méthanogène en 2014.

6. Conclusion et perspectives

Autrefois pâturés ou fauchés manuellement par les éleveurs, les accotements routiers fournissaient un complément fourrager non négligeable aux ruminants. La mise en stabulation massive des animaux d'élevage a induit une charge supplémentaire aux gestionnaires routiers. L'usage des épareuses est alors apparu comme une **solution mécanisée à coût modéré** permettant d'assurer l'objectif principal : garantir la sécurité des usagers de la route de plus en plus nombreux. Cependant, les données économiques concernant une fauche sans exportation des résidus et plus particulièrement les **coûts indirects liés aux opérations de curage, de débusage, d'arasement d'accotement** sont mal connues. De même, **l'évaluation de l'impact de ces pratiques curatives** est difficile à appréhender du point de vue écologique et environnemental.

L'absence de solution de référence rend difficile sa comparaison avec une pratique incluant l'exportation des résidus, tant sur le volet **économique** que sur les questions **environnementales** (maîtrise des nutriments dans les eaux de ruissellement, plantes allergènes) et de **biodiversité** (trame verte et bleue). Sur le volet économique, et ce malgré l'absence de chiffres concrets, il semble que la réduction des coûts de curage des fossés puisse être d'avantage escomptée par l'exportation des résidus de fauche lors de la passe automnale réalisée pour l'entretien du fossé et du talus. Ce dernier étant très pentu et de hauteur parfois très importante pouvant représenter plusieurs mètres, les repousses d'espèces ligneuses (saules, ronces, ajoncs, etc…) une fois fauchées sont facilement entraînées par les eaux de ruissellement dans le fossé. Malgré une pente plus faible que le talus conjugué à un niveau de précipitations au printemps et en été souvent plus faible, la passe réalisée sur l'accotement présente un risque moindre mais existant et peut participer également au bouchage du fossé.

Ce nouveau mode de gestion peut s'intégrer parfaitement dans une **économie circulaire locale** associant des acteurs impliqués dans un même territoire et ayant des intérêts communs. On considère que raisonnablement un rayon de **trente kilomètres maximum** doit séparer la zone entretenue et le point de livraison pour permettre un bilan énergétique intéressant.

La présence sur le marché de quelques **entrepreneurs** et de **constructeurs** qui proposent des systèmes d'épareuse adaptés pour l'exportation des résidus de fauche permettent la mise en place **d'expérimentations ponctuelles de recherche et développement** au sein des collectivités. Ces expérimentations, outre le volet technique, abordent les questions **juridiques** liées aux résidus ou co-produits issus de la fauche. La pérennisation des pratiques testées passent ensuite par des phases **d'acceptation sociétale** et la mise en place d'une **politique de gestion** pour les voir figurer au sein des **marchés publics**. Le jeu actuel de la **transmission des compétences au sein de l'administration territoriale** peut faciliter la concrétisation de ces expérimentations mais peut aussi la rendre laborieuse malgré des résultats positifs constatés lors de l'expérimentation. D'autre part la visibilité courte des marchés publics par les entrepreneurs ne leur permet pas d'investir dans du matériel **innovant plus performant**.

Du point de vue technique, notons que ce mode de gestion différenciée suscite des pratiques respectueuses du milieu. Tout d'abord il permet de maintenir un couvert végétal efficace pour limiter les phénomènes **d'érosion** et favoriser **l'infiltration de l'eau**. En effet, pour toute valorisation de l'herbe, il convient de ne pas aspirer de matériaux inertes (cailloux, sable, terre) donc de **faucher à une hauteur supérieure à dix centimètres**. Cela évite d'abîmer les racines et laisse suffisamment de partie aérienne pour assurer le tallage des graminées, d'autant plus lorsque le broyat a été collecté. D'autre part, même s'il est souhaité en fauche sans exportation mais peu pratiqué dans les faits, le **ramassage préalable des déchets** (bouteilles et autres détritus) est incontournable sur les routes à haute fréquentation (urbain et périurbain), offrant ainsi des routes avec un **paysage agréable**.

La valorisation en **combustible** de la matière herbacée semi ligneuse récoltée en automne reste encore difficile à envisager malgré le procédé IFBB développé dans le cadre du projet Combine qui suggère l'utilisation préalable de grandes quantités d'eau propre pour capter les éléments chimiques indésirables en combustion (Azote, Chlore, Souffre notamment) avant séchage et pressage de la pulpe herbacée. **L'épandage agricole après compostage** des résidus issus de cette passe automnale représente un apport carboné potentiel intéressant pour **l'amendement des sols**.

Pour valoriser l'herbe dans une **unité de méthanisation**, il convient d'adapter les **périodes d'intervention** lors des passes réalisées au **printemps** et en **été**. En effet, les aspects qualitatifs du

produit récolté doivent être intégrés dans la démarche de la collectivité, de concert avec l'agriculteur méthaniseur en fonction des **capacités d'incorporation de la matière solide dans le digesteur**. Les chantiers tests réalisés avec l'association Aile ont tous été valorisés en voie liquide infiniment mélangée pour laquelle il a été identifié qu'une fauche dite « tardive » conjuguée avec des brins de taille trop longue pouvait être contraignante. Le risque est d'observer un dépôt dans le disgesteur pouvant engendrer un curage prématuré et/ou une croûte en surface limitant les échanges gazeux. Le **stockage** du fourrage, outre sa **conservation**, permet de respecter la **biologie** du digesteur en incorporant un **substrat de qualité constante** tout au long de l'année.

En 2016 Aile va participer à un projet appelé **CARMEN** avec l'Ineris sur les risques de contamination de l'herbe des bords de route par les polluants issus de l'échappement des automobiles (HAP, particules, métaux lourds). Cela permettra de savoir s'il vaut mieux **laisser l'herbe dans le milieu ou bien l'exporter**, et de définir les **préconisations d'apport en méthanisation** selon le niveau de contamination potentielle.

Un autre volet à explorer serait la gestion des **plantes invasives** notamment celles à multiplication végétative. Même si la détection des foyers commence à s'organiser au sein des équipes de terrain des gestionnaires routiers sensibles à cette question, il convient de poursuivre la réflexion pour déterminer la **méthode de collecte la plus adaptée** ainsi que la **chaîne de traitement adéquate** (combustion, incinération, méthanisation, compostage, autre).

Association d'Initiatives Locales pour l'Énergie et l'Environnement
73, rue de Saint-Brieuc - CS 56520 - 35065 Rennes Cedex - FRANCE
Tel +33 2 99 54 63 23 – Fax : +33 2 99 54 85 49 – Site : www.aile.asso.fr