



ÉTUDE-ACTION

REALISATION D'UNE ETUDE SUR LES METIERS DE LA
METHANISATION AGRICOLE
« Besoins d'emplois dans l'exploitation, les
maintenances et entretiens spécifiques »

Rapport final

Association d'Initiatives Locales pour l'Energie et l'Environnement
73 rue de Saint Briec – CS 56520
35065 RENNES cedex

Chambre Régionale d'Agriculture de Bretagne
Rue Maurice Lannou – CS 74223
35042 RENNES cedex

Personne à contacter sur ce dossier : Armelle Damiano
Tél : 02 99 54 63 23 - Courriel armelle.damiano@aile.asso.fr

12/09/2018

Sommaire

1. Introduction.....	4
1.1 Commanditaire de l'étude et moyens mis en œuvre.....	4
1.2 La méthanisation : un secteur d'activité en pleine progression.....	4
1.3 Provenance des inertes et conséquence de l'accumulation de sédiments.....	5
2. Etat des lieux	7
2.1 Enquêtes constructeurs d'unités de méthanisation.....	7
2.1.1 La problématique du curage de digesteurs	7
2.1.1.1 Implication dans des opérations de curage, positionnement par rapport à ce type de chantier	7
2.1.1.2 Prise en compte de cette problématique dans la conception des installations	7
2.1.1.3 Avis par rapport au développement éventuel d'une entreprise (ou organisation) spécialisée dans le curage dans le Grand Ouest.....	8
2.1.2 Capacité d'intervention en milieu à risque (explosif, toxique)	8
2.1.3 Emplois et difficultés de recrutement.....	9
2.1.3.1 Situation actuelle et perspectives	9
2.1.3.2 Difficultés de recrutement et profils recherchés	9
2.2 Enquêtes auprès d'agriculteurs-méthaniseurs	10
2.3 Enquêtes auprès d'entreprises de curage.....	10
2.3.1 Les entreprises contactées.....	10
2.3.2 Solutions de curages présentées	11
2.3.2.1 Cas 1 : fosse de petit volume, avec sédiment assez liquide	11
2.3.2.2 Cas 2 : fosse de grand volume avec sédiment assez compact	11
2.3.3 Organisation et responsabilité du chantier	12
2.3.4 Les formations et habilitations citées par les prestataires.....	12
2.4 Enquêtes auprès d'exploitants de méthanisation.....	12
3. Examen de différentes solutions technico-economiques	13

3.1	Analyse des solutions techniques et choix du matériel	13
3.1.1	Différentes solutions techniques.....	13
3.1.2	Solution adaptée au terrain	15
3.1.3	Solution en fonction des objectifs	15
3.1.4	Synthèse concernant le choix du matériel.....	16
3.2	Différents modes d'organisation du chantier et responsabilité.....	16
3.2.1	Trois modes organisation peuvent être distingués :.....	16
3.2.2	Responsabilité des exploitants en cas d'accident/incident :	17
3.3	Cout d'une opération de curage	18
3.3.1	Curage mécanique d'un digesteur.....	18
3.3.2	Hydrocurage	19
3.4	Approche collective	20
3.5	Besoins et perspectives.....	21
4.	Synthèse et propositions.....	22
4.1	Des besoins d'emplois importants de techniciens de maintenance	22
4.2	Problématique du curage	22
4.2.1	Deux solutions techniques.....	23
4.2.2	Organisation et sécurisation	23
4.2.3	Synthèse technico-économique	23
	CONCLUSION	24

1. INTRODUCTION

1.1 Commanditaire de l'étude et moyens mis en œuvre

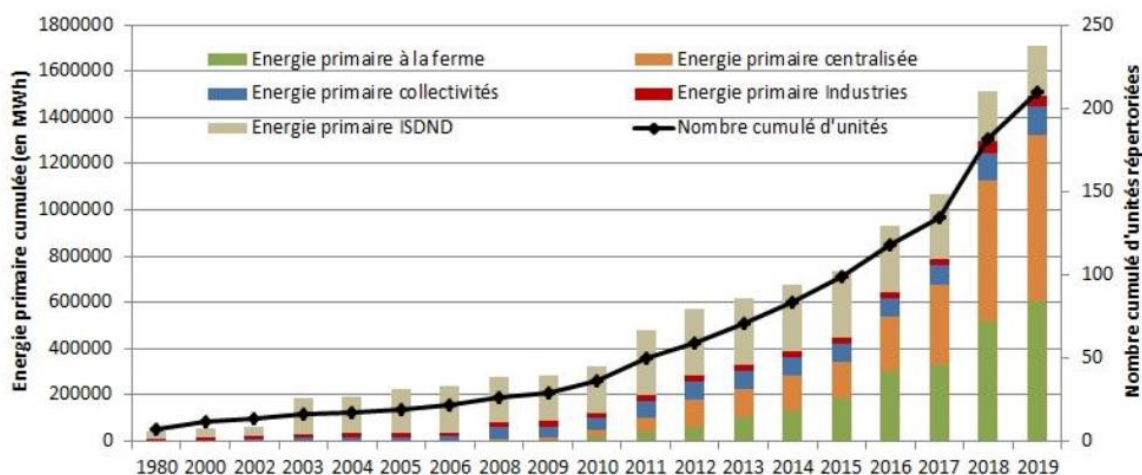
Dans le cadre de l'étude sur les métiers de la méthanisation agricole « Besoins d'emplois dans l'exploitation, les maintenances et entretiens spécifiques », commanditée par la DREAL service Connaissance Prospective et Evaluation, le groupement composé de l'association AILE et la Chambre Régionale a été retenu pour réaliser ce travail. La proposition des partenaires a ciblé les maintenances autour des cuves de digestion et des ouvrages connexes.

Afin de réaliser cette étude, différentes enquêtes ont été réalisées auprès de partenaires afin de proposer des solutions techniques mais également d'aborder la notion de compétence et de fiche métier pour de telles interventions.

Les partenaires ont débuté ce travail en décembre 2017 et rendu le rapport en juillet 2018. Un comité de pilotage a été mis en place afin de suivre l'avancée du travail. Il regroupe les services de l'état DREAL, ADEME, DIRECCTE, DRAAF, DDTM, le conseil Régional de Bretagne et l'AAMF. Ce comité s'est réuni le 30 janvier et le 24 mai 2018.

1.2 La méthanisation : un secteur d'activité en pleine progression

Le nombre d'installations de méthanisation en fonctionnement demeure encore assez limité sur les régions Bretagne et Pays de Loire (au 1 janvier 2018, 129 sites dont 22 sur des sites industriels, STEP ou site d'enfouissement de déchet), mais la progression est rapide et devrait se poursuivre au cours des prochaines années, compte tenu du nombre important d'unités en phase de construction et en projet. Au regard de cette dynamique, le seuil des 200 unités sera atteint vers 2020.



Évolution annuelle du nombre et de l'énergie primaire cumulés des unités répertoriées (fonctionnement et projet) en Bretagne et Pays de la Loire tous secteurs confondus – Janvier 2017

Cette progression génère une demande croissante en personnel dans les entreprises qui réalisent la construction des unités nouvelles, mais aussi, et de plus en plus avec l'augmentation et le vieillissement du parc, pour assurer la maintenance technique et les réparations des unités en service.

Or les entreprises peinent parfois à recruter, ne trouvant pas sur le marché du travail les candidats et les compétences adéquates pour exercer ces métiers.

Par ailleurs, après quelques années de fonctionnement, plusieurs unités ont dû faire face à des problèmes d'accumulation de sédiments dans leur digesteur, les conduisant à devoir procéder au curage de l'ouvrage. L'origine de cette accumulation de sédiments est précisée au chapitre 1.3.

C'est une opération de maintenance particulière, qui s'avère à la fois difficile et délicate à réaliser, mais également très coûteuse. Les exploitants d'unités de méthanisation sont confrontés à la fois à un manque de savoir-faire et de matériel spécialisé pour mener à bien ce type d'opération de manière efficace et en toute sécurité.

1.3 Provenance des inertes et conséquence de l'accumulation de sédiments

Les sédiments qui se déposent en fond des ouvrages proviennent des biomasses utilisées pour alimenter l'installation de méthanisation.

Les effluents d'élevage sont plus ou moins chargés en sable, voire en graviers et cailloux. Ces inertes grossiers peuvent être remontés lors de la récolte de la paille ou du foin ou lors du curage des litières sur sol non bétonné. Les sables sont en partie issus de l'usure des bétons (caillebotis, aire d'exercice) ou peuvent provenir de l'alimentation (terre récoltée avec les fourrages, sable incorporé dans l'aliment de poules...).

Les effluents types fumiers contiennent de 0.5 à 1 % de leur poids en inerte type sable/gravier/pierre. Pour les lisiers le ratio serait plutôt de l'ordre de 0.1%. Ces ratios seront utilisés pour les différents calculs dans ce rapport.

Certains co-produits peuvent également contenir en quantité parfois importante des matières sableuses. Ce sera le cas des légumes non lavés (pomme de terre, poireaux...), des fauches de bords de route, des pelouses, des poussières de silos à grain, des terres de décoloration (utilisées pour le raffinage des huiles), etc.

Dans les fosses et dans les digesteurs en voie liquide en particulier, ces matières inertes lourdes, tendent à se séparer de la matière organique et à sédimenter.

L'accumulation se fait au départ dans les zones les moins bien brassées, mais peut ensuite concerner en couche épaisse l'ensemble de l'ouvrage, sur plusieurs dizaines de centimètres, voire plusieurs mètres parfois.

Les conséquences de l'apport de ces inertes sont multiples :

- Blocage et usure prématurée de la ligne d'incorporation des solides
- Une fois les sédiments transférés dans les cuves de digestions : usure des lobes des pompes, grilles de séparateur de phase ou de broyeur
- Accumulation dans les fosses et digesteur limitant d'une part le volume de digestion (diminution du temps de séjour) et pouvant entraîner des désamorçages des pompes ou bouchage de tuyau.
- Difficulté de chauffage lorsque le réseau de chauffage est recouvert de sédiments.

Ces conséquences alourdissent les coûts d'exploitation et finissent par avoir un impact sur la production de biogaz du fait de la baisse du temps de séjour des matières dans le digesteur.

Lorsqu'une opération de curage doit être entreprise, il s'en suit également un arrêt de production pendant la durée du curage et le temps de remontée en charge (parfois sur plusieurs dizaines de jours en cas de complication).

Différentes voies et solutions techniques peuvent contribuer à réduire l'importance de ce phénomène de sédimentation et permettre ainsi de prévenir ou de retarder la réalisation d'une opération de curage. Détaillées *en annexe 1*, elles portent principalement sur :

- La nature et qualité des intrants utilisés
- La mise en place de systèmes de piégeage en amont du digesteur
- La conception des digesteurs et leur brassage

Cependant, pour la majorité des installations, la mise en œuvre de telles mesures est bien souvent insuffisante ou pas possible pour des raisons techniques et/ou économiques, si bien que le curage de digesteur restera une opération de maintenance inévitable.

2. ETAT DES LIEUX

2.1 Enquêtes constructeurs d'unités de méthanisation

8 entreprises ont été interrogées et ont toutes acceptées de répondre. Elles réalisent plus des 2/3 des unités de méthanisation de type agricole en Bretagne. Il s'agit de : Agripower (Weltec, Bioelectric), Biogaz Planet France, Envitec, Evalor, GR Energies, Hochreiter France, Host France, Kerboas CDEAI

L'enquête a porté sur trois sujets : problématique du curage des digesteurs, questions autour de la sécurité, les besoins en personnel technique et difficultés de recrutement.

2.1.1 La problématique du curage de digesteurs

2.1.1.1 Implication dans des opérations de curage, positionnement par rapport à ce type de chantier

Cinq entreprises sur 8 (**5/8**) ont déjà été impliquées dans un chantier de curage

4/8 ont capacité à gérer dès à présent tout ou partie d'un chantier de curage

- Prise en charge intégrale : 1/8
- Etre partie prenante et prise en charge partielle : 3/8
- Pas encore en situation de le faire, mais cela viendra assez vite : 2/8
- N'envisage pas la question pour le moment : 1/8

Les constructeurs (sauf 1) n'envisagent pas de réaliser des prestations clé en main et de gérer la totalité des opérations.

Par contre ils entendent pour la majorité être partie prenante, notamment dans tout ce qui est préparation du chantier (purge, enlèvement des membranes, mise en sécurité) et fin de chantier (fermeture, contrôle étanchéité remise en charge).

Le curage est un moment important de la vie de l'installation qui doit permettre de réaliser la révision, maintenance, remplacement des ouvrages et équipements non accessibles en temps normal. Il faut en profiter pour le faire, mais cela demande de la préparation et de l'organisation (avoir le personnel et les pièces de rechange au bon moment).

2.1.1.2 Prise en compte de cette problématique dans la conception des installations

C'est un sujet qui depuis peu vient de plus en plus dans les demandes des porteurs de projet (du fait des retours d'expérience véhiculés par les « pionniers ». Les constructeurs doivent y répondre.

Options techniques mises en avant pour prévenir ou faciliter le curage

- Pas de toit béton
- Fosse enterrées ou semi-enterrées, accessibilité pour faciliter les interventions
- Trappes d'accès en bas de digesteur
- Fosse de préparation en amont du digesteur (=> besoins de curage de cette fosse plusieurs fois par an)
- Brassage énergétique des digesteurs (par opposition aux brasseurs lents)
- Purge d'extraction des sédiments sur digesteur (1 constructeur)

- Avoir digesteur et post-digesteur pour garder la biologie en cas de curage sur un ouvrage

Du fait de la conception de leur installation, quelques entreprises pensent être moins exposées aux problèmes de curage (cela est plus cher à l'investissement, mais moins dépensier à l'exploitation...).

2.1.1.3 Avis par rapport au développement éventuel d'une entreprise (ou organisation) spécialisée dans le curage dans le Grand Ouest

Pour 2 entreprises sur 8 (2/8) : Ce serait une bonne chose si elle pouvait tout gérer

6/8 : Ce serait une bonne chose si elle travaille en partenariat avec les constructeurs

- Très bien si elle dispose des matériels de curage les mieux adaptés
- Très bien si elle a les personnels pour le faire, avec toutes les garanties de sécurité

Observations complémentaires :

- Le marché est quand même assez limité et il existe déjà diverses compétences et matériels dans d'autres secteurs d'activité (eaux usées, travaux public...)
- Les besoins en matériel seront différents selon chantiers, il faudra s'adapter au cas par cas. Pas toujours évident de le savoir à l'avance !
- Ce qu'il manque le plus : pompe aspiratrice gros débit, camion d'hydrocurage de grande capacité
- Il faut que l'entreprise spécialisée gère les questions de sécurité pour ses équipes
- Ce ne doit pas être que de la mise à disposition de matériel, car cela pourrait conduire à des prises de risque excessives par des utilisateurs non formés ou non encadrés.
- Les constructeurs n'auront pas le personnel pour faire le « sale boulot »

2.1.2 Capacité d'intervention en milieu à risque (explosif, toxique)

Sept entreprises sur 8 (7/8) sont amenées à réaliser des interventions de maintenance ou dépannage dans des conditions à risque explosif et/ou toxique. La huitième sera en mesure de le faire prochainement.

Elles disposent des équipements de sécurité et de protection des personnes requis.

- Détecteurs personnels de gaz et risque explosif : 7/7
- Masques à gaz (cartouche) : 7/7
- Masques respiratoire autonomes ou par air pulsé 6/7
- Ventilateurs ATEX (ATmosphère EXplosive) : 7/7

Formation à la sécurité

Les personnels sont formés aux risques et procédures de sécurité ?

- 3/7 ont obtenu (ou sont en cours) les habilitations règlementaires
- 4/7 ont à minima le premier niveau de sécurité (protection individuelle) pour les agents concernés
- Cependant avec l'embauche régulière de nouveaux agents, les besoins de formation se renouvellent

Intérêt si une formation spécifique par rapport au curage était proposée ?

- Non, politique de formation déjà en cours : 2/7
- Oui fortement (besoin professionnalisation) : 1/7
- Oui, intéressé si fait par des gens qui ont de l'expérience terrain : 1/7
- Oui peut être, si débouche sur habilitation : 3/7

2.1.3 Emplois et difficultés de recrutement

Le questionnaire a porté sur les postes de techniciens spécialisés en montage et/ou maintenance des installations de méthanisation

2.1.3.1 Situation actuelle et perspectives

Cinq entreprises sur 8 (5/8) déclarent manquer un peu de personnel et 3/8 font état d'un manque important par rapport à leur besoin actuel

Perspectives (besoin) de recrutement sous 2 ans :

- Augmentation de 50% : 3/8
- Augmentation de 50% à 100% : 3/8
- Augmentation de plus de 100% : 2/8

En globalisé, l'effectif actuel est proche de 40 agents et les besoins de recrutement se situent entre 35 à 40, soit pratiquement un doublement.

2.1.3.2 Difficultés de recrutement et profils recherchés

Toutes les entreprises font état de difficultés pour recruter des agents correspondant à leur besoin. Ces difficultés sont qualifiées d'importantes par 7/8 ou plutôt élevées par 1/8.

Les raisons principales évoquées sont :

- Manque de candidats : 8/8
- Niveau insuffisant des candidats : 2/8
- Forte demande par les autres secteurs d'activité, forte concurrence : 5/8
- Moindre attractivité (conditions de travail*) du secteur de la méthanisation : 8/8
- Niveau insuffisant en anglais : 2/8

* Conditions de travail particulières évoquées pouvant le plus rebuter les candidats :

- Travail en milieu plein air, en agricole, avec effluents, avec risques
- Beaucoup de déplacements, chantiers délocalisés, multitâches
- Astreintes pour SAV 24/24

Profils métiers recherchés (échelle de 1 à 5)

- Electro mécanique : ++++
- Chaudronnerie, plomberie : ++
- Electricien, automatisme : +
- Maintenance industrielle polyvalent : +++
- Motoriste : ++ (mais sur un nombre de postes limité)
- Chef d'équipe : +

Observations :

- Forte baisse du nombre de jeunes en formation dans ces domaines
- Pour certains : très difficile d'attirer des jeunes et les garder (ils partent facilement)
- Et ce, malgré des niveaux de salaire plutôt élevés
- Crainte que les personnes formées soient recrutées par de plus grands groupes
- Avec le développement du nombre d'installations, les postes plus spécialisés sur la maintenance se développent. Plusieurs entreprises viennent d'ouvrir des antennes régionales (ce qui améliore les délais d'intervention et s'accompagne d'une réduction des temps sur la route).
- Les agents de maintenance doivent aussi avoir un bon relationnel avec les agriculteurs

2.2 Enquêtes auprès d'agriculteurs-méthaniseurs

Cette enquête s'est faite par un envoi mailing auprès des adhérents AAMF. L'objectif était de connaître le nombre de méthaniseur ayant déjà réalisé un curage pour avoir un état des lieux de cette problématique au niveau des agriculteurs/méthaniseurs. Seuls 5 agriculteurs ont répondu auquel s'ajoutent les 3 agriculteurs présents au comité technique. Compte tenu des échanges que les différents membres du comité peuvent avoir des méthaniseurs, ce nombre est sous-estimé.

Lors de ces échanges, les agriculteurs ont également décrit les moyens mis en œuvre et les difficultés qu'ils ont rencontrées

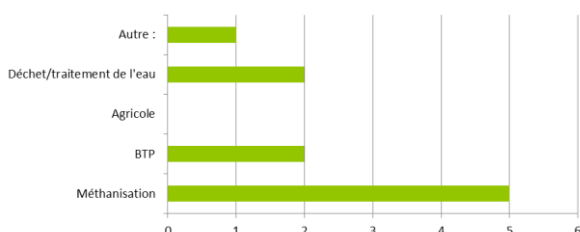
L'ensemble de ces curages a été réalisé à partir de matériels disponibles par les entreprises locales (grue, bobcat, remorque agricole...) Les 8 exploitations ont organisé eux même l'intervention et ont également participé à la conduite des engins. Les exploitants notent la difficulté de trouver du matériel adapté notamment pour la partie protection de la personne (aérateur atex, masque ARI). De plus certains types de digesteur en toit béton et parfois en tank in tank (2 digesteurs circulaires imbriqués l'un dans l'autre) rendent l'intervention très délicate, éprouvante pour les intervenants et difficile à sécuriser correctement.

2.3 Enquêtes auprès d'entreprises de curage

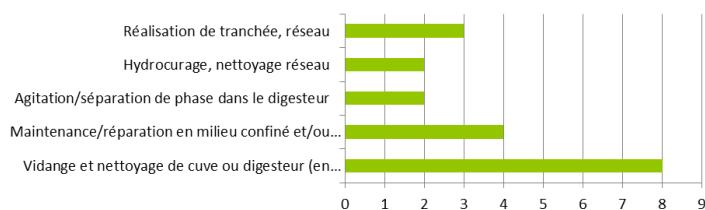
2.3.1 Les entreprises contactées

Une dizaine d'entreprises a été contactée pour réaliser le référencement de l'existant. Elles se situent dans le quart Nord Ouest de la France (dont région parisienne). Ces entreprises interviennent pour 50 % dans le domaine de la méthanisation principalement en maintenance et nettoyage/curage de cuve.

Quelle est votre domaine d'activité initial ?



Quels types d'interventions réalisez vous ?



Les prestataires appelés proposent différentes solutions techniques couplées à différentes organisations et responsabilités. Ces éléments sont décrits dans les paragraphes suivants :

2.3.2 Solutions de curages présentées

La description des 2 cas de curage ci-dessous se base d'une part sur les échanges techniques ayant eu lieu avec des prestataires et agriculteurs et d'autre part sur la prise en compte des éléments de sécurité attendu pour une telle intervention.

2.3.2.1 Cas 1 : fosse de petit volume, avec sédiment assez liquide

Type de fosse : Fosse en béton, polyester, de diamètre inférieur à 5/6 m pouvant être enterrée ou hors sol. Ces fosses sont fermées et possèdent soit une trappe de visite (pour les cuves enterrées) ou trous d'homme pour les cuves hors sols. Elles servent à stocker des biomasses en petit volume (liquide IAA, boue graisseuses, soupe de GMS...). En l'occurrence moins de 40 % des sites à la ferme sont équipés de ce type de stockage

Principe : après avoir pompé le maximum de jus avec les pompes de l'installation, il reste un volume mort plus ou moins pompable. Ce volume est pompé par hydrocureur avec un opérateur qui pousse la matière vers le tuyau d'aspiration.

Mise en œuvre :

- Vidange max du jus présent dans la fosse
- Ouverture de la fosse et aération forcée
- Sécurisation de la zone d'accès
- Test de l'atmosphère de la cuve
- Installation du tuyau d'aspiration de l'hydrocureur
- Descente d'un opérateur dans la fosse équipé d'un masque + harnais
- Aspiration et raclage

Matériel nécessaire :

- Hydrocureur
- Harnais et treuil pour sécuriser l'opérateur
- système de ventilation et extraction d'air vicié
- Détecteur 4 gaz

2.3.2.2 Cas 2 : fosse de grand volume avec sédiment assez compact

Type de fosse : digesteur enterré ou hors sol de 6 à 7 m de haut. L'accès se fait par la partie supérieure des digesteurs : trappe de visite pour les toits béton, débâchage pour les digesteurs avec gazomètre puis retrait des sangles ou plancher bois.

Principe : après avoir pompé le maximum de jus avec les pompes de l'installation, il reste un volume de plusieurs centaines de tonnes de sédiments. Un bob-cat ou mini-pelle est descendue dans le fond du digesteur et charge les sédiments dans un caisson ou benne preneuse remontée ensuite par une grue ou une pelleteuse. Le contenu de ce caisson est déchargé dans une remorque. S'il reste trop de jus avant de descendre l'engin de manutention, un pompage avec tonne à lisier peut être réalisé.

Mise en œuvre :

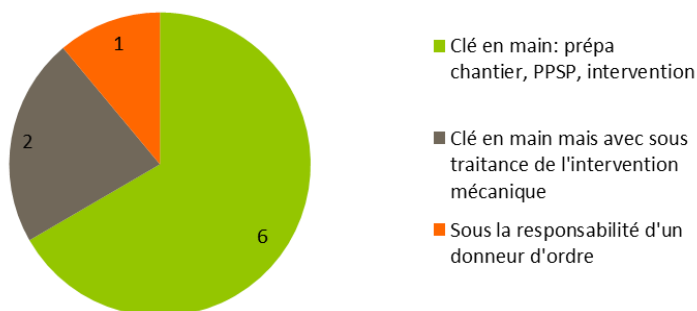
- Vidange max du jus présent dans la fosse
- Ouverture de la fosse et aération forcée
- Sécurisation de la zone d'accès
- Test de l'atmosphère de la cuve
- Positionnement de la grue ou pelleteuse
- Descente de l'engin de chargement
- Descente d'un opérateur dans la fosse équipé d'un ARI (ou masque de fuite) + détecteur 4 gaz + harnais
- Chargement des sédiments

Matériel nécessaire :

- Harnais et treuil pour sécuriser l'opérateur
- système de ventilation et extraction d'air vicié
- Détecteur 4 gaz
- Engin de manutention : bob cat ou minipelle
- Grue ou pelleuse
- Caisson de chargement

2.3.3 Organisation et responsabilité du chantier

Les prestataires proposent leur intervention en 3 formules :



- Clé en main : le prestataire s'occupe de tout et réalise l'intervention avec des moyens internes
- Clé en main mais sous traitance de la partie mécanique
- Location de matériel à l'exploitant

2.3.4 Les formations et habilitations citées par les prestataires

Au cours des échanges, les entreprises ont cité les différentes habilitations et formation réalisées par leurs salariés :

- Intervention en zone ATEX
- CATEC (Certificat d'Aptitude à Travailler en Espaces Confinés).
- Intervention en scaphandre,
- Habilitation électrique

Ces entreprises sont formées pour réaliser les différents types de maintenance et possèdent donc également les habilitations électriques, Caces ou nacelle. Ces entreprises interviennent en réalisant un plan de prévention avec le donneur d'ordre.

2.4 Enquêtes auprès d'exploitants de méthanisation

Trois entreprises réalisant de l'exploitation sur des sites collectifs de méthanisation ont été contactées : seules 2 ont pu être sollicitées.

Les 2 entreprises exploitantes sont également constructeur ou assembleur mettant en avant les équipements permettant de capter et piéger les sédiments avant envoi dans le digesteur. En cas de curages, ces entreprises anticipent également en positionnant des équipements permettant des interventions aisées dans le digesteur : trou d'homme de grand diamètre, trappe de dégazage...

Pour l'une d'entre elle, l'exploitation est une activité récente et pour le moment elle n'a pas eu à mettre en œuvre de curage.

Pour la seconde, le curage a été organisé par l'équipe d'exploitation en faisant venir une excavatrice à gravats avec un long tuyau d'aspiration. Celle-ci est intervenue sous la responsabilité de l'exploitant.

3. EXAMEN DE DIFFERENTES SOLUTIONS TECHNICO-ECONOMIQUES

3.1 Analyse des solutions techniques et choix du matériel

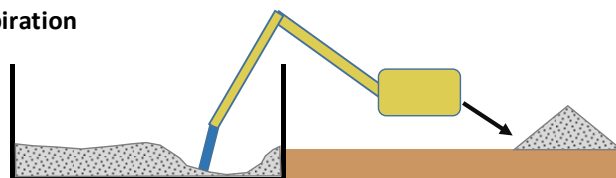
Pour examiner les différentes solutions quatre techniques sont retenues.

3.1.1 Différentes solutions techniques

Les dépôts qui s'accumulent au fond des cuves d'une installation de méthanisation sont des matières lourdes et consistantes avec une part sableuse importante. Un simple « pompage » ne permet généralement pas de les extraire, il faut donc avoir recours à d'autres techniques.

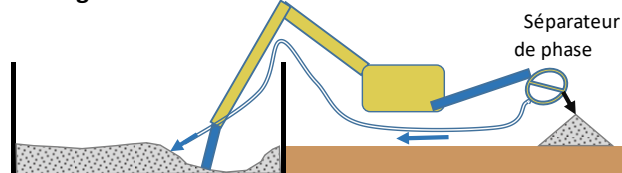
Aspiration : l'aspiration par le vide peut permettre de prendre le dépôt et de le sortir de la cuve par tuyau. La technique nécessite de mettre la bouche d'aspiration au contact du dépôt et donc de la déplacer en permanence pour couvrir la surface à curer. La matière extraite se retrouve sous forme solide.

Aspiration



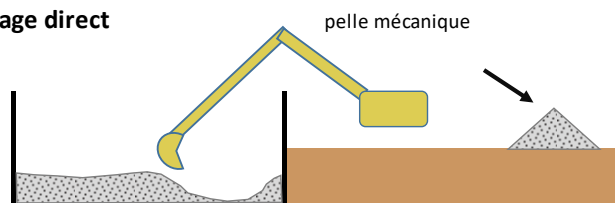
Hydrocurage : des jets de liquide sous pression « décollent » et mettent en mouvement le dépôt à proximité de la bouche d'aspiration qui l'évacue hors de la cuve par un tuyau en mélange avec du liquide. Une séparation de phase mécanique permet de séparer les fractions grossières et les reconcentre sous forme solide (ce qui évite de les remettre dans une autre fosse en aval). Le liquide est renvoyé par pompage sous forme de puissants jets.

Hydrocurage

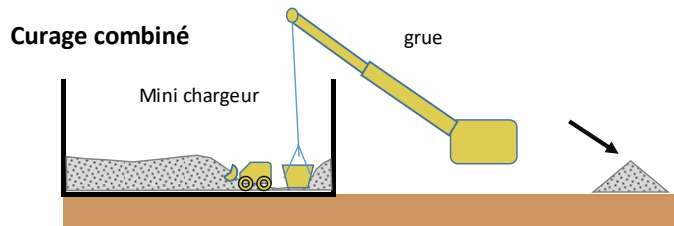


Curage mécanique direct : se pratique à l'aide d'une pelleuse de l'extérieur de la cuve. Cela requiert une situation topographique favorable (cuve béton enterrée). Il y a des risques d'endommager l'ouvrage (béton) ou ses équipements (tuyaux de chauffage).

Curage direct



Curage mécanique combiné : le sédiment est mis dans des bennes qui sont ensuite enlevées par grutage. La première étape se fait à la main dans des petites cuves ou à l'aide d'engins mécaniques de petite taille [mini-chargeuse (Bobcat) ou mini-pelle] descendus dans la cuve. La seconde étape se fait à l'aide d'une grue ou d'une pelleteuse. La grue est préférable lorsque les bennes doivent passer par une trappe de petite dimension.



Exemple de technique d'hydrocurage

L'opération nécessite une combinaison d'un bras d'agitation et d'aspiration sur camion + un camion équipé de séparateurs de phase. Cette solution est efficace pour extraire des sédiments organiques avec un peu de sable. Mais l'agitation ne permet pas de mettre correctement en suspension les dépôts lourds, et les presses à vis ne sont pas adaptées à traiter des charges en inertes trop importantes. Cette solution n'est donc pas la mieux adaptée à l'objectif.

Le coût de cette intervention (réalisée par des entreprises étrangères) oscille entre 350 et 450 €/heure et nécessite 2 opérateurs.



Camion avec séparateurs de phase intégrés –
débit 250 m³/heure



Bras d'agitation de 32 m

Autre technique (nouvelle) : camion avec bras d'excavation + séparation physique des sédiments

Le camion est équipé d'un bras articulé dans les 3 dimensions de plus de 40 m qui se positionne au fond du digesteur et qui reprend les sédiments par aspiration après une mise en mouvement par une fraise mécanique placée au-devant de la bouche d'aspiration. Les sédiments sont aspirés et pompés grâce à une pompe à béton et renvoyés vers le camion qui réalise la séparation des sédiments solides et le liquide. Du liquide décanté peut être renvoyé dans le digesteur pour fluidifier les sédiments.

Ce type de matériel mis au point à l'étranger (Allemagne, Italie) n'a semble-t-il pas encore été mis en œuvre en France.

3.1.2 Solution adaptée au terrain

Selon le type et la taille de la cuve, son implantation, son environnement (accessibilité), certaines solutions techniques seront plus appropriées que d'autres. Le tableau suivant indique sur une grille une évaluation de la pertinence de différentes solutions techniques face à différents grands types d'ouvrages.

	Techniques apparaissant les mieux adaptées pour différents types d'ouvrage à curer
	Parfois possible
	Peu adapté
	Non adapté ou à risque

	Petite cuve	Digesteur, post-digesteur		Cuve de stockage digestat	
		Débatchable	Toit fixe	béton	membrane
Aspiration classique bras spécial					
Hydrocurage classique bras spécial					
Curage combiné					
mini-chargeur + benne + grue	*				
mini-chargeur + benne + pelleteuse	*				
mini-chargeur + aspiration	*				
mini-chargeur + pelleteuse					

* intervention manuelle si volume limité

Dans le cas de la technique d'aspiration ou d'hydrocurage, des matériels particuliers, dotés de bras articulés longs et pouvant travailler à l'horizontale seront nécessaires pour les ouvrages de 35 mètres de diamètre, afin d'accéder à l'ensemble de la surface de base. Pour l'hydrocurage, des profondeurs de plus de 7m sont rédhibitoires (désamorçage de l'aspiration de l'eau).

Cas particulier des ouvrages à couverture fixe non démontable (toit béton).

En Bretagne, début 2018, 13 installations agricoles sont équipés d'un digesteur avec une couverture fixe construite en béton et donc non amovible, soit un peu plus 20% des sites en fonctionnement.

Bien qu'équipés de trappes d'accès (souvent étroites), ce type d'ouvrage entraîne des contraintes supplémentaires par rapport à un ouvrage à ciel ouvert (après retrait des bâches de couverture)

- Il est plus difficile d'évacuer les gaz et la chaleur qui émanent des sédiments présents
- Plus grande difficulté d'accès pour les matériels (dépose des bacs, bras articulés)
- Moindre visibilité et perte du contact visuel direct avec l'extérieur

3.1.3 Solution en fonction des objectifs

Les solutions de curage mécanique conduisent généralement à une extraction totale des dépôts. En effet, une fois l'opération lancée, autant extraire le maximum de dépôt. Cela se justifie si des travaux de réfection ou de modification de l'ouvrage et de ses équipements sont à faire.

Si ce n'est pas le cas, une stratégie de curage partiel, dans le cadre d'une maintenance préventive, peut aussi être envisagée. Il s'agit alors de retirer une partie des sédiments les plus accessibles et dans un temps court de façon à pouvoir remettre rapidement l'ouvrage en service, notamment pour les digesteurs. Dans ce cas, les solutions d'aspiration ou d'hydrocurage semblent plus adaptées en termes de rapidité de mise en œuvre. Le fait de ne pas devoir faire travailler longtemps des personnes et de matériels (mini chargeuse) dans l'ouvrage, constitue également un avantage.

3.1.4 Synthèse concernant le choix du matériel

Il ressort de l'analyse précédente que les 2 grands types de solutions techniques pouvant répondre au mieux (dans la majorité des situations) aux attentes des gestionnaires d'unités de méthanisation (de type agricole en particulier) sont :

- Pour un curage total : solution mécanique combinant mini-chargeur dans l'ouvrage, bennes et grue de levage.
- Pour un curage préventif (plus ou moins poussé) :
 - Solution d'aspiration à l'aide d'un matériel spécifique placé sur un bras articulé, équipé pour creuser un sédiment sableux, l'aspirer et le pomper hors de l'ouvrage.
 - Solution d'hydrocurage couplée à une séparation de phase. Cette solution semble intéressante pour des dépôts fortement organiques, mais ne paraît pas adaptée pour des dépôts très sableux.

Commentaires :

- Les matériels et équipements nécessaires pour la solution de curage total sont disponibles dans la région ou peuvent se louer.
- Pour du curage préventif, les matériels existants localement peuvent convenir pour des cuves de petite taille, mais ne sont pas suffisants et adaptés pour des ouvrages de grandes tailles de type digesteur. Ce sont des matériels très onéreux (500 à 800 k€). Pour qu'une entreprise s'en équipe, il faudra qu'elle soit assurée de pouvoir faire un nombre suffisant de prestations à un prix suffisamment rémunérateur.

3.2 Différents modes d'organisation du chantier et responsabilité

La mise en place technique du chantier est indispensable, mais l'organisation et le portage de la responsabilité de cette opération à risque est un point encore plus crucial.

3.2.1 Trois modes organisation peuvent être distingués :

- a) Solution clé en main proposée par un prestataire de service habilité

Une solution clé en main (matériel adapté avec EPI) qui permet au représentant de l'unité d'avoir une solution sécurisée où l'analyse de risque a été bien réalisée et l'intervenant assume l'ensemble de l'intervention.

Cette solution est toutefois la plus couteuse.

b) Opération organisée par l'unité de méthanisation

Cette solution nécessite une bonne organisation du chantier, l'exploitant prend alors la totalité de la responsabilité du chantier et intervient lui-même (ou ses employés) dans le digesteur. Dans le cas d'une réalisation interne, l'analyse de risque devra être effectuée dans le cadre du document unique.

Les équipements et matériels spécifiques nécessaires pour l'opération sont loués.

Au cours de l'opération d'autres entreprises peuvent éventuellement intervenir de manière connexe, mais séparée. Par exemple, le constructeur pour le débâchage, la maintenance ou remplacement d'équipements dans l'ouvrage.

c) Opération organisée par l'unité de méthanisation mais associant plusieurs entreprises

Cette solution nécessite une bonne coordination des intervenants à tous les niveaux. Si ce n'est pas le cas les responsabilités des uns et des autres deviennent difficiles à établir. Cette intervention nécessite un plan de prévention dès lors qu'une personne extérieure à l'unité intervient.

Pour y remédier, la variante suivante est envisageable : l'exploitant prend la responsabilité de l'ensemble du chantier mais il est encadré par un coordinateur sécurité/méthode pour s'assurer que tous les éléments de sécurité sont bien mis en place.

3.2.2 Responsabilité des exploitants en cas d'accident/incident :

Une analyse des responsabilités du maître d'ouvrage et/ou de ces différents sous-traitants a été commanditée au cabinet DRYE-de BAILLIENCOURT et ASSOCIES qui nous a été conseillé pour traiter ce domaine.

L'objectif de cette analyse est de bien mesurer les enjeux pour le maître d'ouvrage au niveau de ces responsabilités (pénales et civiles) en fonction des différents types d'organisation qu'il pourra mettre en place pour cette action de curage. Néanmoins cette analyse peut s'appliquer pour toutes actions de maintenance. Cette analyse a été réalisée en deux :

- Selon 3 cas d'organisation de curage
- En réponse à des questions précises qui pourront servir de cas type pour de future formation

L'ensemble des documents détaillées se trouve en annexe 2 et 3, les points principaux sont présentés ci-dessous :

- Quelle que soit la solution retenue, **le maître d'ouvrage est susceptible d'engager sa responsabilité pénale** pour défaut de respect des règles d'hygiène et de sécurité, mais également en cas d'accident ayant entraîné une atteinte ou un risque d'atteinte à la vie ou à l'intégrité physique d'autrui.
- Il n'est **pas possible de s'assurer** des conséquences de la responsabilité pénale. Celle-ci **repose soit sur la tête de l'exploitant** s'il exploite en nom personnel, **soit sur la structure juridique** s'il exploite sous forme de société ; toutefois dans ce cas, les poursuites sont quasiment toujours dirigées à l'encontre de la personne morale mais également à l'encontre du chef d'entreprise, personne physique responsable pénalement.

- **Pour les mêmes raisons, le maître d'ouvrage expose sa responsabilité civile** ; il est toujours possible de s'assurer sur les conséquences de la responsabilité civile et de la faute inexcusable de l'employeur.
- Toutefois, **sa responsabilité est exposée différemment selon qu'il dirige les travaux de curage ou qu'il les confie à un tiers.**
- En cas de sous-traitance notamment, le maître d'ouvrage peut rester notamment responsable si les informations **données aux sous-traitant ont été erronées** ou si l'accident est provoqué par un **défaut d'entretien de l'installation.**
- Pour de futures interventions via l'organisation CUMA, celle-ci doit s'assurer d'une part d'un **bon entretien du matériel** et d'autre part **de la qualification du personnel.**
- Lorsqu'une atteinte à **l'intégrité physique supérieure à trois mois** est provoquée, les poursuites sont quasiment systématiquement engagées : le risque de condamnation est puni **de deux ans d'emprisonnement et de 30 000 € d'amende.**
- Lorsque cette atteinte involontaire a été provoquée par **la violation manifestement délibérée d'une obligation particulière de prudence ou de sécurité**, les peines encourues sont portées **à trois ans d'emprisonnement et à 45 000 € d'amende.**

3.3 Cout d'une opération de curage

3.3.1 Curage mécanique d'un digesteur

a) Par un prestataire

L'intervention d'évacuation des sédiments est totalement déléguée à un prestataire hormis la mise à disposition d'une benne pour rouler les sédiments extraits. Dans ce cas, le prestataire apporte son matériel et s'entoure du personnel nécessaire, il prend également les mesures pour que l'intervention dans le digesteur se fasse en toute sécurité.

Les offres de prix pour cette intervention oscillent entre 10 000 et 17 000 €.

b) Par une organisation interne au site de méthanisation

La location de l'ensemble du matériel (bob cat, mini-pelle ou grue, extracteur d'air, treuil) coûte 700 à 1000 €/jour. Au coût de la location, il est nécessaire de rajouter celui de la main d'œuvre.

Pour une opération nécessitant 3 à 4 jours de travail à 2 ou 3 personnes (hors phase de préparation et de remise en état de l'ouvrage), le coût de l'intervention se situerait dans une fourchette de 5000 à 7000 €.

Le recours à un coordinateur sécurité/méthode, conduira à un supplément de l'ordre de 1500 à 2500 €.

3.3.2 Hydrocurage

a) Intervention en petite fosse

Cette intervention à l'aide d'un hydrocureur (matériel classique) par une entreprise spécialisée. 1 journée d'intervention avec système d'ARI, et une équipe de 3 personnes coûte autour de 1500 €.

b) Intervention dans un digesteur

Actuellement, il n'y a pas de proposition technique et commerciale valable pour la zone Grand Ouest.

Une évaluation du coût de la prestation est réalisée sur la base des hypothèses suivantes :

- Camion d'hydrocurage équipé d'un bras articulé longue portée et adapté pour l'extraction de sédiments minéraux : montant d'investissement de 800 k € amorti sur 5 ans.
- Un nombre de jours d'intervention sur site variable : de 100 à 200 jours/an
- L'intervention est réalisée par une équipe de 2 agents, en situation de déplacement (hôtel...).
- Durée de l'intervention (déplacements inclus) : 2 à 3 jours par site (permettant d'extraire 200 à 300 t de sédiments)

Estimatif du coût de la prestation (en € HT) en fonction du nombre de jours d'intervention par an.

Investissement camion	800000		
Amortissement + frais financiers	160000		
Jours d'intervention par an	200	150	100
Entretien, autres frais	80000	37500	25000
Carburant	30000	22500	15000
Personnel	110000	82500	55000
Déplacements, hotels	40000	30000	20000
Marge	42000	33250	27500
Coût total annuel	462000	365750	302500
Coût journalier	2310	2438	3025
Coût par prestation de 2 jours	4620	4877	6050
Coût par prestation de 3 jours	6930	7315	9075

En fonction du nombre de jours facturables, le cout journalier oscille de 2300 à 3 000 €. En situation intermédiaire (150 jours par an), le coût de la prestation serait de l'ordre de 5000 € pour 2 jours à 7000 € pour 3 jours.

A noter que l'activité aura certainement de la saisonnalité car il sera toujours plus aisé de faire cette intervention lorsque les fosses de stockage sont au plus bas, de façon à pouvoir garder dans une fosse le liquide chaud qui retournera dans le digesteur à la fin de l'opération. Il sera difficile d'utiliser la machine sur les 4 ou 5 mois d'hiver, ce qui pourrait réduire fortement le nombre de jours d'intervention.

En considérant que les 50 digesteurs à curer chaque année en Pays de Loire et Bretagne (voir calcul paragraphe 3.5) souhaitent la prestation à raison de 2 jours de travail par site (base d'extraction de 100 à 150 T de sédiments), cela correspond à la fourchette basse de

travail. Toutefois si on considère que l'intervention est à réaliser sur la période de mars à septembre, cela représente 70 % des jours disponibles.

Cette prestation peut être proposée par une entreprise privée agricole ou une organisation collective type CUMA.

Ces différentes propositions devront être présentées aux méthaniseurs du réseau AAMF notamment pour lancer la réflexion de cette activité. Au préalable il sera nécessaire de s'assurer de la bonne efficacité de la machine et de sa polyvalence sur la majorité des sites de méthanisation.

3.4 Approche collective

Dans le cas où les agriculteurs, exploitants d'unités de méthanisation, prennent en charge les opérations de curage, notamment dans le but de limiter les coûts, quels seraient les avantages que pourrait leur apporter la mise en place d'une organisation collective ?

Une telle organisation pourrait les aider à disposer le moment venu de plusieurs services :

- Des outils et engins spécifiques et adaptés
- Des équipements de sécurité pour les personnes
- D'un accompagnement en termes de savoir-faire, ainsi que pour la coordination et sécurité du chantier
- La mise à disposition de personnel qualifié et expérimenté.

Cas du curage total

D'un point de vue technique, l'analyse des pratiques montrent que le matériel de curage utilisé reste assez commun : bobcat, mini-pelle... Il est donc possible de le trouver en location dans un rayon de 100 à 200 km au plus. Il en est de même pour les équipements de sécurité des personnes. Dans ce cas, l'intérêt d'investir collectivement pour acquérir de tels engins et équipements paraît limité.

Une organisation collective pourrait éventuellement avoir pour objet de fournir un accompagnement technique (savoir-faire) et « sécurité » aux méthaniseurs afin d'éviter des erreurs et sécuriser l'intervention du curage. Les agriculteurs ne possèdent pas forcément tous les EPIs (détecteur 4 gaz, masque assistance respiratoire...) et ne sont pas habitués à ce genre d'intervention très spécifique.

Cas du curage partiel par un camion spécialisé

L'acquisition en commun d'un tel matériel très spécialisé, induit également la prise en charge de son exploitation avec du personnel formé pour l'utiliser. L'organisation collective devrait alors assurer pratiquement la totalité de la prestation, tout comme le ferait une entreprise privée.

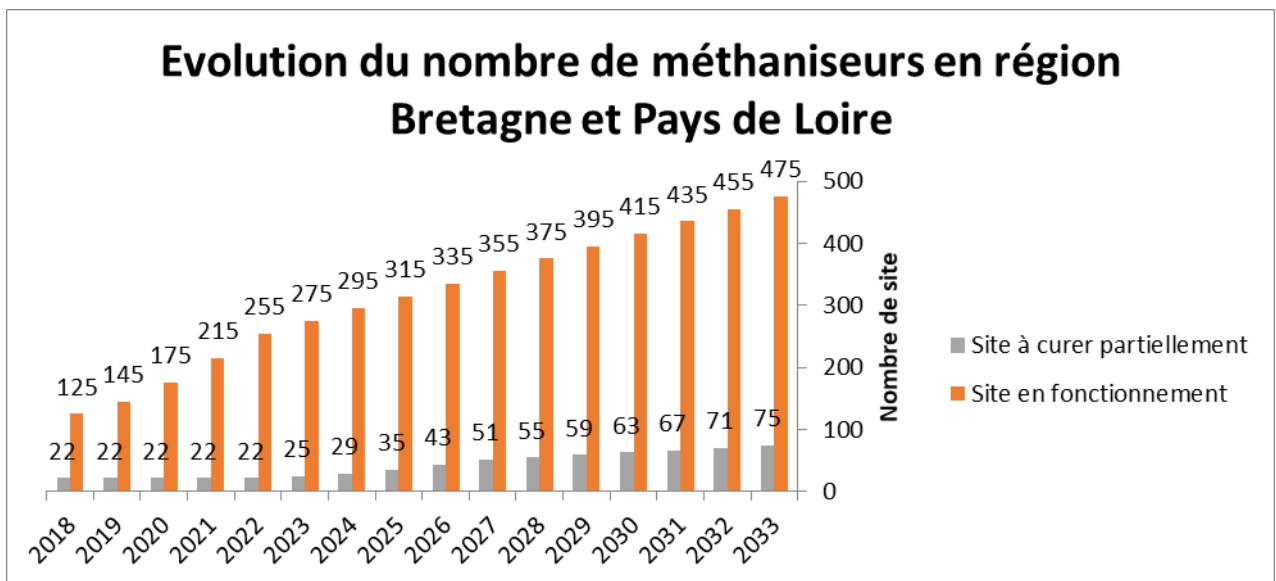
Le tableau suivant présente les avantages et les limites des 2 solutions

	Avantages	Limites
Entreprise privée	<p>Pas d'engagement et d'investissement pour les agriculteurs</p> <p>Possibilité d'utiliser ce matériel pour</p>	<p>Coût de la prestation (plus élevé ?) ; Faible choix si peu de concurrence.</p> <p>Besoin pour l'entrepreneur d'avoir</p>

	d'autres marchés que la méthanisation agricole Suivi du matériel par les mêmes personnels formés et expérimentés	suffisamment de client pour lancer l'investissement
Organisation collective type CUMA	Maitrise par le monde agricole, activité fédératrice Aides à l'investissement ? Coût maîtrisé et compétitif de la prestation (?)	Nécessite l'engagement d'un nombre suffisant de méthaniseurs sur au moins 5 ans Besoin de trouver des administrateurs pour porter la CUMA Participation à l'investissement financier Besoin de personnel formé et qualifié pour ce type d'intervention Responsabilité en cas d'incident sur le site de méthanisation Activité saisonnière sur les mêmes périodes d'activité agricole Peu de possibilité d'utilisation hors adhérents

3.5 Besoins et perspectives

Sur la base des 110 méthaniseurs agricoles, collectifs et multipartenaires au 1 janvier 2018, nous avons pris en compte une augmentation de ce nombre régulièrement au cours des 15 prochaines années. Nous avons pris comme hypothèse un curage partiel tous les 5 ans et un curage total tous les 10 ans indépendamment des techniques préventives mises en place par les constructeurs pour limiter les envois d'inertes dans les digesteurs. Ces nouvelles techniques constructives devraient permettre de repousser la fréquence de ces curages.



Sur ces bases, le nombre d'opérations se limite à une vingtaine par an d'ici 2 à 3 ans, pour atteindre la cinquantaine vers 2025 et approcher une centaine par an en 2033. Il apparaît que cette activité porte sur un marché relativement limité à l'échelle d'une ou deux régions.

Pourrait s'y ajouter des opérations de curage rendues nécessaires pour des maintenances particulières (changement de brasseur, défaillance de système de chauffage...) ou des modifications d'installations suite à une augmentation de capacité de production.

4. SYNTHÈSE ET PROPOSITIONS

4.1 Des besoins d'emplois importants de techniciens de maintenance

Compte tenu du développement de la méthanisation, ce secteur d'activité devrait créer un nombre relativement important d'emplois, notamment pour la construction et de plus en plus pour la maintenance (services SAV) des installations. Plusieurs dizaines d'emplois sont disponibles ou attendus à court terme (2 à 3 ans) pour le grand ouest où de fortes difficultés de recrutement sont signalées par les entreprises.

Il s'agit de postes de technicien de mise en service et démarrage d'installation, technicien d'exploitation d'une unité de méthanisation, responsable de site méthanisation.

Les conditions de travail (milieu extérieur, astreinte, déplacement fréquents...) constituent un frein au recrutement, et peuvent conduire les employés à changer assez facilement d'employeur ou de secteur d'activité. Par contre les niveaux de salaires proposés sont plutôt élevés, y compris pour des débutants (à partir de 1600 € net/mois sans prime d'astreinte).

Deux fiches métiers ont été rédigées pour illustrer le poste de technicien de maintenance et technicien d'exploitation (voir annexe). Ces fiches ont été rédigées à partir de différentes sources (fiche ROME_CFPPA de la Meuse, kit méthodologique MEEM et MTEFPD.)

Pour ce qui est des entretiens spécifiques que sont le curage (total ou partiel) des ouvrages (digesteurs en particulier), il apparaît que l'enjeu de cette activité en termes d'emploi est relativement minime à court et même à moyen terme. Sur la base d'un nombre de curage de 50 sites par an en 2025 pour les régions Bretagne et Pays de Loire réunies (voir graphique au point 4.2), à raison de 3 jours par site à 2 agents spécialisés, cela ne représenterait guère plus de 2 ETP. Une fiche métier technicien de curage a également été rédigée.

4.2 Problématique du curage

Cette problématique, génère de nombreuses questions et la recherche de solutions correspond à une réelle attente des méthaniseurs qui ont démarré leur installation depuis quelques années.

4.2.1 Deux solutions techniques

La solution classique (curage mécanique combiné) nécessite de charger le sédiment avec un engin roulant déposé dans l'ouvrage, et à l'extraire par grutage. L'opération conduit généralement à un curage total de l'ouvrage. Elle prend plusieurs jours (4 à 8 jours) et nécessite qu'une personne intervienne dans l'ouvrage en conditions difficiles et potentiellement à risque.

La seconde option consiste à utiliser un camion (aspirateur) équipé d'un bras spécialement conçu pour aller directement extraire les sédiments, sans intervention humaine dans l'ouvrage. Ce type de solution convient particulièrement pour un curage partiel (extraction du « plus gros » des sédiments) et peut se faire en temps limité (2 à 3 jours).

Pour la seconde solution, il n'existe pas actuellement en France d'entreprise équipée de matériel capable d'intervenir de la sorte dans des grands ouvrages. L'enjeu actuel est de savoir qui pourrait le faire (entreprise privée, organisation collective d'agriculteurs), dans quelles conditions (tarif de la prestation), avec quelle garantie de marché (volume de prestation annuelle suffisant pour amortir un tel investissement).

Concernant la première solution, elle peut se faire avec des matériels et équipements disponibles en location dans la région. L'enjeu principal est de le faire en toute sécurité, notamment si ce sont les agriculteurs-méthaniseurs qui organisent et réalisent l'opération (afin d'en limiter le coût).

4.2.2 Organisation et sécurisation

Quelle soit la solution curage, l'intervention nécessite une organisation importante, anticipée en prenant en compte toutes les mesures de prévention des risques. L'objectif du 0 accident est atteignable si le personnel choisi est compétent, formé et conscient des risques, et si les procédures de sécurité sont respectées.

Dans le cas où l'opération est intégralement réalisée par un prestataire, c'est à lui de le faire et d'en prendre la responsabilité.

Dans le cas où l'agriculteur-méthaniseur souhaite le faire lui-même ou en collaboration avec d'autres intervenants, il devra être en capacité de le faire également sur tous les plans. Sa responsabilité sera directement engagée en cas d'accident.

Les agriculteurs n'étant pas nécessairement des spécialistes sur ce sujet particulier, il convient de voir avec eux si une proposition d'accompagnement « savoir-faire + sécurité » (à construire) leur semble pertinent.

4.2.3 Synthèse technico-économique

Les coûts présentés dans le tableau suivant sont des fourchettes estimatives basées sur les données d'enquête et/ou des hypothèses, pour le curage d'un ouvrage de type digesteur de taille moyenne (1500 à 2000 m³) et ne présentant pas de difficultés exceptionnelles.

Ces coûts ne concernent que l'opération de curage au sens strict et n'incluent pas les étapes préparatoires (ouverture du digesteur, évacuation des gaz), la phase de remise en service (fermeture, remplissage, purge...), ni les pertes de production consécutive à l'arrêt de l'ouvrage et à sa remise en service.

Solution technique	1 -Curage mécanique combiné, total	2 - Curage partiel par camion aspirateur
Durée de l'intervention	4 à 5 jours	2 à 3 jours
Réalisé par une entreprise	10 000 à 17 000 €	5000 à 7000 €
Organisé (et réalisé) par l'agriculteur	5000 à 7000 €	Sans objet
Organisé par l'agriculteur avec accompagnement « savoir-faire et sécurité »	7000 à 9000 €	Sans objet

Compte tenu du coût important que représente un curage mécanique par entreprise, les exploitants peuvent envisager deux stratégies pour en limiter le coût.

- Organiser et réaliser (tout ou partie) eux-mêmes le curage mécanique, en louant au besoin les engins et les équipements nécessaires. Cela peut permettre de réduire presque par deux le coût, tout en bénéficiant d'un appui extérieur en termes de savoir-faire et de sécurité.
- Réaliser un curage partiel (ce qui peut permettre de repousser de plusieurs années un nouveau curage), avec un matériel spécialisé. Le coût de la prestation demeure assez élevé (rapporté au volume de sédiment extrait qui sera moindre que lors d'un curage total). Cette option aurait cependant plusieurs avantages. Elle se fait en prestation totale et sur une courte durée, ce qui peut permettre de limiter nettement les pertes de recettes consécutives à un arrêt plus long (remontée en température, rétablissement de la biologie...). Le problème est qu'il n'existe pas pour le moment d'entreprise capable d'assurer ce type d'intervention dans l'Ouest de la France.

CONCLUSION

Cette étude aborde un sujet technique auquel peu de digesteurs ont été confrontés. Ce premier travail a permis de faire un état des lieux sur les techniques existantes et pouvant être mobilisées selon les types de stockages. L'approche organisationnelle et responsabilité apportent également des notions que les exploitants doivent prendre en considération lorsqu'ils se lancent sur ce type de maintenance particulière. Les différents partenaires pourront valoriser ce travail en les présentant lors des différentes rencontres des méthaniseurs notamment à travers le réseau AAMF, GIEE. Ces adhérents décideront de l'organisation qu'ils mettront en place.

Enfin les enquêtes auprès des partenaires et la rédaction des fichiers métiers ont mis en évidence le besoin de personnel et les besoins de formation pour ces futurs opérateurs. Une 2^{ème} étape sera nécessaire pour définir les besoins de formation et les passerelles à créer avec les différents lycées et écoles.

Annexe 1 : Voies et moyens de prévention de la sédimentation dans les digesteurs

La prévention par la qualité de la biomasse

Le moyen de prévention réside dans la qualité de la biomasse.

- Ne pas utiliser de substrats très chargés en terre et graviers
- Limiter la charge en terre et cailloux au moment de la récolte : ne pas faucher trop près du sol (fourrages, paille)
- Bétonner les bâtiments d'élevage (aire paillée, poulailler)
- Stocker les ensilages sur des aires bétonnées ou goudronnées

La prévention par des systèmes de piégeage en amont des digesteurs

Les premières méthanisations à la ferme (basées sur le modèle allemand) n'avaient aucun moyen de capter ces inertes avant envoi dans les digesteurs dès lors que la biomasse est introduite à partir d'une trémie et une vis convoyeuse la poussant directement dans les digesteurs.

Aujourd'hui un certain nombre de constructeur proposent des solutions plus ou moins efficace pour capter les sédiments et éviter une accumulation dans les digesteurs. Différents types de solutions sont envisageables.

- Capter les inertes > 2 cm en phase solide

Cette collecte se fait par l'intermédiaire d'un tapis à rebond. Le fumier est véhiculé à partir d'un premier tapis. Le fumier bien réparti sur ce tapis tombe alors sur un tapis à rebond avec une certaine inclinaison. Par sa densité, le caillou est alors envoyé vers le bas tandis que le fumier reste sur le convoyeur à bande.

- Capter les inertes après passage dans une cuve liquide

Le fumier est convoyé en phase solide vers une cuve fortement agitée (de 20 à 200 m³ selon les constructeurs) préalablement rempli de lisier ou de digestat recirculé. Une forte agitation à lieu permettant une bonne partie des sédiments d'être récupéré au fond de la fosse. Le mélange « lavé » est ensuite envoyé dans le digesteur au moyen d'une pompe. Ce système fonctionne pour les inertes denses donc pas le bois ni les plastiques. La récupération se fait d'une manière plus ou moins automatique selon les constructeurs. Dans certains cas ce curage rentrera dans la catégorie curage petit volume.

- Capter les inertes avec une pompe mélangeuse de type « prémix »

Le fumier est mélangé au lisier en amont de la pompe. Lorsque ce mélange passe dans la pompe équipée d'une grille, les graviers et cailloux sont rejetés dans un piège à cailloux. Ce système fonctionne s'il y a peu d'inerte car le pompe n'est pas du tout protégée et les couts d'entretien sont importants. Par contre, la terre et les sables ne sont pas séparés et sont introduits dans le digesteur.

La prévention au niveau du digesteur

- Capter les inertes en fond de digesteur avec vidange régulière

Certains constructeurs proposent une conception particulière de leur digesteur afin de collecter les sédiments en petite quantité et ainsi les pomper régulièrement avec une simple tonne à lisier. On peut citer les systèmes au fond en forme de cône à l'envers avec une aspiration centrale ou encore les fosses bétons en anneaux avec des caniveaux situés perpendiculairement aux flux de la matière.

- Equipements divers : pour limiter les dépôts de sable

Certains agitateurs grâce un flux particulier de la matière permet de limiter les dépôts en remettant en suspension le sable qui est ainsi pompé et envoyé dans les stockages de digestat puis l'épandage. Il faut toutefois s'assurer ne pas repousser le problème d'ensablement dans le stockage plus en aval.

- Choix des équipements de brassage pour limiter les dépôts de sable

Certains agitateurs nouvellement commercialisés, grâce un flux inversé, semblent plus à même de décoller les sédiments et de les remettre en suspension. Les sables peuvent ainsi être plus largement pompés avec le digestat évacué du digesteur. Il faut toutefois s'assurer ne pas repousser le problème d'ensablement dans le post digesteur ou dans les stockages plus en aval.

La prévention par des accès au fonds des digesteurs facilités

Même si les équipements de collecte d'inerte en amont sont efficaces, il sera nécessaire de nettoyer le fonds des digesteurs ou autres cuves de stockage au bout de 5 à 10 ans. Lors de la construction du site, il faut anticiper ces interventions qui sont délicates par un accès le plus simple possible.

Mieux vaut donc éviter les digesteurs en toit béton ou fixe (20 % des digesteurs en Bretagne) avec de petites ouvertures ou l'absence de trou d'homme en bas des silos. Il faut également prévoir de la place pour s'approcher avec une grue ou autres engins de manutention.

Ces conseils de bonnes pratiques ont un cout qui sera rapidement rentabilisé et qui permettra des interventions dans des meilleures conditions de travail pour les opérateurs.

Annexe 2 : Quelles responsabilités du Maître d'ouvrage selon les différentes solutions

Quelle que soit la solution retenue, le Maître d'ouvrage est susceptible d'engager sa responsabilité pénale pour défaut de respect des règles d'hygiène et de sécurité, mais également en cas d'accident ayant entraîné une atteinte ou un risque d'atteinte à la vie ou à l'intégrité physique d'autrui.

Il n'est pas possible de s'assurer des conséquences de la responsabilité pénale.

Pour les mêmes raisons, le maître d'ouvrage expose sa responsabilité civile ; il est toujours possible de s'assurer sur les conséquences de la responsabilité civile et de la faute inexcusable de l'employeur.

Toutefois, sa responsabilité est exposée différemment selon qu'il dirige les travaux de curage ou qu'il les confie à un tiers.

Seront également examinées les responsabilités en cas d'organisation collective type « Cuma ».

a) Organisation de l'opération par le Maître d'ouvrage avec son propre personnel

Le Maître d'ouvrage doit préalablement à l'opération :

- Evaluer les risques pour tendre à éliminer les risques identifiés,
- Organiser une protection lorsque l'élimination du risque s'avère impossible,
- Mentionner l'ensemble dans le document unique d'évaluation des risques,
- Former le personnel à la sécurité.

Dès lors que l'opération constitue un travail dangereux, un salarié secouriste doit être spécifiquement formé au sauvetage secourisme au travail (SST).

Mesures relatives au personnel qui va intervenir :

- Ce personnel doit être formé de façon adaptée au travail demandé ; cette formation doit éventuellement être sanctionnée par l'obtention d'une qualification ou d'une habilitation.
- Si les travaux exposent le personnel à des risques spécifiques tels que l'exposition aux agents cancérigènes, mutagènes, repro-toxiques ou aux risques de chute de hauteur, il doit faire l'objet d'une surveillance médicale renforcée par la médecine du travail.

- Une procédure d'intervention des travaux doit être rédigée par écrit et portée à la connaissance du personnel.
- Mise à disposition du matériel de sécurité individuel et collectif.
- Les travaux doivent être conduits par une personne déterminée ayant la compétence et l'autorité ; une délégation de pouvoir peut accompagner cette mission.

En cas d'incident ou d'accident, la responsabilité pénale de l'employeur/maître d'ouvrage sera recherchée si l'une des prescriptions en matière de sécurité, formation, ou conduite de l'opération n'a pas complètement été respectée.

Si l'accident emporte une atteinte ou un risque d'atteinte à la vie ou à l'intégrité physique d'autrui, il suffit qu'une infraction à la réglementation relative à la sécurité n'ait pas été respectée pour emporter la responsabilité pénale pour blessure involontaire ou homicide involontaire.

Une délégation de pouvoir peut être confiée par le maître d'ouvrage à une personne qu'elle emploie à la condition qu'elle ait la compétence, l'autorité et les moyens d'exercer cette responsabilité qui l'exposera sur le plan pénal.

Cette délégation ne sera efficace que si la personne est cadre, dispose de l'autorité sur le personnel d'intervention et qu'elle ait les moyens de procéder aux investissements nécessaires pour assurer la sécurité.

A défaut, l'employeur/maître d'ouvrage sera responsable pénalement.

b) En cas d'intervention par une entreprise extérieure

Le chef d'entreprise extérieure doit faire connaître par écrit à l'entreprise utilisatrice :

- sa date d'arrivée,
- la durée prévisible de son intervention,
- le nombre prévisible de salariés appelés à être affectés aux travaux,
- les noms et références des sous-traitants avant le début des travaux qui leur sont confiés,

Ensuite :

- Inspection commune des lieux des installations et des matériels mis à la disposition de l'entreprise extérieure avant exécution de l'opération.
- Transmission par le Maître d'ouvrage au chef d'entreprise extérieure de :
 - ✓ ses consignes de sécurité applicables à l'opération qui concerneront les personnels de l'entreprise extérieure.
 - ✓ des informations et des consignes relatives à l'utilisation des installations sanitaires et des locaux de restauration.

Le chef d'entreprise extérieure doit communiquer toutes les informations nécessaires à la prévention, notamment :

- La description des travaux à effectuer,
- La description des matériels utilisés,
- Le mode opératoire utilisé.

Au vu de ces informations et des éléments recueillis, les chefs d'entreprise procèdent en commun à une analyse des risques pouvant résulter de l'interférence entre les activités des installations et matériels, puis est établi un plan de prévention avant les travaux pour arrêter les mesures que chaque entreprise doit prendre pour prévenir ces risques.

Le plan de prévention comporte au moins des dispositions dans les domaines suivants :

- Définition des phases d'activité dangereuse et des moyens de prévention spécifiques correspondants,
- Adaptation des matériels, installations et dispositifs à la nature des opérations effectuées ainsi que la définition de leurs conditions d'entretien,
- Instructions à donner aux salariés,
- Organisation mise en place pour assurer les premiers secours en cas d'urgence et la description du dispositif mis en place à cet effet par l'entreprise utilisatrice,
- Conditions de participation des salariés de l'entreprise aux travaux réalisés par une autre en vue d'assurer la coordination nécessaire au maintien de la sécurité.

Lorsqu'une entreprise extérieure a recours à un nouveau sous-traitant après le début de l'intervention, la procédure d'inspection préalable commune doit être à nouveau mise en place.

En cas d'incident ou d'accident, la responsabilité pénale du maître d'ouvrage ou de l'entreprise extérieure, ou des deux pourra être recherchée.

L'entreprise extérieure sera responsable d'un défaut de formation, de fourniture des moyens ou d'organisation de l'opération.

Le maître d'ouvrage peut rester responsable si les informations données ont été erronées ou si l'accident est provoqué par un défaut d'entretien de l'installation, ou encore si l'accident est survenu par son intervention ou celle de son personnel.

Une délégation de pouvoir peut être confiée par le maître d'ouvrage à une personne qu'elle emploie à la condition qu'elle est la compétence, l'autorité et les moyens d'exercer cette responsabilité qui l'exposera sur le plan pénal.

Cette délégation ne sera efficace que si la personne est cadre, dispose de l'autorité sur le personnel d'intervention et qu'elle ait les moyens de procéder aux investissements nécessaires pour assurer la sécurité.

A défaut, l'employeur/maître d'ouvrage sera responsable pénalement.

c) En cas d'organisation collective type « Cuma »

Dans ce type d'organisation, les travaux sont souvent effectués avec du matériel appartenant à la Cuma et du personnel soit employé par la Cuma, soit employé par le maître d'ouvrage, soit les deux à la fois.

Il est impératif de veiller au bon entretien du matériel qui sera utilisé par le maître d'ouvrage sous sa responsabilité.

De même, il est impératif de veiller à la qualification et du personnel qui interviendra.

A priori, le personnel intervient sous l'autorité du maître d'ouvrage qui doit donc répondre des mêmes obligations que dans l'hypothèse visée en « a ».

On peut raisonnablement considérer que le matériel fourni par la Cuma est aux normes et que le personnel mis à la disposition par la Cuma au maître d'ouvrage a été correctement formé, mais il appartient au maître d'ouvrage de le vérifier en se faisant remettre les certificats et habilitations.

Si des personnels de la Cuma et du maître d'ouvrage interviennent en même temps, il faut particulièrement définir les procédures d'interventions, la coordination des travaux et notamment, désigner la personne qui aura l'autorité pour les conduire.

d) Conséquences de la responsabilité pénale

La responsabilité pénale du maître d'ouvrage repose soit sur la tête de l'exploitant s'il exploite en nom personnel, soit sur la structure juridique s'il exploite sous forme de société ; toutefois dans ce cas, les poursuites sont quasiment toujours dirigées à l'encontre de la personne morale mais également à l'encontre du chef d'entreprise, personne physique responsable pénalement.

Des condamnations sont alors prononcées à la fois à l'encontre de la personne physique et à l'encontre de la personne morale.

Aujourd'hui, il est rare que des accidents du travail n'ayant pas entraîné d'atteinte à l'intégrité physique, soient poursuivis ; mais lorsqu'une atteinte à l'intégrité physique supérieure à trois mois est provoquée, les poursuites sont quasiment systématiquement engagées.

Le risque de condamnation en cas d'atteinte involontaire à l'intégrité de la personne ayant provoqué une incapacité totale de travail pendant plus de trois mois, est punie de deux ans d'emprisonnement et de 30 000 € d'amende.

Lorsque cette atteinte involontaire a été provoquée par la violation manifestement délibérée d'une obligation particulière de prudence ou de sécurité, les peines encourues sont portées à trois ans d'emprisonnement et à 45 000 € d'amende. Il s'agit de maximum.

Les peines prononcées à l'encontre des personnes morales peuvent être supérieures.

De même, en cas de récidive, les peines peuvent être supérieures.

La pratique montre qu'en cas de premières poursuites à la suite d'un accident, une peine d'amende est prononcée et parfois une peine d'emprisonnement avec sursis.

Il y a un risque de prison ferme en cas de récidive, c'est-à-dire à l'occasion d'un second accident poursuivi.

Les amendes sont personnelles ; elles ne peuvent pas être payées par la structure ; il n'est pas non plus possible de s'assurer contre le paiement des amendes.

Lorsqu'un accident s'est produit, il est impératif de prendre le temps ensuite d'analyser les causes de cet accident, de dresser un arbre des causes, et de prendre des mesures correctrices.

En effet, si un second accident survient sans qu'aucune analyse et mesures correctrices n'aient été effectuées, les reproches seront certains et une éventuelle sanction sera prononcée de manière plus lourde.

Les actions correctrices ne sont pas toujours adéquates ; il s'avère dans la pratique que des actions correctrices peuvent présenter d'autres inconvénients que les mesures de sécurité qui avaient été prises ; il faut donc pouvoir expliquer son choix.

Le salarié victime pourra rechercher sa faute inexcusable devant le Tribunal des Affaires de Sécurité Sociales pour lui permettre d'obtenir une majoration du double de la rente qui lui sera servie au titre de l'accident du travail et la réparation de ses préjudices personnels (préjudice lié à la douleur, esthétique, préjudice d'agrément...).

Ces points correspondent aux conséquences civiles de l'accident ; l'employeur peut s'assurer contre ce risque.

La faute inexcusable est quasiment automatiquement reconnue, dès lors que la responsabilité pénale de l'employeur a été retenue.

Annexe 3 : Analyse de cas types et réponse de l'expert

Contexte :

Analyse des responsabilités en cas d'accident de personne (chute grave ou asphyxie mortelle) sur un chantier de curage de digesteur consécutif à une mauvaise sécurisation de l'opération.

L'opération se déroule sur une unité de méthanisation exploitée par un **agriculteur A**. Celui utilise un **employé PA**.

Situation n° 1 : l'exploitant A organise et coordonne le chantier.

Il fait appel à une entreprise M qui dispose de matériel spécialisé conduit par un de ses employés PM. **Aucun plan d'intervention ou procédure de sécurité** n'ont été établis et formalisés par écrit.

Cas 1.1 : L'accident concerne PA. La responsabilité de A est engagée. Celle de M l'est-elle aussi ? En quoi ?

Réponse : La responsabilité de M peut être engagée s'il est à l'origine directe de l'accident ; on peut imaginer qu'en dépit du respect du plan de coordination et des instructions reçues, l'accident ait pour origine une faute imputable uniquement à PM, auquel cas M sera responsable en qualité de commettant de son préposé PM.

Mais il est probable que l'enquête fasse également apparaître un défaut de coordination du chantier qui mette en cause la responsabilité de A.

Cas 1.2 : L'accident concerne PM. La responsabilité de A est engagée ? En quoi ?

Réponse : Dès lors que A organise et coordonne le chantier, tout accident qui relève de l'organisation, de la coordination et du respect des instructions reçues peut engager la responsabilité de A, quelle que soit la victime.

La responsabilité de A ne serait pas engagée notamment dans l'hypothèse où l'accident de PM serait provoqué par une défaillance du matériel appartenant à M, notamment pour un défaut d'entretien ou d'utilisation alors que toutes les instructions auraient par ailleurs été respectées.

Situation n° 2 : l'exploitant A passe commande du chantier avec une entreprise C

C participe, organise, coordonne et sécurise le chantier. C fait appel à une entreprise M qui dispose de matériel spécialisé conduit par un de ses employés PM.

L'exploitant A ou son employé PA participe au chantier.

Cas 2.1 : L'accident concerne PA. La responsabilité de C est engagée. Qu'en est-il pour A ?

Réponse : La responsabilité civile de A est toujours engagée à l'égard de PA en qualité de commettant ; il s'agira pour PA d'un accident du travail dont les conséquences financières seront imputées sur le compte employeur de A.

La responsabilité pénale de A peut également être engagée si l'accident est provoqué par un défaut de l'installation, indépendamment de la conduite du chantier.

Dès lors que A participe au chantier, sa responsabilité peut également être engagée si son action personnelle est au moins partiellement à l'origine de l'accident.

Cas 2.2 : L'accident concerne PM. La responsabilité de C est engagée. Qu'en est-il pour A ?

Réponse : La responsabilité de A est engagée en cas d'accident ayant pour origine la défectuosité de l'installation.

De même, sa responsabilité peut être engagée si A ou PA sont au moins partiellement à l'origine de l'accident.

Situation n° 3 : l'exploitant A fait appel à un prestataire B chargé de (l'aider à) coordonner et sécuriser le chantier.

A fait appel à une entreprise M qui dispose de matériel spécialisé conduit par un de ses employés PM.

B a établi un plan d'intervention et de sécurisation qu'il communique à A et à M. B est présent tout au long du chantier et au moment de l'accident.

Cas 3.1 : L'accident concerne PA. La responsabilité de B est-elle engagée ? En quoi ? Qu'en est-il pour A ?

Réponse : La responsabilité de B sera engagée si l'accident a pour origine une mauvaise conception du plan d'intervention et de sécurisation ou à un défaut d'instructions.

On comprend que B aide à coordonner et sécuriser le chantier ; mais le chantier reste sous la responsabilité première de A. A peut déléguer totalement la conduite du chantier à B.

Dans cette hypothèse, si l'accident a pour origine un défaut de conduite du chantier, seul B sera responsable ; mais il appartiendra à A de démontrer que B avait une délégation de pouvoir complète.

Cas 3.2 : L'accident concerne PM. La responsabilité de B est-elle engagée ? En quoi ? Qu'en est-il pour A et M ?

Réponse : B peut voir sa responsabilité engagée pour les mêmes raisons qu'au 3.1.

Si le matériel n'est pas conforme, il peut voir également sa responsabilité engagée pour ne pas avoir vérifié les défauts de conformité avant utilisation. Si le matériel n'est pas conforme, la responsabilité principale relèvera de M. La responsabilité de B et de A peuvent être engagées pour les mêmes raisons que le 3.1.

Variante de la situation n° 3 : B intervient au démarrage du chantier pour mettre en place les procédures et consignes de sécurité puis se retire et n'est plus présent au moment de l'accident.

Si B a fait correctement sa mission, la situation est-elle comparable à la situation n°1

Réponse : La responsabilité de A ne pourra pas être recherchée pour un défaut de procédure ; mais sa responsabilité pourra toujours être engagée pour un défaut de respect des procédures arrêtées, ainsi qu'un défaut de formation de son personnel ou à raison d'une action inappropriée à l'origine de l'accident.

Si B n'a pas fait correctement sa mission (ce qui reste à démontrer), la situation est-elle comparable à la situation n°3 ? **Réponse :** A priori, la situation est similaire à la situation 3. Il pourra également être reproché à A de ne pas s'être entouré d'un professionnel averti.

Annexe 4 : fiches métier