

Etude préalable à l'épandage de digestat

Réalisée pour le compte de la :

SAS CMV Biogaz



A. La menuiserie, 25660 FONTAIN
T. 03 81 61 66 94
F. 03 81 61 28 62
E. sophie@opale-en.com
www.opale-en.com

Le 10/02/2014

TABLE DES MATIERES

1. Cadre de l'étude.....	5
2. Caractéristiques de l'installation de méthanisation et du digestat produit.....	6
2.1. L'installation de méthanisation	6
2.2. Le digestat solide	8
2.2.1. Modalité d'obtention du digestat solide et quantité.....	8
2.2.2. Calcul de la capacité de stockage	8
2.2.3. Qualité du digestat solide	8
2.3. Le digestat liquide	10
2.3.1. Modalité d'obtention du digestat liquide et quantité.....	10
2.3.2. Calcul de la capacité de stockage	10
2.3.3. Qualité du digestat liquide	10
2.4. Innocuité des digestats.....	11
3. Présentation de la zone d'étude	12
3.1. Localisation de l'installation de méthanisation.....	12
3.2. Territoire concerné par le plan d'épandage	12
3.3. Topographie.....	13
3.4. Climatologie	15
3.5. Géologie	17
3.6. Pédologie.....	19
4. Réglementation et autres textes applicables	21
4.1. Règlement Sanitaire Départemental et prescriptions ICPE.....	21
4.2. Directive nitrates et Code des bonnes pratiques agricoles	23
4.3. Appellations d'origine.....	24
5. Présentation du plan d'épandage	25
6. Organisation des épandages	27
6.1. Calcul de la dose d'épandage	27
6.1.1. Principe	27
6.1.2. Méthode du CAU	27
6.1.3. Exemple d'un Blé tendre	28
6.1.4. Exemple d'un Maïs.....	28
6.1.5. Exemple d'une Prairie.....	29
6.2. Adéquation dose/surface	29
6.2.1. Sur la globalité du projet.....	29
6.2.2. A l'échelle de chaque exploitation.....	29
6.3. Capacité de stockage	32
6.3.1. Digestat liquide	32

6.3.2. Digestat solide	32
6.4. Organisation logistique	33
6.5. Suivi des épandages.....	35
Annexe 1 : Liste des parcelles du plan d'épandage.....	36
Annexe 2 : Plan d'épandage	37
Annexe 3 : Résultats des analyses de sol.....	38
Annexe 4 : Conventions d'épandage.....	39
Annexe 5 : Arrêté préfectoral du 16 octobre 2013 définissant le référentiel régional de mise en œuvre de l'équilibre de la fertilisation azotée pour la Champagne Ardenne.....	40

FIGURES

Figure 1: Intrants de l'installation de méthanisation.....	6
Figure 2: Evolution de la matière organique (<i>Source : La qualité agronomique des digestats – Solagro - 2004</i>)	7
Figure 3: Production mensuelle de digestat solide.....	8
Figure 4: Valeur agronomique du digestat solide.....	9
Figure 5: Valeur agronomique du compost de digestat solide.....	9
Figure 6: Production mensuelle de digestat liquide.....	10
Figure 7: Valeur agronomique du digestat liquide.....	10
Figure 8: Localisation de CMV Biogaz.....	12
Figure 9: Liste des exploitations agricoles	13
Figure 10: Topographie du territoire (<i>Extrait de www.geoportail.gouv.fr</i>)	14
Figure 11: Températures, station météo de LANGRES (<i>Extrait de www.infoclimat.fr</i>).....	16
Figure 12: Précipitations, station météo de LANGRES (<i>Extrait de www.infoclimat.fr</i>)	16
Figure 13: Extraits de la carte géologique de la zone d'étude (<i>Source : Infoterre du BRGM</i>).....	18
Figure 14: Localisation des analyses de sol	20
Figure 15: Périodes d'épandage inapproprié (en rouge) pour les deux types de fertilisants organiques	23
Figure 16: Azote organique total produit par chaque exploitation.....	29
Figure 17: Exportations d'effluents des exploitations agricoles	30
Figure 18: Exportations d'azote organique des exploitations agricoles.....	30
Figure 19: Bilan d'Azote organique de chaque exploitation	30

Figure 20: Ratios d'azote organique sur SAU et sur SPE à l'échelle de chaque exploitation	31
Figure 21: Ratios d'azote organique sur SAU et sur SPE à l'échelle du plan d'épandage.....	31
Figure 22: Exemple de calendrier d'épandage de digestat liquide.....	32
Figure 23: Exemple de calendrier d'épandage de digestat solide ou de compost de digestat solide	33
Figure 24: Exemple de chantier d'épandage par tonne à lisier avec pendillards.....	33
Figure 25: Exemple de remorque agricole	34
Figure 26: Exemple de chantier d'épandage de digestat solide.....	34

1. CADRE DE L'ETUDE

La SAS CMV Biogaz a pour activité la méthanisation d'effluents agricoles et agro-alimentaires. Outre la production d'électricité et de chaleur, l'installation de méthanisation génère un déchet nommé « digestat ». Le digestat est la matière restant à l'issue de la méthanisation de la matière organique.

La SAS CMV Biogaz est soumise à la réglementation sur les Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE) notamment au titre de la rubrique 2781-1. Elle est sous le régime de l'enregistrement et doit ainsi respecter :

- l'arrêté du 12 août 2010 relatif aux prescriptions générales applicables aux ICPE de méthanisation relevant du régime de l'enregistrement sous la rubrique n°2781-1 modifié par
- l'arrêté du 25 juillet 2012 modifiant des dispositions relatives aux installations de traitement de déchets soumises à enregistrement au titre de la législation des ICPE..

La présente étude constitue l'étude préalable à l'épandage de digestat telle que demandée dans le paragraphe c) de l'annexe I de l'arrêté du 12 août 2010.

2. CARACTERISTIQUES DE L'INSTALLATION DE METHANISATION ET DU DIGESTAT PRODUIT

La présente étude concerne l'épandage de digestat produit par l'installation de méthanisation de CMV Biogaz. Dans cette partie nous allons donc présenter brièvement l'origine du digestat puis nous présenterons les caractéristiques des trois types de digestat produit.

2.1.L'INSTALLATION DE METHANISATION

CMV Biogaz prévoit de méthaniser les déchets organiques suivants :

Nature de l'intrant	Quantité en tonnes
Fumiers compacts	4 695
Fumiers mous	5 415
Lisiers	2 160
Ensilages	945
Lactosérum	1 510

FIGURE 1: INTRANTS DE L'INSTALLATION DE METHANISATION

Le fumier et le lisier qui constituent l'essentiel des intrants sont issus des exploitations agricoles qui apportent des terres pour l'épandage du digestat. La logique de la démarche est une récupération de digestat proportionnelle aux fumier et lisier apportés.

Le principe de fonctionnement de l'installation est la méthanisation en infiniment mélangé.

Les intrants solides sont insérés quotidiennement dans le process au moyen d'un engin à godet dans une trémie d'alimentation. Cette trémie d'alimentation conduit le mélange d'intrants solides via une vis sans fin dans le digesteur.

Les intrants liquides sont pompés depuis leur stockage tampon et envoyés dans le digesteur.

Le digesteur est une cuve isolée et chauffée recouverte d'une membrane double peau permettant de collecter le biogaz produit. En dehors de la phase de démarrage, le chauffage de cette fosse est assuré par le moteur de cogénération.

A l'intérieur du digesteur, les bactéries acidogènes vont transformer la matière organique biodégradable en acides gras volatils et les bactéries méthanogènes vont transformer ces derniers en biogaz.

Le biogaz produit est stocké au-dessus du digesteur, la membrane double peau formant avec le digesteur un gazomètre.

Le digestat issu de la dégradation des intrants est pompé en continu depuis le digesteur. Celui-ci est envoyé vers un séparateur de phase qui permet d'une part de produire du digestat solide et d'autre part du digestat liquide.

Le digestat liquide peut être conduit vers trois directions :

- il peut être recirculé en cas de besoin en tête de process pour diminuer la siccité du mélange d'intrants ;
- il peut être envoyé vers les fosses de stockage de digestat liquide dans l'attente de son épandage ;

- il peut être envoyé vers un concentrateur qui permet d'utiliser la chaleur produite par l'installation qui ne serait pas consommée par la fromagerie et de limiter ainsi les volumes de digestat. Après le passage par le concentrateur, le digestat liquide concentré est envoyé vers les fosses de stockage de digestat liquide dans l'attente de son épandage. Le concentrateur est muni d'un laveur d'air qui permet de récupérer l'ammoniac qui s'évapore avec l'eau sous forme de sulfate d'ammonium. La solution de sulfate d'ammonium obtenue est envoyée dans le stockage de digestat liquide.

Le digestat solide sera soit simplement stocké dans un silo béton soit il subira une étape préalable de compostage. Dans les deux cas, il sera lui aussi valorisé par épandage.

Lors de la méthanisation, les intrants subissent une fermentation où la matière organique évolue de la manière suivante :

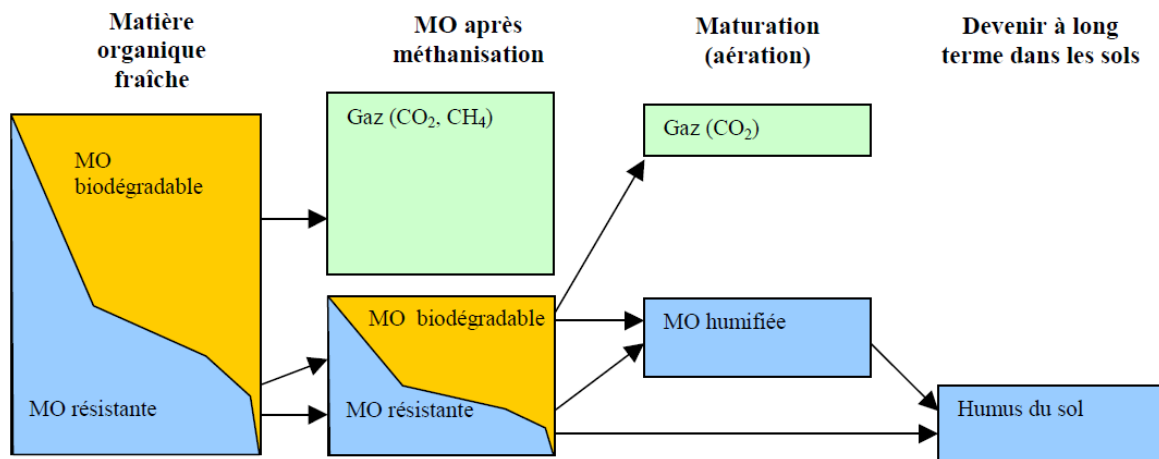


FIGURE 2: EVOLUTION DE LA MATIERE ORGANIQUE (SOURCE : LA QUALITE AGRONOMIQUE DES DIGESTATS - SOLAGRO - 2004)

La matière organique facilement biodégradable est digérée et produit du biogaz. Le taux de décomposition de la matière organique est similaire au compostage. Les avantages du digestat sont les suivants :

- La matière organique responsable de la formation d'humus dans les sols est conservée. En effet, le digestat a un indice de stabilité de la matière organique (ISMO) relativement élevé.
- Les acides gras volatils, responsables des odeurs des effluents frais, sont dégradés. Le digestat s'en trouve désodorisé.
- La méthanisation permet une élimination efficace des pathogènes.
- Le pH du digestat est neutre ou légèrement basique.
- Les éléments nutritifs (notamment N, P, K) sont conservés.
- L'azote est minéralisé lors de la digestion. Il est donc disponible pour les plantes au moment de l'épandage. Le phosphore est également minéralisé dans une certaine mesure.

Ainsi, la gestion des épandages des digestats en comparaison avec les épandages de fumiers bruts est différente. Un fumier est habituellement utilisé comme amendement organique, un digestat aura, en supplément, un rôle d'engrais. La connaissance des teneurs en éléments fertilisants du digestat et leur disponibilité permet d'optimiser les apports des engrais de ferme et de diminuer ainsi la consommation d'engrais de synthèse.

Une telle installation de méthanisation conduit à la production de deux types de digestat :

- Un digestat solide ;
- Un digestat liquide.

Les paragraphes suivants décrivent plus précisément des deux types de digestat.

2.2.LE DIGESTAT SOLIDE

2.2.1. MODALITE D'OBTENTION DU DIGESTAT SOLIDE ET QUANTITE

Le digestat solide est obtenu lors de la séparation de phase que subit le digestat brut.

La production annuelle de digestat solide est estimée à 1877 tonnes.

Cependant, cette production de digestat solide varie au cours de l'année car la quantité d'intrants varie également. La répartition mensuelle de la production de digestat solide est donc la suivante :

Mois	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
tonnes	191	191	191	156	127	127	127	127	127	133	191	191

FIGURE 3: PRODUCTION MENSUELLE DE DIGESTAT SOLIDE

2.2.2. CALCUL DE LA CAPACITE DE STOCKAGE

La capacité de stockage du digestat solide sera de 4 mois. La justification de cette durée est présentée dans la partie 6.3.

Cette capacité de 4 mois est basée sur les mois d'hiver. En effet, ces mois sont ceux où l'on a le plus besoin de stocker les digestats et où la production mensuelle est la plus forte.

Ainsi, le stockage du digestat solide devra avoir une capacité de 764 tonnes minimum ($=4 \times 191$ tonnes). Avec une densité de 0,7, le volume de stockage devra être au minimum de 1091 m³.

Le digestat solide est stocké dans un silo couloir en béton de 20 m par 18,5 m. A raison d'une hauteur de stockage de 3 m, le volume de stockage est de 1110 m³.

2.2.3. QUALITE DU DIGESTAT SOLIDE

L'installation de méthanisation de CMV Biogaz n'est pas encore en service. Il est donc impossible de procéder à des analyses du digestat. Toutefois, on peut estimer les caractéristiques de ce digestat à partir des caractéristiques des intrants et des retours d'expérience de la méthanisation.

Lorsque l'installation sera en service et avant les premiers épandages de digestat, une analyse de la valeur agronomique du digestat sera réalisée pour confirmer ces estimations. Les prescriptions d'épandage seront réadaptées en cas de différence. Par exemple, les doses d'épandage seront recalculées en fonction de la teneur en azote effectivement mesurée.

La valeur agronomique du digestat solide est estimée selon les valeurs suivantes :

%MS	%MO sur MS	C/N	N _{tot} en kg/t	N _{min} en kg/t	P ₂ O ₅ en kg/t	K ₂ O en kg/t	pH
25	70	20	5.7	1.0	4.6	7.4	8

FIGURE 4: VALEUR AGRONOMIQUE DU DIGESTAT SOLIDE

Le digestat solide a une siccité de l'ordre de 25%, il est donc solide, il tient en tas. Le pH de 8 est légèrement supérieur à la neutralité, son utilisation pourra avoir un effet bénéfique sur le pH du sol.

Le taux de matière organique est similaire à celui d'un fumier frais. La matière organique restante après la digestion se retrouve majoritairement dans le digestat solide après la séparation de phase. Cette matière est la matière organique résistante à la dégradation qui après épandage donnera de l'humus et participera donc à l'amélioration du taux de matière organique du sol au même titre qu'un compost.

Le rapport C/N permet d'évaluer la vitesse de minéralisation de la matière organique dans le sol. Supérieur à 8, on considère que le digestat solide a une minéralisation plutôt lente dans le sol. Cependant, il existe tout de même une part d'azote minéral qui montre que ce digestat aura un léger effet engrais azoté appréciable. En effet, la digestion de la matière organique lors de la méthanisation a transformé une part importante d'azote organique en ion ammonium, NH₄⁺, utilisable rapidement par les cultures. La majorité des ions ammonium se retrouvent dans le digestat liquide mais une petite proportion est contenue dans le digestat solide. Le rapport C/N et la teneur en azote total et minéral montrent que le digestat solide ne produira pas d'effet de faim d'azote en cas d'épandage sur les cultures.

Les teneurs en P₂O₅ et en K₂O sont intéressantes pour la fertilisation des cultures.

Lorsque le digestat solide sera composté, la qualité attendue du compost ainsi obtenu sera la suivante :

%MS	%MO sur MS	C/N	N _{tot} en kg/t	N _{min} en kg/t	P ₂ O ₅ en kg/t	K ₂ O en kg/t	pH
28	70	22	5.9	0.6	5.3	8.6	8

FIGURE 5: VALEUR AGRONOMIQUE DU COMPOST DE DIGESTAT SOLIDE

L'étape de compostage du digestat solide conduit à une perte de matière inférieure à celle d'un compostage de matière fraîche étant donné qu'il s'agit d'un compostage après méthanisation. Cette perte est essentiellement sous forme d'eau, les teneurs en phosphore et potassium ont donc tendance à se concentrer. En revanche la teneur en azote minérale baisse en raison de la volatilisation de celui-ci lié à l'oxygénation de l'azote ammoniacale durant le compostage. L'azote total sur la matière brute est relativement stable car les pertes d'azote sont compensées par les pertes d'eau.

Ainsi, le digestat solide, composté ou non, possède une valeur agronomique intéressante pour le sol et les cultures. Il constitue un amendement organique.

2.3. LE DIGESTAT LIQUIDE

2.3.1. MODALITE D'OBTENTION DU DIGESTAT LIQUIDE ET QUANTITE

Le digestat liquide est ce qu'il reste après la séparation de phase que subit le digestat brut.

En cas d'excès de production de chaleur par rapport à la consommation de la fromagerie, le digestat liquide est envoyé vers un concentrateur qui utilise cette chaleur fatale pour diminuer le volume de digestat par évaporation d'eau.

La production de digestat liquide est estimée à 10856 m³ répartis mensuellement de la façon suivante :

Mois	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
tonnes	1131	1120	1109	899	717	711	709	712	719	776	1120	1132

FIGURE 6: PRODUCTION MENSUELLE DE DIGESTAT LIQUIDE

2.3.2. CALCUL DE LA CAPACITE DE STOCKAGE

La capacité de stockage du digestat liquide sera de 6 mois. La justification de cette durée est présentée dans la partie 6.3.

Cette capacité de 6 mois est basée sur les productions des mois d'hiver. En effet, ces mois sont ceux où l'on a le plus besoin de stocker les digestats et où la production mensuelle est la plus forte.

Ainsi, le stockage du digestat liquide devra avoir une capacité de :

$$1131 + 1120 + 1109 + 899 + 1120 + 1132 = 6511 \text{ tonnes ou m}^3.$$

Le digestat liquide est stocké dans deux fosses couvertes qui auront un volume total supérieur à cela.

2.3.3. QUALITE DU DIGESTAT LIQUIDE

L'estimation de la valeur agronomique du digestat liquide est la suivante :

%MS	%MO sur MS	C/N	N _{tot} en kg/t	N _{min} en kg/t	P ₂ O ₅ en kg/t	K ₂ O en kg/t	pH
6%	25	7	5.6	3.5	1.9	7.2	7.5

FIGURE 7: VALEUR AGRONOMIQUE DU DIGESTAT LIQUIDE

Le digestat liquide a une siccité faible. Le pH de 7,5 est neutre.

Le taux de matière organique, plus faible que celui d'un fumier frais, montre que la matière organique a été minéralisée. Le rapport C/N faible, de 7, et la teneur en azote minéral importante montrent que ce digestat aura un effet engrais. L'azote sera utilisable très rapidement par les cultures.

La teneur en K_2O est très intéressante pour la fertilisation des cultures. En revanche, les apports de phosphore par ce digestat seront négligeables par rapport aux besoins des cultures.

Ainsi, le digestat liquide possède une valeur agronomique intéressante pour les cultures, il constitue un engrais organique.

2.4. INNOCUITÉ DES DIGESTATS

Une étude de Rittmo Agroenvironnement de 2011 commandée par l'ADEME et le Ministère de l'Agriculture intitulée « Qualité agronomique et sanitaire des digestats » a analysé la qualité sanitaire des digestats à partir de données bibliographiques.

Les données collectées dans cette étude ont montré que les digestats issus d'intrants d'origine agricole respectent toujours les valeurs limites fixées par les normes NFU 44-051 et 44-095 pour les polluants organiques (HAP et PCB) et les éléments traces métalliques (ETM) (à l'exception du cuivre et du zinc pour du digestat issu de lisiers de porcs).

Dans notre cas, il n'y a pas de lisiers de porcs dans les intrants, le risque de teneurs élevées en métaux lourds et en polluants organiques est donc très faible.

Par ailleurs, réglementairement, les intrants du site de méthanisation peuvent tous être épandus sur les parcelles agricoles sans suivi analytique particulier, le digestat issu de ces déchets organiques devrait donc être épandable. Le passage dans le méthaniseur des intrants n'impacte pas la quantité de métaux lourds (ETM) qu'ils contiennent. En revanche, leur concentration en ETM peut mécaniquement augmenter du fait de l'extraction de carbone sous forme de biogaz. Mais, comme le montre l'étude de Rittmo, cette concentration reste faible.

Concernant les polluants organiques, l'étude de Rittmo montre que la méthanisation permet un abattement significatif de certains de ces éléments.

Concernant les pathogènes, la méthanisation est un procédé qui permet la réduction des concentrations de l'ordre de 80%. Ainsi, les germes pathogènes contenus dans le digestat sont nettement inférieures à ceux contenus dans un fumier épandu sans avoir été méthanisé. La méthanisation diminue donc le risque sanitaire par rapport à une filière d'épandage de fumiers bruts.

De plus, notons que sur l'aspect sanitaire, l'installation de méthanisation de CMV Biogaz sera également encadrée par le règlement UE n°142/2011 du 25 février 2011 portant application du règlement CE n°1069/2009 établissant les règles sanitaires applicables aux sous-produits animaux. A ce titre, des analyses seront effectuées pour tester la présence d'*Escherichia Coli* (ou Enterococcaceae) et de *Salmonella* sur 5 échantillons et devront vérifier les valeurs limites imposées dans la section 3 de l'annexe VIII du règlement UE n°142/2011.

Ainsi, les valeurs agronomiques des digestat solide et liquide montrent qu'ils présentent un intérêt pour les sols et les cultures. Par ailleurs, les retours d'expériences sur les teneurs en ETM, HAP, PCB et pathogènes ont montré qu'ils ne portaient pas atteinte à la santé de l'homme et des animaux ni à la qualité et à l'état phytosanitaire des cultures.

Toutefois, cet intérêt agronomique doit être validé par rapport à la nature des sols en place, aux besoins des cultures pratiquées et aux contraintes environnementales locales. C'est ce que nous allons vérifier dans les parties suivantes.

3. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

3.1. LOCALISATION DE L'INSTALLATION DE METHANISATION

L'installation de méthanisation de CMV Biogaz sera située au Nord-Ouest de Chalancey, au bord de la route de Mouilleron.

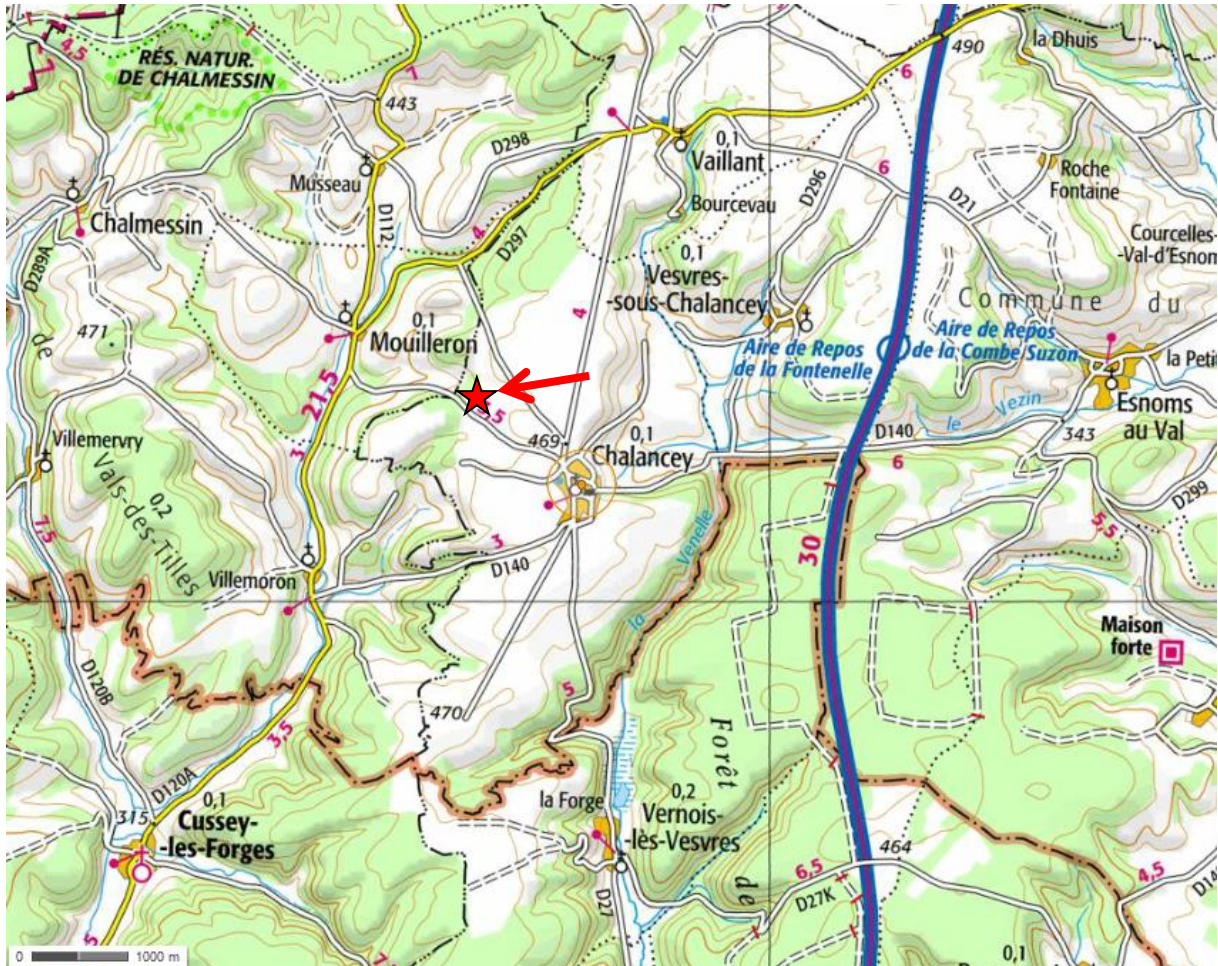


FIGURE 8: LOCALISATION DE CMV BIOGAZ

3.2. TERRITOIRE CONCERNE PAR LE PLAN D'EPANDAGE

Les parcelles identifiées pour l'épandage sont situées dans la petite région agricole du Plateau Langrois Montagne.

Cette zone forme la partie la plus élevée du plateau de Langres en continuité avec les hauts plateaux bourguignons. Ce sont des plateaux pauvres autrefois couverts de pâtures et de pelouses sèches qui ont progressivement été converties en grandes cultures. Ces espaces dégagés sont interrompus par des massifs forestiers.

L'activité agricole est dominée par un système mixte élevage laitier / grandes cultures céréalières.

Les exploitations agricoles participant au plan d'épandage sont les suivantes :

Nom de l'exploitation	Siège social	Abréviation utilisée pour le nom des parcelles
GAEC du Champet	4 rue de l'église 52160 Moulleron	CHAM
GAEC du Saint Bernard	17 rue du Val 52160 Villemoron	STBE
GAEC de la Chapelotte	43 Grande rue 52160 Chalancey	CHAP
GAEC du Thillot	11 Grande rue 52160 Moulleron	THIL

FIGURE 9: LISTE DES EXPLOITATIONS AGRICOLES

Ce sont 961.57 ha qui ont été étudiés dans le cadre de cette étude. La liste des parcelles est donnée en annexe 1 et la cartographie des parcelles en annexe 2.

Les parcelles sont concentrées en majorité autour de Chalancey et sur les communes de Moulleron et Musseau. Une parcelle se situe isolée sur la commune de Vesvres sous Chalancey. Une autre zone, la Ferme de La Salle, est située sur Auberive.

L'annexe 4 donne les conventions d'épandage signées entre CMV Biogaz et les 4 exploitations agricoles.

3.3. TOPOGRAPHIE

Les trois quarts de la commune de Chalancey (Ouest et Sud) ainsi que Vaillant forment un plateau au relief peu ondulé à 470 m d'altitude. Le Nord-Est de Chalancey est brusquement creusée par un talus de l'ordre de 60 mètres pour rejoindre la vallée de la Venelle.

Les communes de Musseau, Moulleron et Villemoron sont situées dans une dépression drainée par la Tille de Villemoron. Le fond de la vallée passe de 390 m à Musseau à 340 m à Villemoron. A l'ouest de ces communes, on retrouve un plateau à plus de 430 m d'altitude plus découpé que celui de Chalancey.

Le territoire de la Ferme de La Salle est situé dans des combes, entre 400 et 420 m, encerclées de massifs forestiers situés plus en hauteur et culminants à plus de 500 m.

Les parcelles du plan d'épandage sont les parcelles de chaque exploitation les plus proches de Chalancey et en dehors des fortes pentes.

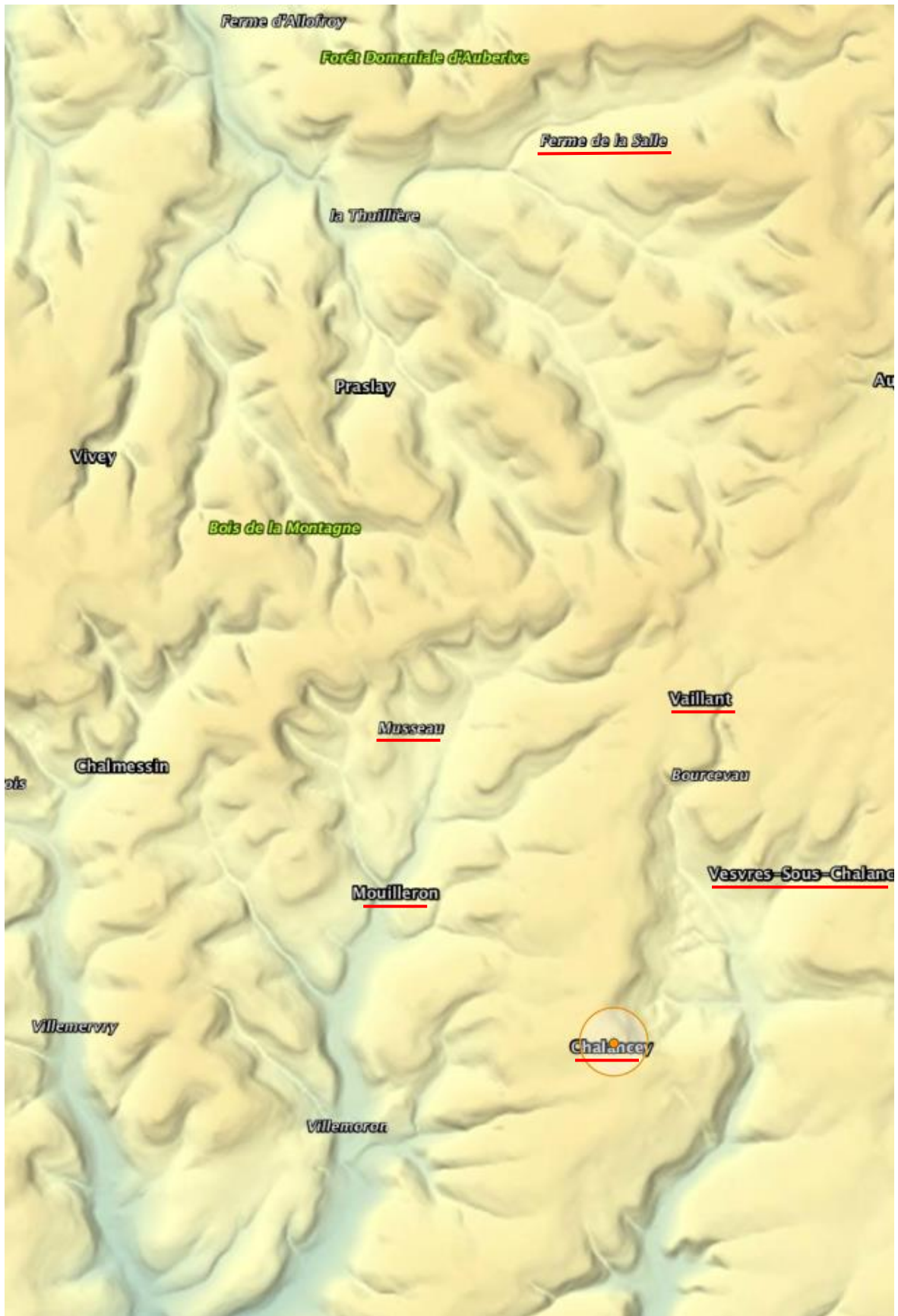


FIGURE 10: TOPOGRAPHIE DU TERRITOIRE (EXTRAIT DE WWW.GEOPORTAIL.GOUV.FR)

3.4. CLIMATOLOGIE

Les données climatiques recueillies proviennent de la station météorologique de Langres (52) située à environ 25 km au Nord-Est de Chalancey.

Les tableaux page suivante rassemblent les données de températures caractéristiques et de pluviométrie.

L'aire d'étude se caractérise par un climat continental très marqué, plus rude que les régions limitrophes.

A noter que le nombre de jour de gel ($T < 0^{\circ}\text{C}$) est de 81 jours/an avec une saison allant de novembre à mars où le nombre de jours de gel par mois est supérieur à 10.

La hauteur totale de précipitations est de 877 mm par an, assez bien répartis sur l'année grâce aux orages estivaux. Le nombre de jours de pluie est de 132 jours. On peut compter de l'ordre de 5 jours par mois de pluie avec plus de 5mm.

Normes et records 1961-1990

Langres (52) - altitude 467m

	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	An
Températures minimales (°C)													
Moyenne	-1.8	-0.9	1.5	4.1	7.9	11	13.2	13	10.5	6.9	1.8	-1.1	5.5
Record absolu	-18.1	-21.2	-13.2	-6.6	-2.9	2.5	5.1	5.1	2.1	-4.1	-10.7	-33	-33
Date	12/01/1987	02/02/1956	06/03/1971	12/04/1986	06/05/1957	01/06/1975	01/07/1962	30/08/1986	29/09/1993	29/10/1997	27/11/1985	30/11/0001	30/11/0001
	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	An
Températures maximales (°C)													
Moyenne	2.6	4.6	8.1	11.9	16	19.5	22	21.6	18.5	13.3	6.9	3.4	12.4
Record absolu	14.5	17.7	21.9	26.2	28.8	32.4	35.1	36.2	31.6	25.7	19	15.5	36.2
Date	27/01/1983	14/02/1958	29/03/1989	17/04/1949	28/05/1956	30/06/1950	01/07/1952	11/08/1998	05/09/1949	03/10/1985	02/11/1970	16/12/1989	11/08/1998
	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	An
Températures moyennes (°C)													
Moyenne	0.4	1.8	4.8	8	12	15.2	17.6	17.3	14.5	10.1	4.4	1.1	8.9
	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	An
Nombre de jours avec :													
Tn ≤ -5°C	6	4.9	1.4	0	0	0	0	0	0	0	1.2	5.9	19.4
Tn ≤ 0°C	19.9	15.9	10.8	4.9	0.1	0	0	0	0	0.8	10.3	18.3	81
Tx ≤ 0°C	8	4.9	1.1	0	0	0	0	0	0	0	2	7.1	23.1
Tx ≥ 25°C	0	0	0	0	0.5	3.6	8.8	6.9	2	0.1	0	0	21.9
Tx ≥ 30°C	0	0	0	0	0	0.2	1.4	0.8	0	0	0	0	2.4

FIGURE 11: TEMPERATURES, STATION METEO DE LANGRES (EXTRAIT DE WWW.INFOCLIMAT.FR)

	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	An
Cumul mensuel de précipitations (mm)													
Moyenne	80	70.7	70	60.2	83.9	72.4	56.5	72.1	76.1	70.3	80.5	84.3	877
Hauteur maximale de précipitations en 24h (mm)													
Hauteur	51.9	47.4	42.5	29.9	50.4	48.6	73.4	57.9	75	37.8	45.3	30.8	75
Date	12/01/1962	03/02/1980	27/03/1974	24/04/1966	20/05/1971	10/06/1966	07/07/1963	15/08/1979	30/09/1965	28/10/1990	02/11/1968	15/12/1981	30/09/1965
Nombre de jours avec :													
RR ≥ 1mm	13.6	11.3	12.6	10.7	12.5	10.5	8.3	9.6	8.7	10.1	12	12.4	132.3
RR ≥ 5mm	5.4	5.3	5	3.9	5.9	4.8	4	4.8	4.5	4.6	5.6	6	59.8
RR ≥ 10mm	2	2	1.9	1.7	2.4	2.3	1.8	2.2	2.5	2.3	2.4	2.6	26.1

FIGURE 12: PRECIPITATIONS, STATION METEO DE LANGRES (EXTRAIT DE WWW.INFOCLIMAT.FR)

3.5. GEOLOGIE

La zone d'étude est recouverte par différentes couches géologiques du Jurassique moyen :

- Bajocien inférieur ou moyen (J_{1a-b}) : calcaires à entroques massif, en bancs épais de couleur claire, beige ou grise avec des taches de rouille ainsi que des calcaires à polypiers, cristallins spathiques ou pseudo-oolithiques à débris coquilliers avec quelques traces d'argiles vertes ;
- Bajocien supérieur (J_{1c}) : ces marnes à huîtres (ainsi que brachiopodes et ammonites) reposent sur les calcaires à entroques et forment souvent des replats humides. Ce sont des alternances de marnes, jaunes et délitables, et de bancs calcaires ;
- Bathonien inférieur (J_{2a}) : calcaire à oncholites cannabines c'est-à-dire constitué de nodules de forme ovoïde formés par encroutement autour de débris. Ces grains, sorte de grosses oolithes, sont de couleur rousses dans une roche plus grise. La dégradation de cette roche donne des sables grossiers.
- Bathonien inférieur ou moyen (J_{2a-b}) : Oolithe blanche, calcaire très pur, tendre et se débitant en plaquettes sous l'effet du gel.
- Bathonien moyen (J_{2b}) : calcaires de type comblanchien, micritiques, compacts, résistant, de couleur beige, blanche ou rose, déposés en bancs réguliers de l'ordre du mètre.
- Bathonien supérieur et Callovien (J_{2c-3}) : calcaires grenus bicolore en raison de taches lenticulaires bleutées dans une matrice de bioclastes et d'oolithes jaune-beige. Au-dessus repose la dalle nacrée : calcaires beiges ou blancs, bioclastiques à la base et oolithiques au sommet.

Ces différents horizons sont perturbés par des failles liées au fait que nous soyons au niveau du seuil de Bourgogne. La principale faille passe juste au Sud de Chalancey et est orientée Est-Ouest. Elle a induit un décalage entre les différents horizons de l'ordre de 100 m. Les autres failles sont des conséquences de la première, elles sont obliques par rapport à celle-ci.

La carte page suivante illustre la localisation de ces différents éléments géologiques.

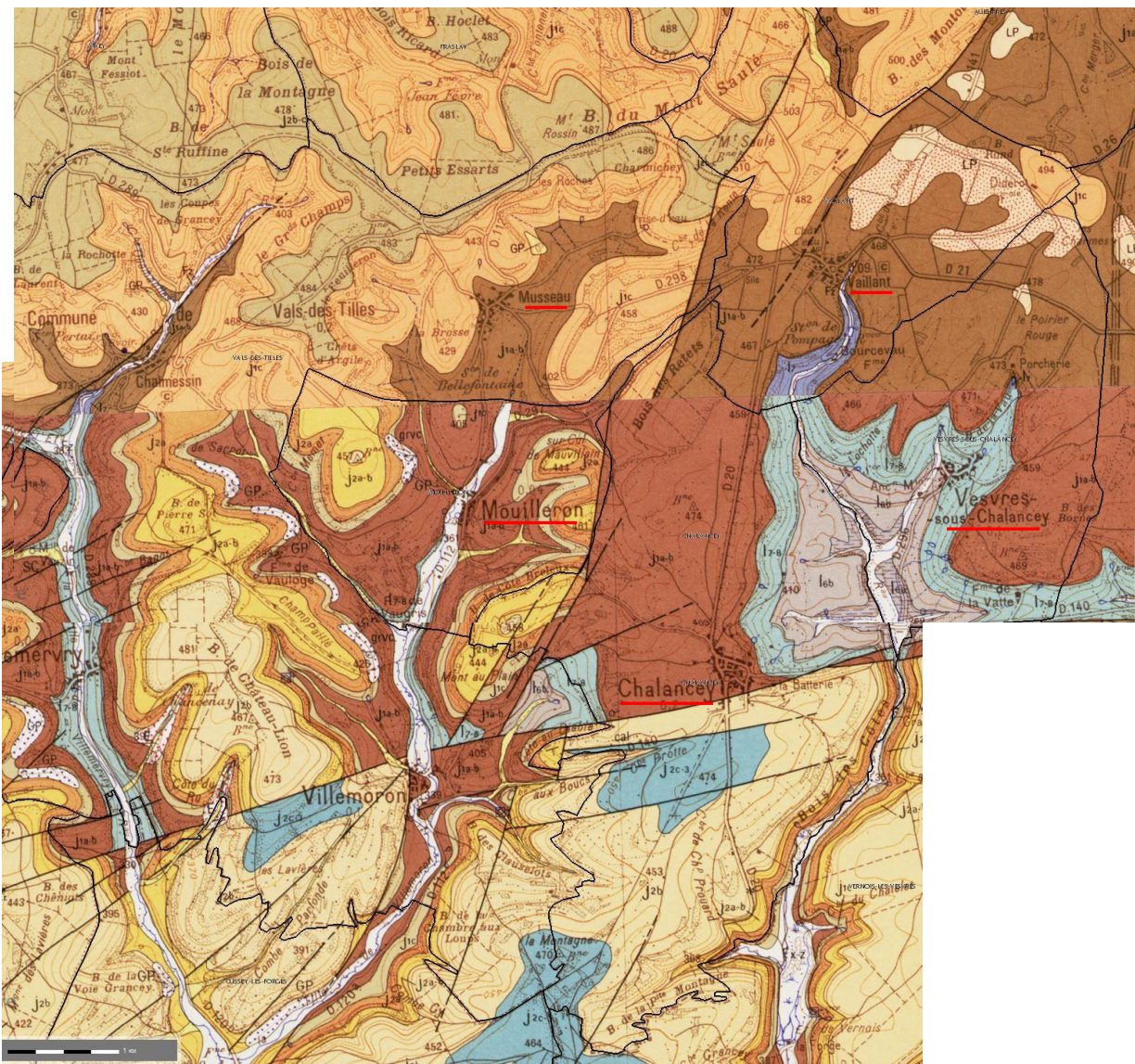
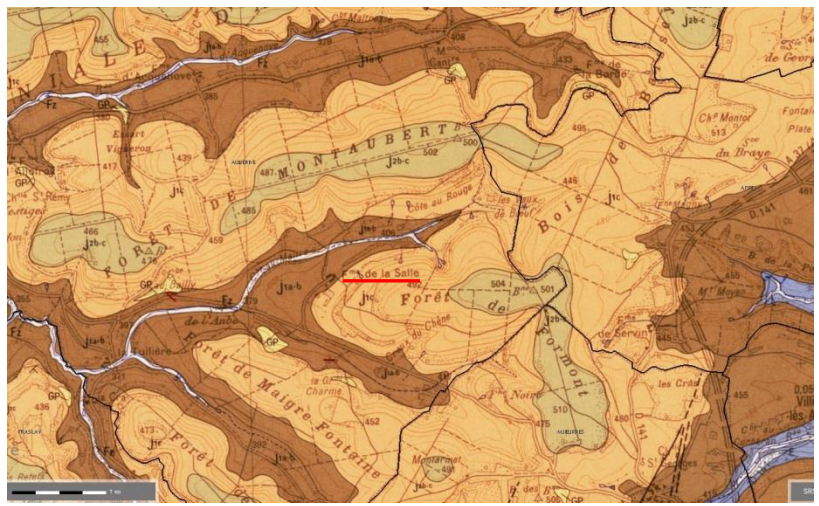


FIGURE 13: EXTRAITS DE LA CARTE GEOLOGIQUE DE LA ZONE D'ETUDE (SOURCE : INFOTERRE DU BRGM)

3.6. PEDOLOGIE

Les différents sols présents sur la zone d'étude sont issus de l'évolution de la roche mère. Cependant, quelle que soit la roche mère parmi celles décrites dans le paragraphe « géologie », tous les sols de la zone d'étude sont identifiés sous le terme de « terres à cailloux ».

C'est pourquoi l'interprétation de la pédologie des parcelles s'est basée sur l'ouvrage « Typologie agronomique : les « terres à cailloux » des plateaux calcaires du Barrois et de Bourgogne » qui a été réalisé en 1988 par Agronomie Action Barrois Bourgogne.

Chaque parcelle a été examinée par la Chambre d'Agriculture de la Haute Marne pour déterminer son type de sol parmi ceux décrits dans cet ouvrage.

Le principal critère de distinction de ces « terres à cailloux » est alors leur réserve hydrique qui constitue le principal facteur limitant de ces sols avant la nature du sous-sol sur lequel ils se sont développés. Cette réserve utile des sols est fonction :

- de la profondeur du sol,
- de la nature et de l'état de la roche mère : roche, laves, cailloutis, ...
- de la charge en cailloux (et donc à l'opposé, de l'importance de la terre fine).

Trois classes ont alors été identifiées :

- Petites Terres à Cailloux (G1) :

Ce sont des sols superficiels, argilo-calcaires, ayant moins de 1900 tonnes de terre fine par hectare avec une faible réserve utile potentielle (15 à 25 mm). Ce sont des sols à bonne portance. Dans le cas d'épandage d'effluents à C/N faible les apports seront réalisés à dose réduite et en dehors des périodes à fort excédent « P-ETP » (Pluviométrie moins Evapo-Transpiration Potentielle) soit entre mi-novembre et mi-janvier.

- Terres à Cailloux (G2) :

Ce sont des sols argilo-calcaires moyennement profonds avec un tonnage de terre fines à l'hectare compris entre 1900 et 2900 t/ha. La réserve utile potentielle est de 25 à 50 mm. Les apports d'effluents à C/N faible peuvent être réalisés à dose moyenne et de préférence en dehors des périodes à « P-ETP » élevé.

- Terres à Cailloux Profondes (G3) :

Ce sont des sols argilo-calcaires profonds dont la charge en cailloux est relativement faible ou compensée par une profondeur importante. La quantité de terre fine (>2900 t/ha) et la réserve utile de ces sols (>50mm) ne constituent plus un élément limitant.

Il n'y a pas de limitation des apports d'un point de vue agronomique pour ce type de sol.

Le listing des parcelles en annexe 1 donne les types de sol de chaque parcelle.

L'annexe 3 donne les résultats des analyses de sol qui ont été réalisées aux points suivants :

Numéro Ilôt	Altitude	Longitude	Latitude
CHAM003	414.2	N 47°42'04,5"	E 5°07'28,1"
CHAM004	475.0	N 47°42'24,6"	E 5°11'07,4"
CHAM016	400.8	N 47°41'25,8"	E 5°05'31,0"
CHAM019	439.5	N 47°41'56,7"	E 5°05'49,8"
CHAM020	394.7	N 47°42'02,7"	E 5°06'25,8"
CHAM022	453.1	N 47°40'58,4"	E 5°06'54,4"
CHAM025	411.6	N 47°42'47,5"	E 5°07'02,8"
CHAM027	453.4	N 47°43'23,5"	E 5°06'50,7"
CHAM046	466.8	N 47°40'06,9"	E 5°07'59,3"
CHAM047	459.6	N 47°40'19,6"	E 5°08'35,1"
CHAM048	398.1	N 47°40'42,4"	E 5°09'05,5"
CHAP019	450.7	N 47°39'13,5"	E 5°07'40,2"
CHAP028	463.2	N 47°41'45,5"	E 5°08'24,6"
STBE021	469.6	N 47°39'17,5"	E 5°07'17,4"
STBE051	394.5	N 47°45'58,5"	E 5°08'19,6"
STBE052	396.9	N 47°45'30,9"	E 5°08'04,7"
THIL004	393.3	N 47°41'21,8"	E 5°06'49,2"
THIL004	458.4	N 47°40'59,1"	E 5°07'56,4"
THIL004	450.5	N 47°41'25,4"	E 5°07'34,4"
THIL042	427.9	N 47°40'15,8"	E 5°09'08,8"

FIGURE 14: LOCALISATION DES ANALYSES DE SOL

4. REGLEMENTATION ET AUTRES TEXTES APPLICABLES

Les épandages de matières organiques sur les terres agricoles sont encadrés par différents textes réglementaires :

- Le Règlement Sanitaire Départemental (RSD)
- La réglementation ICPE
- La directive nitrates
- Le Code des Bonnes Pratiques Agricoles (CBPA)
- Les cahiers des charges des appellations d'origine

4.1. REGLEMENT SANITAIRE DEPARTEMENTAL ET PRESCRIPTIONS ICPE

Le Règlement Sanitaire Départemental (RSD) de la Haute Marne a été défini par l'arrêté préfectoral du 19 avril 1990. Ce RSD précise les règles générales sur l'hygiène et la protection de la santé, visant notamment l'eau potable destinée à la consommation humaine, les déchets, le bruit, les maladies contagieuses, l'alimentation et les prescriptions concernant l'élevage et l'agriculture.

Les règles d'épandage (article 159) selon les dispositions générales du RSD de la Haute Marne imposent une réglementation moins stricte que celle de la réglementation sur les ICPE. Par ailleurs, les dispositions particulières (159-2) ne prévoient pas le cas des digestats issus de la méthanisation. Ainsi nous appliquerons les prescriptions de la réglementation ICPE.

Dans notre cas, la réglementation ICPE qui s'applique est l'annexe I de l'arrêté du 12 août 2010 relatif aux prescriptions générales applicables aux installations classées de méthanisation soumises à enregistrement sous la rubrique n°2781-1. Ainsi, l'épandage de digestat doit respecter les points suivants :

- *« Le digestat épandu a un intérêt pour les sols ou la nutrition des cultures et son application ne porte pas atteinte, directe ou indirecte, à la santé de l'homme et des animaux, à la qualité et à l'état phytosanitaire des cultures ni à la qualité des sols et des milieux aquatiques »*
 - ⇒ C'est ce que nous avons démontré dans la partie 2 et qui sera vérifié par un suivi analytique conforme à l'annexe II de l'arrêté du 12/08/2010 et au règlement UE 142-2011.
- *« L'exploitant tient à la disposition de l'inspection des installations classées les justificatifs des quantités totales d'azote, toutes origines confondues, apportées sur chacune des parcelles du plan d'épandage »*
 - ⇒ Un cahier d'épandage sera tenu et conservé sur le site : cf. partie 6.5
- *« En cas de risque de dépassement des capacités de stockage du digestat, l'exploitant évalue les capacités complémentaires de stockage à mettre en place, décrit les modifications à apporter aux installations et en informe le préfet. A défaut, il identifie les installations de traitement du digestat auxquelles il peut faire appel. »*
 - ⇒ Nous démontrerons l'adéquation des capacités de stockage et des possibilités d'épandage dans la partie 6.3
- Une étude préalable d'épandage et un plan d'épandage doivent être réalisés
 - ⇒ C'est l'objet de la présente étude
- Un programme prévisionnel d'épandage doit être établi annuellement.
 - ⇒ Il sera réalisé chaque année avant les premiers épandages : cf partie 6.5

- « Les apports d'azote, de phosphore et de potassium toutes origines confondues, organique et minérale, sur les terres faisant l'objet d'un épandage, tiennent compte de la rotation des cultures, de la nature particulière des terrains et de leur teneur en éléments fertilisants. Pour l'azote, la fertilisation est équilibrée et correspond aux capacités exportatrices de la culture concernée. La fertilisation azotée organique est interdite sur toutes les légumineuses sauf la luzerne et les prairies d'association graminées/légumineuses. »
 - ⇒ Le principe de calcul de la dose d'épandage est présenté dans la partie 6.1. Ce calcul sera repris chaque année dans le programme prévisionnel d'épandage.
- Un cahier d'épandage doit être tenu.
 - ⇒ Les modalités de la tenue du cahier d'épandage sont présentées dans la partie 6.5
- « Dans les zones vulnérables [...] les dispositions fixées [...] sont applicables »
 - ⇒ Cf. paragraphe 4.2

De plus, les règles d'épandages sont les suivantes ; l'épandage est interdit :

- A moins de 50 m des habitations de tiers, des stades, des campings ou 15 m en cas d'enfouissement direct ;
- A moins de 50 m des points de prélèvements d'eau destinés à l'alimentation humaine ;
- A moins de 200 m des lieux publics de baignade et des plages ;
- A moins de 500 m en amont des piscicultures et des zones conchylicoles ;
- A moins de 35 m des berges des cours d'eau, ou 10 m si une bande de 10 m enherbée ou boisée et ne recevant aucun intrant est implantée de façon permanente en bordure du cours d'eau ;
- Sur les terrains présentant une pente supérieure à 7% dans le cas de digestat liquide sauf s'il est mis en place des dispositifs prévenant tout risque d'écoulement et de ruissellement vers les cours d'eau ;
- Sur les sols pris en masse par le gel ou enneigés ;
- Sur les sols inondés ou détrempés ;
- Sur les sols non utilisés en vue d'une production agricole ;
- Pendant les périodes de forte pluviosité.

⇒ Ces exclusions sont prises en compte dans le plan d'épandage : cf. annexe 1 et 2

Par ailleurs :

- L'épandage (en liquide) est effectué par enfouissement direct, par pendillards ou par un dispositif équivalent permettant de limiter les émissions atmosphériques d'ammoniac ;
- En aucun cas la capacité d'absorption des sols ne doit être dépassée, de telle sorte que ni la stagnation prolongée sur ces sols, ni le ruissellement en dehors du champ d'épandage, ni une percolation rapide vers les nappes souterraines ne puissent se produire. Le volume de digestat liquide épandu doit être adapté à l'état hydrique du sol : il ne doit pas dépasser 500 m³/ha par épandage ni 1500 m³/ha et par an, avec un intervalle d'au moins deux semaines entre deux passages successifs.

4.2. DIRECTIVE NITRATES ET CODE DES BONNES PRATIQUES AGRICOLES

La Directive Nitrates est une directive européenne datant du 12 décembre 1991. Son objectif est de protéger la ressource en eau par rapport à des excès de nitrates. Cette directive a conduit à la définition de zones vulnérables où s'appliquent des règles spécifiques par rapport aux épandages de fertilisants azotés sur les terres agricoles.

Toutes les communes de notre plan d'épandage sont classées en zone vulnérable. Ainsi, l'arrêté relatif au programme d'actions à mettre en œuvre dans les zones vulnérables afin de réduire la pollution des eaux par les nitrates d'origine agricole (le dernier en date étant celui du 19 décembre 2011 modifié) est applicable.

Les programmes d'actions liés à la directive nitrates étant plus strictes que les recommandations du Code des Bonnes Pratiques Agricoles (CBPA) défini par l'arrêté du 22 novembre 1993, nous appliquerons les exigences de la directive nitrates.

Outre l'arrêté du 19 décembre 2011, constituant le programme national, il existe un arrêté préfectoral précisant les prescriptions au niveau départemental. Cet arrêté du 30 juin 2009 n'est applicable que jusqu'au 30 juin 2014 (décret du 28 août 2013) ; nous n'en tiendrons donc pas compte. En revanche nous appliquerons le référentiel régional de mise en œuvre de l'équilibre de la fertilisation azotée pour la Champagne Ardenne (arrêté préfectoral de région du 16 octobre 2013) et les arrêtés du 23 octobre 2013. Nous appliquerons le futur programme régional prévu à l'article R211-80 du Code de l'Environnement lorsqu'il sera défini.

Les digestats produits par l'installation de méthanisation entrent dans deux catégories différentes :

- Le digestat solide est un fertilisant de type I, à C/N supérieur à 8 ;
- Le digestat liquide est un fertilisant de type II, à C/N inférieur à 8.

Les périodes où l'épandage est inapproprié pour chacun de ces digestats sont les suivantes (en rouge sur le schéma) :

TYPE I (C/N>8) fumiers compacts pailleux et composts	Janv	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec
Sols non Cultivés												
Grandes cultures d'automne sauf colza												
Colza implanté à l'automne												
Grandes cultures de printemps sans CIPAN/dérobée												
Grandes cultures de printemps avec CIPAN/dérobée												
CIPAN ou cultures dérobées												
Prairies > 6 mois non pâturées												
Autres cultures (pérennes, maraîchères, porte-graines)												

TYPE II (C/N<8)	Janv	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec
Sols non Cultivés												
Grandes cultures d'automne sauf colza												
Colza implanté à l'automne												
Grandes cultures de printemps sans CIPAN/dérobée												
Grandes cultures de printemps avec CIPAN/dérobée												
CIPAN ou cultures dérobées												
Prairies > 6 mois non pâturées												
Autres cultures (pérennes, maraîchères, porte-graines)												

Hachures rouges : Date de début d'interdiction = 20 jours avant destruction de la CIPAN ou récolte de la culture dérobée.

Date de fin d'interdiction en été: 15 jours avant l'implantation de la CIPAN/dérobée.

Les prairies installées depuis moins de six mois entrent dans la catégorie des grandes cultures d'automne

FIGURE 15: PERIODES D'EPANDAGE INAPPROPRIE (EN ROUGE) POUR LES DEUX TYPES DE FERTILISANTS ORGANIQUES

Par ailleurs, pour la culture du Maïs, la période d'interdiction d'épandage avant son implantation est prolongée jusqu'au 15 février (au lieu du 1^{er} février pour les autres cultures de printemps). Pour les prairies de plus de 6 mois, la période d'interdiction est prolongée jusqu'au 31 janvier (au lieu du 15 janvier).

Outre ces périodes d'interdiction d'épandage, la dose de fertilisants épandus est limitée en se fondant sur l'équilibre entre les besoins prévisibles en azote des cultures et les apports et sources d'azote de toute nature (cf. partie 6.1). Dans tous les cas, la quantité maximale d'azote contenu dans les effluents pouvant être épandue annuellement ne pourra excéder 170 kg par hectare de surface agricole utile. Ces limitations de doses sont validées dans la partie 6.2.

4.3. APPELLATIONS D'ORIGINE

Les exploitations qui épandront les digestats de l'installation de méthanisation sont concernées par les Appellations d'Origine Contrôlées (AOC) Epoisses et Langres. Les règles de production de ces AOC sont définies dans leur cahier des charges respectif.

Dans ces deux cahiers des charges, la seule restriction qui concerne les épandages de digestat est le délai minimal de 30 jours à respecter entre l'épandage d'une prairie (en fauche, pâturage ou ensilage) et son exploitation. Ce délai ne s'applique pas lorsque le digestat est composté.

5. PRESENTATION DU PLAN D'EPANDAGE

La Chambre d'Agriculture de la Haute-Marne a compilé les informations sur les prescriptions réglementaires, la pédologie et l'environnement des parcelles pour établir le plan d'épandage des digestats.

Le pouvoir épurateur du sol est principalement dépendant de la profondeur de ces sols : les sols profonds auront une meilleure aptitude à l'épandage. Ainsi la classe d'aptitude à l'épandage de la parcelle sera surtout dépendante de sa nature de sol G1, G2 ou G3. Mais d'autres critères ont été pris en compte, ils sont précisés dans le descriptif des classes d'aptitude.

La Chambre d'Agriculture de la Haute-Marne a ainsi déterminé l'aptitude des sols à l'épandage en trois classes :

- Aptitude 0 : l'épandage n'est possible que durant 0 à 5 mois dans l'année ;
- Aptitude 1 : sols dont l'aptitude à l'épandage est moyen pour l'effluent considéré en raison d'une faible portance ou de risque de lessivage dans les périodes à fort excédent « P-ETP » ou de sol à hydromorphie de 2 à 6 mois dans l'année ;
- Aptitude 2 : sols dont l'aptitude est bonne toute l'année. L'épandage est possible 8 à 12 mois dans l'année hormis les interdictions réglementaires.

Les exclusions liées à la réglementation présentées dans le paragraphe 4.1 ont été prises en compte.

Le plan d'épandage ainsi obtenu est donné en annexes 2. Il représente pour chacune des parcelles, les limites géographiques ainsi que les exclusions réglementaires.

L'annexe 1 donne la liste des parcelles avec notamment :

- Leur numéro d'îlot : les 4 lettres indiquent le nom de l'exploitation agricole et les chiffres indiquent le numéro d'îlot PAC de la parcelle,
- Leur surface agricole utile,
- leur assolement,
- leurs surfaces potentiellement épandables,
- l'aptitude à l'épandage.

Cet annexe précise également les aptitudes des sols à l'épandage des fumiers et lisiers. En effet, les agriculteurs utilisateurs de digestat pourront consulter ce plan d'épandage pour l'ensemble des effluents qu'ils ont à épandre.

961,57 ha de surface agricole utile ont été étudiés constitués de 902.50 ha de terres labourables et 59.07 ha de prairies permanentes.

47.12 ha ont été exclus en raison d'interdictions réglementaires que sont les distances aux cours d'eau, aux points d'eau et aux habitations ainsi que les terrains en forte pente.

La surface potentiellement épandable s'élève alors à 914.45 ha.

Notons que la surface épandable pour les épandages de fumier et lisier est légèrement différente de celle du digestat. En effet, dans le cas de l'épandage de digestat, la distance d'exclusion est de 50m autour des maisons contre 100m dans le cas des lisiers.

Remarque concernant les parcelles du GAEC de la Chapelotte, CHAP 002 et CHAP 003 :

Selon l'article 10 de l'arrêté préfectoral n°198 du 12 février 2013 portant prescriptions spéciales d'une ICPE exploitée par le GAEC de la Chapelotte :

Article 10 : Mesures conservatoires sur les îlots 2,3 et 27 par rapport au captage AEP de la commune de Chalancey :

- Stockage de matière organique interdit (fumier, compost, boue d'assainissement, fertilisant organique normalisé, ...).
- Drainage interdit.
- Matières organiques autorisées à l'épandage : fumier compact bien évolué, compost et fertilisant organique normalisé. Tout autre produit organique est interdit à l'épandage.
- La fertilisation azotée (organique et minérale) doit être limitée à 145 unités par hectare et par an.

Les parcelles CHAP 002 et 003 ne peuvent être épandues par du digestat liquide ou solide car ces digestats ne peuvent être considérés, selon la DDCSPP52, comme du fumier ou du compost et ne sont pas normalisés.

Par conséquent, seul pourra être épandu sur les parcelles CHAP002 et CHAP003 le compost issu du compostage du digestat solide. Ces épandages devront également se faire sans stockage préalable sur la parcelle et avec un apport en azote total limité à 145 unités par hectare et par an.

6. ORGANISATION DES EPANDAGES

6.1. CALCUL DE LA DOSE D'EPANDAGE

6.1.1. PRINCIPE

La dose d'épandage doit être calculée de façon à ce que la fertilisation azotée soit équilibrée et corresponde aux capacités exportatrices de la culture concernée.

Pour cela, nous nous baserons sur le référentiel régional de mise en œuvre de l'équilibre de la fertilisation azotée pour la Champagne Ardenne qui a été défini par l'arrêté préfectoral du 16 octobre 2013 en application du programme d'actions à mettre en œuvre dans les zones vulnérables afin de réduire la pollution des eaux par les nitrates d'origine agricole. Ce référentiel est joint en annexe 5.

Le référentiel régional indique que selon la nature des sols rencontrés deux méthodes peuvent être utilisées : la méthode du bilan additif (BA) ou celle du bilan avec coefficient apparent d'utilisation (CAU). L'annexe 1 du référentiel régional nous indique que la méthode du CAU est préconisée sur les sols de type G1, G2 et G3 qui nous concernent. Toutefois, sur les sols de type G3 il est également possible d'utiliser la méthode du BA.

Les paragraphes suivants donnent le principe de calcul des doses d'épandage par la méthode du CAU qui sera a priori utilisée dans le cadre des programmes prévisionnels d'épandage. Toutefois, si les agriculteurs pratiquent la méthode du BA, nous pourrions l'utiliser pour s'adapter au mieux aux usages des agriculteurs et faciliter la prise en compte des apports de digestats dans leur fertilisation azotée.

6.1.2. METHODE DU CAU

Dans la méthode avec Coefficient Apparent d'Utilisation (CAU), l'ensemble des fournitures d'azote par le sol est estimée par un terme générique P0 et la dose d'azote X est calculée selon la formule suivante :

$$Pf = P0 + (X + Xa) \times CAU$$

$$\text{soit dose } X = (Pf - P0)/CAU - Xa$$

dans laquelle :

- Pf : Quantité d'azote absorbé par la culture à la fermeture du bilan (= besoin de la culture par hectare)
- P0 : estimation globale des fournitures d'azote par le sol donnée par un référentiel témoin
- CAU : coefficient apparent d'utilisation de l'azote de l'engrais minéral de synthèse. Il est exprimé en pourcentage
- Xa : Contribution des apports de matière organique, exprimée en valeur équivalente d'engrais minéral efficace

Les valeurs de Pf en fonction des cultures sont définies dans le référentiel régional (cf. annexe 5).

L'azote total à apporter aux cultures est ainsi de $(Pf - P0)/CAU = X + Xa$

Les fournitures d'azote par les épandages de digestats (X_a) viennent donc en complément ou en remplacement des apports d'azote minéral (X). X_a est calculé de la façon suivante :

$$X_a = N_{pro} \times Q \times Keq$$

avec N_{pro} : la teneur en azote totale du digestat en kgN par t ou par m³ ;
 Q : la dose d'épandage en t ou en m³/ha ;
 Keq : le coefficient d'équivalence en engrais minéral efficace du digestat

Au moment de l'élaboration du programme prévisionnel d'épandage, la dose d'épandage de digestat est ainsi calculée de la façon suivante :

$$Q = ((P_f - P_0) / CAU - X) / (N_{pro} \times Keq)$$

En pratique, les doses d'épandage des digestats devront être calculées pour chaque campagne d'épandage en fonction de la culture, du type de sol et des apports d'azote minéral prévus ou déjà réalisés. Dans les paragraphes suivants nous illustrons cette méthode de calcul par trois exemples.

6.1.3. EXEMPLE D'UN BLE TENDRE

Prenons l'exemple d'une culture de blé tendre de la variété Uski sur un sol superficiel de type G2 dont l'objectif de rendement est de 65 qx/ha.

Selon l'annexe 3 du référentiel, le P_0 est de 60 et le CAU de 0,85.

On souhaite épandre au printemps du digestat liquide dont la teneur en azote totale est de 5,6 kg/m³ et qui possède un keq de 0,60.

Les besoins de la culture sont de $P_f = 65 \times 3 = 195$ kgN/ha

Si l'on a déjà apporté 50 kgN/ha d'engrais minéral liquide à la culture, la fourniture d'azote par le digestat liquide devra être de $X_a = (195 - 60) / 0.85 - 50 = 109$ kgN/ha

La dose d'épandage à pratiquer est donc la suivante :

$$Q = 109 / (5.6 \times 0.60) = 32,4 \text{ m}^3/\text{ha}$$

6.1.4. EXEMPLE D'UN MAÏS

Prenons l'exemple d'une culture de maïs ensilage sur un sol profond de type G3 dont l'objectif de rendement est de 10 tMS/ha.

Selon l'annexe 3 du référentiel, le P_0 est de 120 et le CAU de 0,60.

On souhaite épandre au printemps du digestat solide dont la teneur en azote totale est de 5,7 kg/t et qui possède un keq de 0,10. On ne prévoit pas de fertilisation par engrais chimique.

Les besoins de la culture sont de $P_f = 10 \times 14 = 140$ kgN/ha

La fourniture d'azote par le digestat solide devra être de :

$$X_a = (140 - 120) / 0.60 = 33.3 \text{ kgN/ha}$$

La dose d'épandage à pratiquer est donc la suivante :

$$Q = 33.3 / (5.7 * 0.10) = 58.5 \text{ t/ha}$$

6.1.5. EXEMPLE D'UNE PRAIRIE

Conformément à l'annexe 4 du référentiel régional, c'est le principe d'une dose plafond qui est appliqué pour les prairies.

Si l'on se trouve dans le cas d'une prairie fauchée en 1^{ère} utilisation puis pâturée, la dose totale d'azote minérale sera au maximum de 80 kgN/ha.

En ne réalisant aucun apport d'engrais minéral, on aura alors $X_a = 80 \text{ kgN/ha}$.

Avec un épandage de digestat liquide à 5,6 kgN/m³ et qui possède un keq de 0,60 on pourra appliquer une dose d'épandage de :

$$Q = 80 / (5.6 \times 0,60) = 23,8 \text{ m}^3/\text{ha}.$$

6.2. ADEQUATION DOSE/SURFACE

6.2.1. SUR LA GLOBALITE DU PROJET

La surface agricole utile (SAU) présentée dans le plan d'épandage est de 961,57 ha et la surface potentiellement épandable est de 914,45 ha (en incluant les 38,97 ha épandables des parcelles CHAP002 et CHAP003).

La production totale de digestats est de 12 733 tonnes par an (1877 t de digestat solide et 10856 t de digestat liquide). On dispose d'une surface épandable de 914,45 ha, cela correspond à une dose moyenne théorique de 13,9 t/ha. Si l'on considère une dose d'épandage de 30 t/ha, on a un temps de retour moyen sur parcelle de 2.1 ans ; autrement dit, les épandages de digestat pourront avoir lieu tous les 2 ans en moyenne.

Globalement, la surface du plan d'épandage est donc en adéquation avec la quantité de digestat à épandre et les contraintes identifiées. Le paragraphe suivant va nous permettre de vérifier que c'est également le cas à l'échelle de chaque exploitation.

6.2.2. A L'ECHELLE DE CHAQUE EXPLOITATION

Selon leur plan d'épandage ou leur dexel le plus récent, la production d'azote organique totale de chaque exploitation agricole est la suivante :

Exploitation agricole	Azote organique produit (en kg d'azote)
GAEC du Champet	21895
GAEC de la Chapelotte	21355
GAEC du Thillot	27995
GAEC du St Bernard (Villemoron)	32710
GAEC du St Bernard (Lasalle)	33140

FIGURE 16: AZOTE ORGANIQUE TOTAL PRODUIT PAR CHAQUE EXPLOITATION

Parmi cette production d'azote, les exploitations agricoles vont exportées vers l'unité de méthanisation de CMV Biogaz, les quantités de fumier et lisier suivantes :

	Lisier exporté en tonnes par an	Fumier mou exporté en tonnes par an	Fumier compact exporté en tonnes par an
GAEC du Champet		1800	1107
GAEC de la Chapelotte		600	1827
GAEC du Thillot	2160		1384
GAEC du St Bernard		2978	400

FIGURE 17: EXPORTATIONS D'EFFLUENTS DES EXPLOITATIONS AGRICOLES

Les teneurs en azote des lisier, fumier mou et fumier compact sont respectivement de 5,0 uN/tonne, 5.1 uN/tonne et 5,8 uN/tonne.

L'exportation d'azote organique total des exploitations agricoles est donc de :

	Exportation lisier en kgN par an	Exportation fumier mou en kgN par an	Exportation fumier compact en kgN par an
GAEC du Champet		9180	6421
GAEC de la Chapelotte		3060	10597
GAEC du Thillot	10800		8027
GAEC du St Bernard		15186	2320

FIGURE 18: EXPORTATIONS D'AZOTE ORGANIQUE DES EXPLOITATIONS AGRICOLES

En contrepartie de ces exportations, les exploitations agricoles obtiennent en retour les digestats issus de la méthanisation.

La teneur totale en azote de ces digestats est de 71128 kgN/an. On considère que chaque GAEC aura un quart de cette production soit 17782 kgN/an.

Le bilan de l'azote organique pour chaque exploitation agricole est alors le suivant :

En kgN/an	Production d'azote organique	Exportations vers la méthanisation	Importation de digestat	Azote organique Bilan
GAEC du Champet	21895	15601	17782	24076
GAEC de la Chapelotte	21355	13657	17782	25480
GAEC du Thillot	27995	18827	17782	26950
GAEC du St Bernard	65850	17506	17782	66126
TOTAL	137095	65591	71128	142632

FIGURE 19: BILAN D'AZOTE ORGANIQUE DE CHAQUE EXPLOITATION

Ainsi, la production d'azote organique total (maitrisable et non maitrisable) à apporter sur les parcelles des exploitations est de 142 632 kg.

	Azote organique total	SAU totale des exploitations	Azote organique total / SAU	SPE totale des exploitations	Azote organique total / SPE
GAEC du Champet	24076	467.28	51.5	427.39	56.3
GAEC de la Chapelotte	25480	336.30	75.8	287.60	88.6
GAEC du Thillot	26950	605.35	44.5	523.47	51.5
GAEC du St Bernard	66126	787.33	84.0	675.52	97.9
TOTAL	142622	2196.26	60.9	1913.98	74.5

FIGURE 20: RATIOS D'AZOTE ORGANIQUE SUR SAU ET SUR SPE A L'ECHELLE DE CHAQUE EXPLOITATION

On constate que la quantité d'azote contenu dans les effluents pouvant être épandus annuellement par hectare de surface agricole utile est inférieur à 170 kgN/ha. Nous sommes donc conformes à la directive nitrates.

Si l'on réalise ce ratio en prenant la surface potentiellement épandable totale des exploitations, nous sommes également en dessous des 170 kgN/ha.

Si l'on ne considère que les surfaces concernées par ce plan d'épandage de digestats, on obtient les ratios suivants :

	Azote organique des digestats	SAU de ce plan d'épandage	Azote organique / SAU	SPE de ce plan d'épandage	Azote organique / SPE
GAEC du Champet	17782	318.08	55.9	307.97	57.7
GAEC de la Chapelotte	17782	140.34	126.7	136.44	130.3
GAEC du Thillot	17782	260.73	68.2	242.53	73.3
GAEC du St Bernard	17782	242.42	73.4	227.51	78.2
TOTAL	71128	961.57	74.0	914.45	77.8

FIGURE 21: RATIOS D'AZOTE ORGANIQUE SUR SAU ET SUR SPE A L'ECHELLE DU PLAN D'EPANDAGE

Ce plan d'épandage est suffisamment dimensionné pour l'épandage des digestats sur les surfaces prévues. De plus, il laisse de la marge de manœuvre pour les exploitants agricoles qui voudraient en plus de l'épandage de digestats mettre des bêtes au pâturage ou épandre du fumier ou du lisier qu'ils conservent (sans passer par la méthanisation).

En conclusion, nous avons une adéquation entre le dimensionnement de ce plan d'épandage et les quantités d'effluents à épandre sur ce plan d'épandage. Nous avons également validé la possibilité de chacune des exploitations de gérer tous ses effluents agricoles sur sa surface totale.

6.3. CAPACITE DE STOCKAGE

6.3.1. DIGESTAT LIQUIDE

Le digestat liquide pourra être épandu judicieusement au moment où les cultures sont en pleine croissance. Nous favoriserons les épandages à la reprise de croissance :

- sur prairies en février/mars,
- sur les céréales d'automne au semis ou en deux apports en mars et mai,
- sur colza avant le semis ou en automne.

Au besoin, on pourra envisager des épandages sur prairie en fin d'automne.

Le tableau suivant donne une proposition de calendrier d'épandage avec en parallèle la production et l'état du stock de digestat liquide :

Mois	Stock en début de mois (en m3)	Production du mois (en m3)	Epanrages				Stock en fin de mois (en m3)
			Culture	Surface (en ha)	Dose (en m3/ha)	Quantité globale (en m3)	
Janvier	2434	1131					3565
Février	3565	1120	Prairie	25	20	500	4185
Mars	4185	1109	Blé/Orge	150	15	2250	3044
Avril	3044	899				0	3943
Mai	3943	717	Blé/Orge	150	15	2250	2410
Juin	2410	711				0	3121
Juillet	3121	709	Colza	128	30	3830	0
Août	0	712				0	712
Septembre	712	719	Blé/Orge	95	15	1425	6
Octobre	6	776	Colza	40	15	600	182
Novembre	182	1120	Prairie		20	0	1302
Décembre	1302	1132				0	2434
TOTAL		10855		588		10855	

FIGURE 22: EXEMPLE DE CALENDRIER D'EPANDAGE DE DIGESTAT LIQUIDE

On constate que selon ce calendrier d'épandage, le niveau maximum de stock atteint est de 4185 m³ alors que la capacité de stockage mise en place est de 6511 m³.

La capacité de stockage mise en place est donc largement suffisante, elle présente une marge de sécurité confortable.

6.3.2. DIGESTAT SOLIDE

Le digestat solide sera lui mieux valorisé avant les semis. Nous privilégierons les semis de maïs et de céréales d'hiver ainsi que des épandages sur prairie à la sortie de l'hiver.

Le compost de digestat solide sera géré de la même manière, le calendrier proposé concerne donc indifféremment le digestat solide ou le compost de digestat solide.

Le tableau suivant donne une proposition de calendrier d'épandage avec en parallèle la production et l'état du stock de digestat solide :

Mois	Stock en début de mois (en t)	Production du mois (en t)	Epanrages				Stock en fin de mois (en t)
			Culture	Surface (en ha)	Dose (en t/ha)	Quantité globale (en t)	
Janvier	382	191					573
Février	573	191	Prairie	5	30	150	614
Mars	614	191	Maïs	9	50	450	355
Avril	355	156	Maïs	10	50	500	11
Mai	11	127				0	138
Juin	138	127				0	265
Juillet	265	127				0	392
Août	392	127				0	519
Septembre	519	127				0	646
Octobre	646	133	Blé/Orge	26	30	779	0
Novembre	0	191				0	191
Décembre	191	191				0	382
TOTAL		1879		50		1879	

FIGURE 23: EXEMPLE DE CALENDRIER D'EPANDAGE DE DIGESTAT SOLIDE OU DE COMPOST DE DIGESTAT SOLIDE

On constate que selon ce calendrier d'épandage, le niveau maximum de stock atteint est de 614 t alors que la capacité de stockage mise en place est de 764 t. Notons que la surface épandue sur prairie en sortie d'hiver peut être augmentée pour améliorer la marge de sécurité sur la capacité de stockage de digestat solide.

La capacité de stockage mise en place est donc suffisante, elle présente une marge de sécurité de 24%.

6.4.ORGANISATION LOGISTIQUE

Le digestat liquide, stocké dans les cuves dédiées, sera pompé et transporté par une tonne à lisier qui réalisera les épandages. Conformément à la réglementation, l'épandage sera effectué par enfouissement direct, par pendillards ou par un dispositif équivalent permettant de limiter les émissions atmosphériques d'ammoniac.



FIGURE 24: EXEMPLE DE CHANTIER D'EPANDAGE PAR TONNE A LISIER AVEC PENDILLARDS

Notons que le digestat liquide sortant de l'installation de méthanisation sera comptabilisé par l'enregistrement du nombre de voyages de tonne à lisier réalisés et le volume de celle-ci. Ce registre servira au suivi des épandages.

Le digestat solide est produit au niveau du séparateur de phase et stocké sur le site de l'installation de méthanisation. Il peut également être composté.

Son transport depuis le stockage pourra être effectué :

- Soit au moyen d'une remorque agricole pour être dépoté en bord de parcelle et repris pour être chargé dans un épandeur à fumier ;
- Soit il est directement chargé et transporté par l'épandeur à fumier.



FIGURE 25: EXEMPLE DE REMORQUE AGRICOLE

Les épandages auront lieu au moyen des épandeurs à fumier classiques dont disposent déjà les exploitants agricoles (épandeurs à hérissons verticaux).

La même logistique sera mise en place pour le compost de digestat solide.

Notons que le digestat solide et le compost sortant de l'installation de méthanisation seront systématiquement pesés pour assurer le suivi des épandages.



FIGURE 26: EXEMPLE DE CHANTIER D'EPANDAGE DE DIGESTAT SOLIDE

6.5.SUIVI DES EPANDAGES

Le suivi des épandages sera assuré par la conservation des résultats d'analyse des digestats et de sols, la réalisation du programme prévisionnel d'épandage ainsi que par la tenue du cahier d'épandage.

Le programme prévisionnel d'épandage est réalisé chaque année au moins un mois avant le début des épandages. Il comprend :

- la liste des parcelles prévues à l'épandage avec la nature de la culture précédente et suivante ainsi que la période d'interculture ;
- la caractérisation des digestats ;
- le calcul de la dose d'épandage pour chaque parcelle ou groupe de parcelles ;
- le calendrier des épandages ;
- l'identification des personnes intervenant dans la réalisation des épandages.

Le transport et l'épandage des digestats seront assurés par les exploitants agricoles du plan d'épandage.

Le cahier d'épandage de l'unité de méthanisation est complété quotidiennement lors des périodes d'épandage et il comprend :

- les parcelles épandues ;
- les surfaces épandues ;
- la date d'épandage et les conditions météo ;
- la nature des cultures ;
- les tonnages et la nature des digestats épandues ;
- les quantités d'azote global épandues toutes origines confondues ;
- l'identification des personnes chargées des opérations d'épandage ;
- les résultats des analyses de sols et de digestats.

Par ailleurs, chaque fin de semaine d'épandage, un bordereau est cosigné par l'exploitant agricole et un représentant de CMV Biogaz comportant l'identification des parcelles réceptrices, les volumes et la nature de digestat épandu ainsi que l'azote global épandu. Ce bordereau est joint au cahier d'épandage.

ANNEXE 1 : LISTE DES PARCELLES DU PLAN D'EPANDAGE

ANNEXE 2 : PLAN D'EPANDAGE

ANNEXE 3 : RESULTATS DES ANALYSES DE SOL

ANNEXE 4 : CONVENTIONS D'EPANDAGE

ANNEXE 5 : ARRETE PREFECTORAL DU 16 OCTOBRE 2013
DEFINISSANT LE REFERENTIEL REGIONAL DE MISE EN ŒUVRE
DE L'EQUILIBRE DE LA FERTILISATION AZOTEE POUR LA
CHAMPAGNE ARDENNE
