



PLAN D'EPANDAGE

SAS PUISAYE BIOENERGIES

RAPPORT FINAL

Conseiller en charge de l'étude

Sébastien BARON

Responsable Equipe Grandes Cultures – Fourrages

Version 2 du 12 avril 2022

CHAMBRE D'AGRICULTURE DU LOIRET
REPUBLIQUE FRANÇAISE
Etablissement public
Loi du 31/01/1924
Siret 184 500 031 000 28
APE 9411Z

www.loiret.chambagri.fr

TABLE DES MATIERES

Table des matières	2
Liste des figures.....	4
Liste des tableaux.....	5
1. Généralités et objet du présent dossier	7
1.1. Coordonnées du pétitionnaire	7
1.2. Présentation du projet	7
1.3. Commercialisation du digestat.....	10
1.4. Liste des exploitations appartenant au projet	11
2. La présentation du plan d'épandage	11
2.1. La valorisation agronomique des effluents.....	11
2.2. La méthodologie.....	12
2.3. L'azote et ses formes.....	13
3. Contexte environnemental	14
3.1. Cadre géographique et géomorphologique	14
3.1.1. Localisation géographique.....	14
3.1.2. Milieu naturel	17
3.1.3. Topographie	18
3.2. Axe routier.....	18
3.3. Contexte climatologique	19
3.4. Contexte Géologique.....	21
3.4.1. Contexte général	21
3.4.2. Contexte local.....	24
3.5. Hydrogéologie	26
3.5.1. Description des complexes aquifères.....	26
3.5.2. Eau potable.....	29
3.6. Contexte hydrographique	32
3.6.1. Hydrographie.....	32
3.6.2. Hydrologie	34
3.7. Conformité aux SDAGE.....	34
3.7.1. Généralités	34
3.7.2. SDAGE SEINE NORMANDIE 2009-2015	35

3.7.3. SDAGE LOIRE BRETAGNE 2016-2021	36
3.8. Conformité aux SAGE	36
3.9. Zones de protection environnementales	37
3.9.1. Natura 2000	37
3.9.2. ZNIEFF	40
3.9.3. Synthèse	44
3.10. Zones vulnérables.....	44
4. Les sols	44
4.1. Généralités	44
4.2. Descriptions des sols	45
5. Aptitudes à l'épandage	47
5.1. Généralités sur le pouvoir épurateur des sols	47
5.2. Tableaux de synthèse des aptitudes des sols à l'épandage	48
5.3. Analyses de sols.....	49
5.3.1. La granulométrie	52
5.3.2. Le pH.....	52
5.3.3. La Matière Organique.....	53
5.3.4. Eléments majeurs	53
5.3.5. Eléments traces métalliques	54
5.4. Distances et conditions d'épandage	54
5.5. Modalités de stockage et matériel d'épandage.....	55
5.5.1. Stockage du digestat liquide	55
5.5.2. Stockage du digestat solide	56
5.5.3. Épandage du digestat liquide	56
5.5.4. Épandage du digestat solide.....	57
6. Assolements pratiqués.....	57
7. Modalités et doses d'apport	59
7.1. Période d'épandage	59
7.2. Doses d'apports.....	62
8. Autres apports organiques.....	66
9. Bilans globaux des apports organiques à l'exploitation.....	67
10. Suivi des épandages et enregistrement.....	68
11. Analyse de l'incidence de l'épandage Et mesures prises pour les limiter	70
11.1. Incidence du trafic routier.....	70
11.1.1. Risques.....	70

11.1.2.	Sur les principaux axes routiers.....	71
11.1.3.	Sur les communes traversées.....	73
11.1.4.	Effets cumulés	74
11.2.	Incidences sur la ressource en eau.....	75
11.2.1.	Eaux souterraines	75
11.2.2.	Eaux superficielles	75
11.3.	Incidences sur l'environnement naturel	75
11.3.1.	Natura 2000.....	75
11.3.2.	ZNIEFF	76
11.4.	Les risques liés aux apports de minéraux.....	76
11.4.1.	Les nitrates	76
11.4.2.	Le phosphore.....	78
11.5.	Incidence sur les populations et le personnel.....	81
11.5.1.	Le bruit et les odeurs.....	81
11.5.2.	Les risques sanitaires.....	82
12.	Conclusion.....	89
	Annexes	90

LISTE DES FIGURES

Figure 1 :	Effet du digestat sur les cycles de carbone et d'azote, tiré de A. Askri (2015).	13
Figure 2 :	Localisation générale de la zone d'étude (en rouge)	14
Figure 3 :	Localisation de la zone d'étude	16
Figure 4 :	Régions naturelles administratives du département du Loiret (Source : Chambre d'Agriculture du Loiret)	17
Figure 5 :	Répartition des précipitations sur le département du Loiret.....	19
Figure 6 :	Histogrammes des températures et des précipitations à à Bonny sur Loire (Météo France).....	21
Figure 7 :	Formations géologiques du secteur d'étude	23
Figure 8 :	log du modèle régional au droit du projet	27
Figure 9 :	Piézométrie du système aquifère de la Craie du Crétacé du Bassin Parisien – 2011 (Source : BRGM)	28
Figure 10 :	Piézométrie forage BSS001DYTV situé à Ouzouer sur Trézée (Source : ADES).....	28
Figure 11 :	Carte des périmètres de protection de l'Yonne (ARS 89).....	30
Figure 12 :	Plan de situation des parcelles et des périmètres de protection (ARS 45)	31

Figure 13 : Cours d'eau.....	33
Figure 14 : Localisation du plan d'épandage par rapport aux SDAGE.....	35
Figure 15 : Natura 2000.....	39
Figure 16 : ZNIEFF.....	43
Figure 17 : Carte des points de prélèvements.....	51
Figure 18 : Pendillards.....	56
Figure 19 : Epandeur à table.....	57
Figure 20 : Assolement sur les exploitations.....	58
Figure 21 : Flux de matières par mois et nombre de rotation par jour.....	71
Figure 22 : Principaux axes de communication.....	72
Figure 23 : Focus sur les principales communes traversées (échelle : 1/10 000).....	74
Figure 24 : Effets de la fertilisation sur le vers de terre.....	77
Figure 25 : Effet du travail du sol (Source : Arvalis).....	79
Figure 26: Effet de la fertilisation sur les vers de terre.....	80
Figure 27 : Interactions biomasse microbienne et lombricienne.....	80

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Gisement des matières entrantes.....	8
Tableau 2 : Caractéristiques des digestats liquides.....	9
Tableau 3 : Caractéristiques des digestats solides.....	9
Tableau 4 : Localisation des parcelles d'épandage.....	15
Tableau 5 : Principales données climatiques et bilan de l'eau dans les sols.....	20
Tableau 6 : Recensement des masses d'eau sur les communes d'épandage.....	32
Tableau 7 : Données hydrologiques des principaux cours d'eau du secteur (Source : Banque Hydro).....	34
Tableau 8 : Recensement des zones Natura 2000.....	37
Tableau 9 : Recensement des ZNIEFF.....	40
Tableau 10 : Echelle d'aptitude à l'épandage.....	45
Tableau 11 : Aptitudes à l'épandage des UCS des RRP.....	48
Tableau 12 : Aptitudes des sols à l'épandage.....	49
Tableau 13: Echelle d'aptitude à l'épandage.....	49
Tableau 14 : Points de prélèvement des analyses de sols.....	50
Tableau 15 : Texture générale des sols des parcelles d'épandage (granulométrie).....	52

Tableau 16 : pH général des sols des parcelles d'épandage	52
Tableau 17 : Matière organique dans les sols des parcelles d'épandage	53
Tableau 18 : Eléments majeurs dans les sols des parcelles d'épandage.....	53
Tableau 19 : Eléments traces métalliques (ETM)	54
Tableau 20 : Distances et délais minima de réalisation des épandages.....	54
Tableau 21 : Assolement sur les exploitations	57
Tableau 22 : calendrier d'épandage	61
Tableau 23 : Doses réglementaires et doses conseillées à l'automne pour le digestat solide	62
Tableau 24 : Doses réglementaires et doses conseillées à l'automne pour le digestat liquide	63
Tableau 25 : Exportation des cultures	64
Tableau 26 : Doses conseillées au printemps pour le digestat solide	64
Tableau 27 : Doses conseillées au printemps pour le digestat liquide	65
Tableau 28 : Apports azotés, phosphorés, potassiques	67
Tableau 29 : Trafic routier	73
Tableau 30 : Trafic routier au niveau des communes	73
Tableau 31 : Essai au lycée agricole du Chesnoy	81
Tableau 32 : Effets du niveau de concentration de l'ammoniac sur l'homme	82
Tableau 33 : Recommandations concernant les teneurs atmosphériques en ammoniac selon la durée d'exposition.....	83
Tableau 34 : Paramètres permettant la réduction des germes pathogènes	86
Tableau 35 : Teneurs en composés traces organiques dans les digestats d'origine agricole ..	87
Tableau 36 : Teneurs en éléments traces métallique des digestats en fonction de l'origine des déchets.....	88

1. GENERALITES ET OBJET DU PRESENT DOSSIER

Le dossier a été rédigé par Sébastien BARON, responsable de l'équipe Grandes Cultures - Fourrages à la Chambre d'Agriculture du Loiret, avec l'appui de Ludivine CHATEVAIRE (Conseillère Agro-Environnement / Pédologie), et d'Hervé NEDELEC (Pédologue/Cartographe certifié par l'Association Française pour l'Etude du Sol).

1.1. COORDONNEES DU PETITIONNAIRE

Société : SAS PUISAYE BIOENERGIES

Nom, Prénom du président : Cédric REGNIER

Adresse de la société : Botteron 45250 OUZOUER SUR TRÉZÉE

Adresse du site en projet : La Clinerie 45250 OUZOUER SUR TRÉZÉE

Interlocuteur technique : Cédric REGNIER

Mob : 06 08 28 06 17

Mail : puisaye.bioenergies@gmail.com

N° SIRET : 889 325 742 00019

1.2. PRESENTATION DU PROJET

Le méthaniseur de la société SAS PUISAYE BIOENERGIES sera implantée à OUZOUER SUR TRÉZÉE au lieu-dit « La Clinerie » sur une parcelle actuellement cultivée.

Les exploitations du secteur se situent, dans l'ensemble, sur des terres à potentiel limité. Afin d'assurer la pérennité de leurs exploitations sur le long terme, certains exploitants se sont regroupés pour bâtir un projet visant à diversifier leur revenu et s'orienter vers une agriculture plus durable. Ainsi 6 exploitations céréalières ou polyculture élevage se sont associés afin de construire une unité de méthanisation.

Le gisement se compose majoritairement d'effluents d'élevage et de végétaux type cultures énergétiques produites sur les exploitations inscrites dans le plan d'épandage de la SAS. L'objectif premier et la force de ce groupe est qu'il bénéficie actuellement du gisement suffisant en interne pour assurer le fonctionnement de l'unité grâce à des effluents d'élevage et des surfaces permettant de produire des Cives d'hiver. La mixité des profils d'agriculteurs permet d'avoir des retours d'expérience suffisant sur la production de céréales et de méteil, sur les chantiers d'ensilage...

A noter qu'aucune boue de station d'épuration urbaine ne sera présente dans le gisement.

Le gisement prévu est présenté ci-après :

Tableau 1 : Gisement des matières entrantes

Matières entrantes	Origine	% dans le tonnage	Quantité (T)
Lisier porcin	Exploitation agricole	27,1	3 500
Fumier bovin	Exploitation agricole	15,5	2 000
Ensilage et couverts végétaux	Exploitation agricole	56,6	7 300
Issues de céréales	Exploitation agricole	0,8	100
Total		100	12 900

Le gisement est de 35,3 t/j. En conséquence, l'unité sera soumise à enregistrement au titre des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement sous la rubrique 2781 – 1 pour un gisement supérieur à 30 t/j mais inférieur à 100 t/j (arrêté du 17/06/2021 présenté en annexe 1).

Pendant le processus de digestion anaérobie, il y a production de méthane valorisé énergétiquement. Le gaz produit sera directement injecté dans le réseau de gaz naturel.

Les résidus non digérés forment le digestat brut. La qualité du produit final dépend de la composition des matières entrantes.

▪ **Digestat brut :**

Ce digestat brut sera séparé à l'aide d'un séparateur de phase en digestat liquide et solide. C'est un total de 9 581 t/an de digestat liquide et de 2 196 t/an de digestat solide qui seront épandus annuellement.

▪ **Phase liquide :**

Elle est à 4,7 % de MS et représente environ 70 % des volumes qui seront épandus. Un matériel adapté sera utilisé pour l'épandage : pendillards et/ou enfouisseurs à disques pour une bonne valorisation agronomique des éléments fertilisants (pas de formation d'aérosol donc moins de volatilisation).

C'est un produit riche en azote ammoniacal (70 % de l'azote total) qui sera donc épandu en limitant au maximum la volatilisation.

Tableau 2 : Caractéristiques des digestats liquides

Tonnage	9 581 t
Densité	1,00 t/m ³
MS	4,7 %
pH	8
C / N	6
N Total	4,8 kg/m ³
N ammoniacal	3,4 kg/m ³
P ₂ O ₅	1,5 kg/m ³
K ₂ O	4,4 kg/m ³

La valeur agronomique du digestat est fonction des produits entrants dans le mélange. En ce qui concerne l'azote ammoniacal, la source utilisée est le COMIFER 2013 qui fournit le coefficient d'équivalence engrais N des principaux produits résiduaux organiques.

▪ **Phase solide :**

Elle est à 25 % de MS avec pour partie une disponibilité de l'azote rapide (30 % d'azote ammoniacal sur l'azote total) et une autre partie plus lente pour la partie encore non minéralisée.

Tableau 3 : Caractéristiques des digestats solides

Tonnage	2 196 t
Densité	0,7 t/m ³
MS	25 %
pH	8
C / N	15
N Total	7,6 kg/t
N ammoniacal	2,3 kg/t
P ₂ O ₅	8,7 kg/t
K ₂ O	6,4 kg/t

La nature du produit permet une utilisation similaire à un compost (plutôt sec, se tenant en tas), et une meilleure homogénéisation lors des épandages du fait de la nature du digestat (matière brassée et homogénéisée dans le méthaniseur). Le matériel d'épandage permet une répartition optimale sur les parcelles (table d'épandage, débit proportionnel à l'avancement).

Contrairement au digestat liquide qui peut s'apparenter à un apport classique d'éléments minéraux, le digestat solide joue d'autres rôles grâce à une libération de l'azote sur du plus long terme et grâce aux apports de matière organique qui permettront une meilleure structuration du sol en apportant de l'humus aux sols.

Les épandages se substitueront partiellement aux épandages actuels de minéraux en étant intégrés aux plans de fertilisation prévisionnels. Le procédé de méthanisation permet une

valorisation des déchets en agriculture et une économie pour les agriculteurs sur les éléments fertilisants chimiques. Les digestats présentent un intérêt agronomique non négligeable pour les agriculteurs. L'innocuité des digestats et leur valeur propre en matière fertilisante (éléments minéraux et matière organique) en font des sous-produits valorisables en agriculture.

La valorisation agricole est la voie de traitement des effluents organiques qui offre la meilleure garantie de pérennité. La mise en décharge et l'incinération ne sont pas justifiées économiquement ni environnementalement et peuvent servir simplement d'alternatives dans le cas d'une mauvaise qualité du digestat, ce qui est peu probable compte tenu des produits entrants (essentiellement agricoles)

1.3. COMMERCIALISATION DU DIGESTAT

Vu le gisement entrant, la SAS pourrait envisager de commercialiser une partie de son digestat en tant que matière fertilisante. Pour cela, l'exploitant doit répondre aux prescriptions de l'arrêté du 13 juin 2017 (annexe 1) approuvant un cahier des charges pour la mise sur le marché et l'utilisation de digestats de méthanisation agricole en tant que matières fertilisantes.

« Seules une liste de matières premières sont acceptées dans le méthaniseur :

- *Les effluents ci-dessous issus d'élevages qui ne font pas l'objet de mesures de restrictions sanitaires :*
 - o *Les lisiers, fumiers ou fientes (...),*
 - o *Les eaux blanches de laiteries et de salles de traite,*
- *Les matières végétales agricoles brutes (...),*
- *Les déchets exclusivement végétaux issus de l'industrie agro-alimentaire,*
- *Les sous-produits animaux de catégorie 3 (1) suivants :*
 - o *Le lait ;*
 - o *Les produits issus du lait ou de la fabrication de produits laitiers (...) et les boues de centrifugeuses ou de séparateurs de l'industrie du lait (...).*

Les effluents d'élevage proviennent d'exploitations agricoles autorisées par l'agrément sanitaire (...). Ils représentent au minimum 33 % de la masse brute des matières premières incorporées dans le méthaniseur par an. Au total, les effluents d'élevage et les matières végétales agricoles brutes représentent au minimum 60 % de la masse brute des matières incorporées. »

Le gisement prévu dans le cadre du projet répond entièrement au préalable pour prétendre pouvoir commercialiser le digestat. En effet, 43 % des produits entrants sont des effluents d'élevage et 100 % si on y ajoute les matières végétales brutes.

Cet arrêté permet à certains types de digestats d'être considérés comme des produits normés dès la sortie du méthaniseur. En conséquence, un plan d'épandage n'est pas obligatoire lorsqu'il s'agit de produits normés. Cependant, il est nécessaire d'avoir un plan d'épandage de substitution pour une partie du digestat dans le cas de lots non normalisables afin de pouvoir les épandre sur des parcelles agricoles.

Même si l'ensemble du digestat est commercialisable, les exploitants souhaitent garder l'ensemble du digestat pour fertiliser leurs cultures ; ce qui justifie la réalisation d'un plan d'épandage.

A ce stade, l'épandage sera géré à l'aide du plan d'épandage sans normalisation. Si tel était le cas, afin de pouvoir le commercialiser auprès d'autres agriculteurs, la SAS devra répondre à l'arrêté que ce soit au niveau du procédé de fabrication, de la traçabilité et des analyses et en informer en amont les services des installations classées.

1.4. LISTE DES EXPLOITATIONS APPARTENANT AU PROJET

Les personnes appartenant à la SAS sont agriculteurs et disposent de surfaces afin de produire les CIVES et y épandre le digestat. Au total, 6 entités juridiques disposent de 1 604,45 ha de surfaces agricoles permettant l'épandage du digestat.

Le but premier est de pouvoir rapporter l'équivalent de ce qui est exporté et limiter les achats d'azote organique et minéral extérieur. Si les surfaces sont suffisantes, l'exploitant pourra envisager d'augmenter sa pression en éléments organiques afin de diminuer la part d'engrais minéraux achetés. Cette dernière sera fonction des bilans agronomiques des parcelles, des risques de lessivage et des surfaces de cultures les plus aptes à recevoir le digestat.

Des conventions vont être établies entre la SAS et les agriculteurs (modèle de convention présent en annexe 2).

Les exploitations concernées par le plan d'épandage sont :

- GAEC de La Garde (255,95 ha)
- GAEC La Clinerie (118,91 ha)
- Plessis Jean-Noël (241,12 ha)
- Plessis Olivier (158,12 ha)
- SCEA Regnier (613,51 ha)
- EARL Saint Malo (216,80 ha)

Deux exploitants sont éleveurs, les autres sont orientées vers les cultures de céréales et d'oléoprotéagineux.

2. LA PRESENTATION DU PLAN D'EPANDAGE

2.1. LA VALORISATION AGRONOMIQUE DES EFFLUENTS

Pour leur développement, les plantes puisent leur nourriture dans la solution du sol. Pour ne pas appauvrir le sol, ce prélèvement doit être compensé par un apport correspondant en éléments nutritifs. Les digestats contiennent naturellement les principaux éléments nutritifs dont les plantes ont besoin. Leur utilisation comme éléments fertilisants permet ainsi un excellent recyclage par le milieu sol/plante, le sol jouant ainsi un rôle épurateur.

La valorisation des digestats permet :

- une valorisation rapide par la culture,
- des économies d'azote minéral, de phosphore et de potasse,
- un enrichissement des sols en matière organique,
- un recyclage de l'effluent.

La fertilisation complète des cultures doit être équilibrée. Pour cela, il faut tenir compte des apports organiques, mais également des apports par les engrais minéraux. Un bilan de fertilisation azotée (organique et minérale) est réalisé sur l'ensemble des exploitations recevant des digestats. Il est le résultat des entrées et des sorties d'éléments fertilisants au niveau des parcelles :

➤ **Les entrées :**

- les apports de fertilisants organiques et minéraux des digestats,
- les apports minéraux apportés par les engrais,
- les apports organiques exogènes.

➤ **Les sorties :**

- les exportations par les cultures en fonction de leur rendement, la surface implantée et la valeur en éléments fertilisants par la culture (données du CORPEN et COMIFER).

2.2. LA METHODOLOGIE

L'objectif du plan d'épandage est de déterminer l'aptitude des sols à l'épandage et les possibilités d'épandage en fonction de l'assolement pour une fertilisation équilibrée.

Il s'agit de vérifier la faisabilité des épandages et de faire des propositions d'apports organiques et minéraux. Nous avons fait des choix de cultures réceptrices, doses à épandre, etc. qui respectent la réglementation et qui valorisent au mieux les digestats, mais qui n'en deviennent pas pour autant obligatoires. D'autres solutions peuvent être adaptées en fonction de l'année (météo), des modifications d'assolement, du matériel etc.

➤ **Les grandes étapes de l'élaboration du plan d'épandage sont :**

- détermination des surfaces épandables,
- application de la réglementation concernant les distances d'épandage,
- application de la réglementation concernant les zones de protection particulières (captage, protections environnementales),
- détermination des types de sols grâce à une typologie simplifiée des sols (valorisation de la carte des sols à 1/50 000 du Loiret et sondages à la tarière),
- détermination de leur aptitude à l'épandage,
- calcul des surfaces épandables en fonction de leur aptitude et de la réglementation.

➤ **Gestion des apports organiques et minéraux :**

- détermination de la quantité d'éléments fertilisants à épandre en fonction des besoins des cultures,
- calculs des pressions d'azote organique,
- élaboration des calendriers prévisionnels d'épandage,
- calculs des apports nécessaires en éléments fertilisants minéraux.

2.3. L'AZOTE ET SES FORMES

Lors de la méthanisation, l'ammoniac réagit avec l'eau du milieu anaérobie pour former de l'ammonium (NH_4^+).

Le digestat produit contient *in fine* des matières azotées sous forme organique ou minérale. Sous l'action de la digestion anaérobie et de la flore microbienne, l'azote organique se transforme lentement en azote minéral. L'azote minéral, principalement sous forme ammoniacale (NH_4^+) dans le digestat, est quant à lui rapidement mobilisable par les végétaux, conférant un fort potentiel fertilisant au digestat liquide notamment. En effet, la nitrification par les bactéries du sol transforme rapidement l'ammonium en nitrate, assimilable par la plante, dans un délai pouvant aller de quelques jours à quelques semaines.

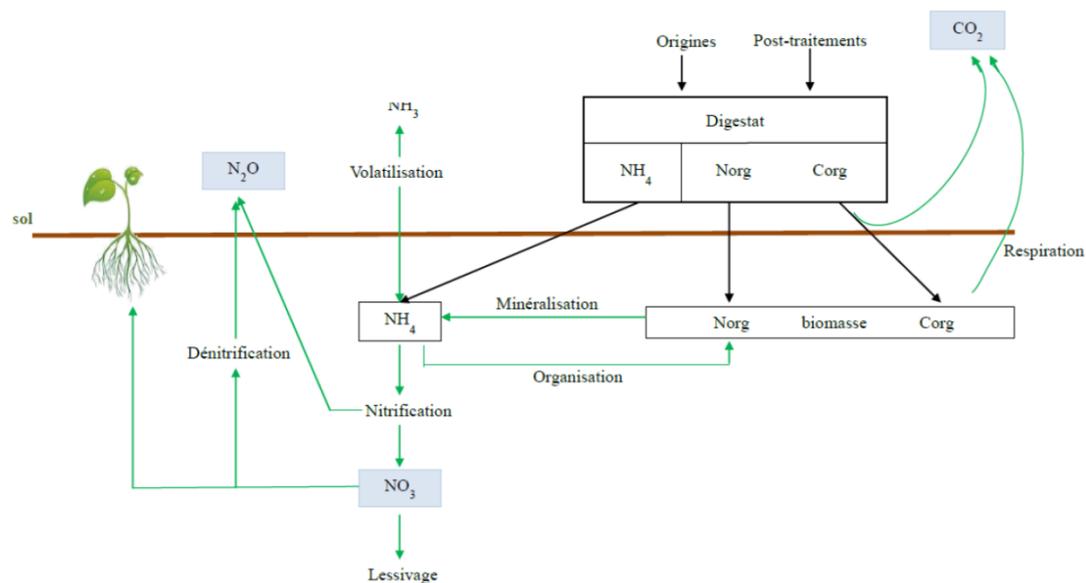


Figure 1 : Effet du digestat sur les cycles de carbone et d'azote, tiré de A. Askri (2015).

Thèse sur la valorisation des digestats de méthanisation en agriculture : effets sur les cycles biogéochimiques du carbone et de l'azote. Agro Paris Tech.

L'azote nitrique (NO_3^-) résultant de ce processus de nitrification est soluble et ne se fixe pas au sol. Ce sont ces nitrates qui, lorsqu'ils sont en excès, ruissellent vers les cours d'eau ou s'infiltrent jusqu'aux nappes.

Pour les digestats bruts et liquides, le risque de lixiviation des nitrates semble comparable à celui des lisiers. En effet, les travaux de Svoboda *et al.* (2013) montrent que les résidus de digestion de lisiers bovins et porcins induisent une lixiviation similaire aux lisiers non digérés, sous culture de maïs, malgré les caractéristiques différentes entre digestats et lisiers.

Quand le digestat est apporté au sol, une partie du carbone sert comme source d'énergie pour la microflore du sol et l'azote sert de nutriment. Un phénomène de réorganisation de l'azote minéral est souvent observé : dès l'apport du digestat au sol, l'activité microbienne du sol est renforcée avec la production de nouvelles cellules car son incorporation apporte une source d'énergie carbonée. Or pour produire ces cellules il faut une quantité proportionnelle d'azote, qui entre dans la composition de nombreuses molécules essentielles. Si la matière organique apportée ne contient pas suffisamment de N pour satisfaire à cette demande, les microorganismes prélèveront (et donc immobiliseront) du N de la solution du sol pour pouvoir croître : c'est le phénomène surnommé faim d'azote.

Pour le digestat brut et liquide, avec un ratio C/N plus faible comparé au digestat solide, une étude de Cavalli *et al.* (2017) rapporte que le taux de minéralisation net de l'azote est positif. Par contre, pour le digestat solide, on observe une immobilisation nette de l'azote, même à moyen terme (180 jours). En effet, le ratio C/N est plus important, le carbone organique ayant principalement migré dans cette phase, avec de surcroît des molécules moins facilement biodégradables : il faudra donc plus d'azote que celui contenu dans le digestat.

Les nitrates sont des substances indispensables à la croissance des plantes. C'est pour la majorité des végétaux la forme principale d'absorption d'azote qui est indispensable à la fabrication de protéines. Ces protéines végétales sont la principale ressource en acide aminé indispensable à la fabrication des protéines chez les animaux et l'homme.

3. CONTEXTE ENVIRONNEMENTAL

3.1. CADRE GEOGRAPHIQUE ET GEOMORPHOLOGIQUE

3.1.1. Localisation géographique

Les parcelles du plan d'épandage sont localisées essentiellement à l'Est du département du Loiret, à l'Est de Gien, entre Châtillon sur Loire et Châtillon Coligny.

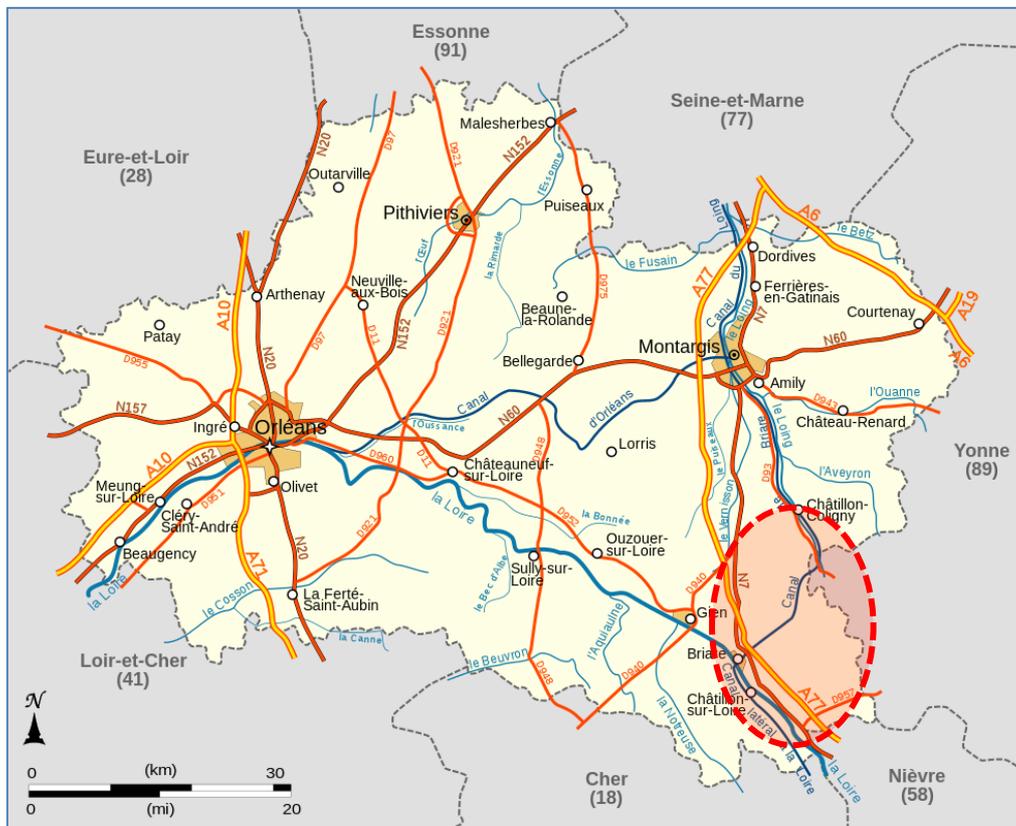


Figure 2 : Localisation générale de la zone d'étude (en rouge)

La zone d'épandage est limitée géographiquement à l'Est par le Canal de Briare et au Sud par la Loire, malgré l'observation de plusieurs parcelles sur les communes de Beaulieu sur Loire

La majorité des parcelles d'épandage se situe au maximum dans un rayon de 11 km, les plus éloignées sont situées à 24 km du méthaniseur.

Les surfaces inscrites au plan d'épandage (PE) sont situées sur 14 communes listées ci-après sont situées dans les départements du Loiret et de l'Yonne.

Tableau 4 : Localisation des parcelles d'épandage

Commune	SAU (ha)	Surface épandable (ha)
Aillant sur Milleron (45)	106,45	93,42
Beaulieu sur Loire (45)	20,18	19,30
Bleneau (89)	129,88	118,34
Bonny sur Loire (45)	156,91	136,50
Briare (45)	108,81	98,29
Châtillon Coligny (45)	25,95	23,86
Dammarie en Puisaye (45)	257,16	231,92
Escrignelles (45)	59,60	51,46
La Bussière (45)	49,94	35,65
Lavau (89)	70,67	63,96
Mezilles (89)	19,62	14,11
Ouzouer sur Trézée (45)	527,13	481,61
Rogny les Sept Ecluses (89)	67,83	64,96
Tanerre en Puisaye (89)	4,29	3,83
Total	1 604,42	1 437,21

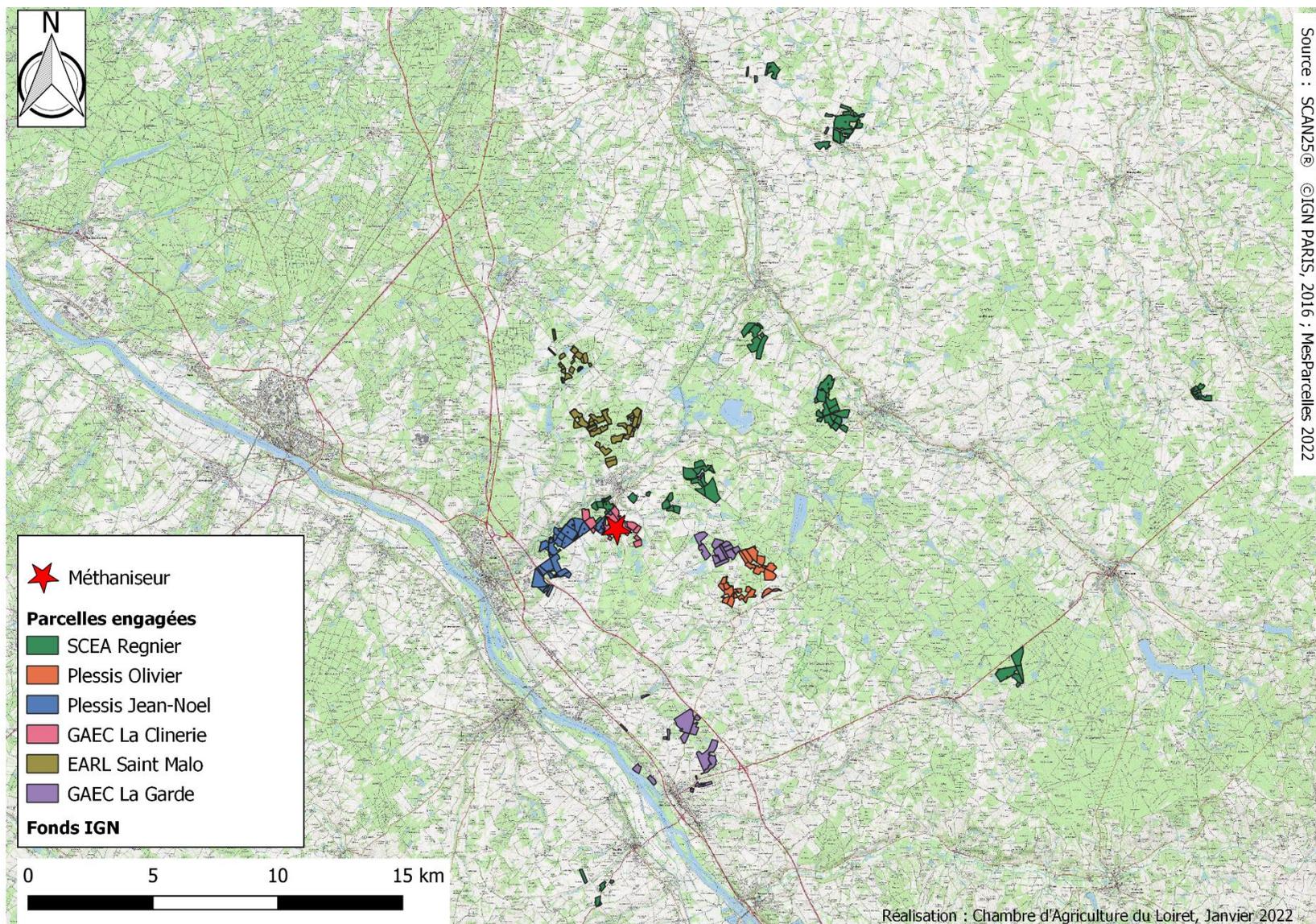


Figure 3 : Localisation de la zone d'étude



3.1.2. Milieu naturel



Figure 4 : Régions naturelles administratives du département du Loiret
(Source : Chambre d'Agriculture du Loiret)

La figure 4 présente les 9 régions naturelles du Loiret ainsi que la localisation des parcelles concernées.

Les communes concernées sont majoritairement localisées dans la région naturelle de **la Puisaye du Loiret** pour la très grande majorité, et pour cinq îlots dans le **Berry du Loiret**.

La **Puisaye du Loiret** fait partie du bassin de la Loire. Au nord, cette région est drainée par le Loing et ses affluents (Vernisson, l'Ouanne) et au sud par de petites rivières affluentes à la Loire et entaillant les plateaux (Trézée, la Cheuille).

La Trézée, affluent de la Loire, parcourt une région de collines d'altitudes fortes (180 à 200 m) du Sud-Est au Nord-Est puis fait un coude et se dirige du nord-est au Sud-Ouest. Entre les forêts du bassin supérieur de la Trézée et la Loire, s'étend un plateau ondulé dont les altitudes restent fortes (160 à 180 m). Ce plateau domine la Loire d'une cinquantaine de mètres.

Le bocage s'étend partout sur ce plateau. Les défrichements n'ont laissé en place que quelques bois (Borgal *et al*, 1998). La Puisaye du Loiret montre un paysage faiblement vallonné, beaucoup plus fermé que celui du Gâtinais de l'Est. Les petits ruisseaux sont nombreux, disposés en un chevelu dendritique. Les nombreuses mares, les étangs et même la toponymie reflètent cette humidité.

La Puisaye du Loiret est une région humide en raison de l'imperméabilité quasi-systématique des horizons profonds du sol. Les bois prennent une extension considérable (bois de Thou, bois du Renard, bois d'Escrignelles, bois du Grand Bouland). Des haies apparaissent, les cultures fourragères et les surfaces toujours en herbe sont nombreuses. La région conserve ainsi un aspect bocager malgré une régression de l'élevage bovin au profit de l'hors-sol (volailles). Il s'agit typiquement d'une région de polyculture élevage, où les cultures de vente sont essentiellement représentées par les céréales. Celles-ci, en constante augmentation, sont conduites sur des parcelles drainées.

Le **Berry du Loiret** correspond au bassin amont de la grande Sauldre (Servant et Dupont, 1982). Il prolonge la Puisaye du Loiret de l'autre côté de la Loire. Son relief se présente sous la forme d'un plan incliné vers le Nord-Ouest et vers la Loire (Borgal *et al*, 1998). Le paysage est vallonné, franchement entaillé par de nombreuses vallées menant à la Loire. Le ruisseau le plus important est la Notreure. Les rivières coulent toutes du Sud-Est vers le Nord-Ouest. Les versants les plus abrupts de ces vallées encaissées laissent apparaître le socle crayeux sénonien. Les versants les moins abrupts ont pour substrat géologique l'argile à silex plus ou moins recouverte par des colluvionnements de pente en provenance des rebords des plateaux.

La nature des sols et l'humidité favorisent la forêt et la prairie. Les bois se trouvent sur les interfluves tandis que les vallées sont le domaine d'un bocage qui a été très dense au temps où l'élevage était important. Mais la crise de l'élevage et la possibilité de mettre les terres en culture grâce aux progrès techniques, ont favorisé l'extension des terres labourées. Beaucoup de haies ont disparu pour permettre l'agrandissement des parcelles. L'occupation du sol varie en fonction de l'intensité de la pente et de la situation géographique. Les pentes faibles sont fréquemment cultivées, les pentes moyennes caillouteuses comprennent des alignements de bois caractéristiques et les pentes plus fortes portent des bois ou des pelouses calcicoles typiques. Sur les plateaux, les bois représentent parfois de grandes surfaces d'un seul tenant et occupent alors des plages particulièrement hydromorphes.

3.1.3. Topographie

Le secteur d'étude est marqué par un relief faiblement vallonné. Les variations altimétriques sont modérées et visibles essentiellement au niveau de quelques talwegs de la Puisaye (le Loing, la Trézée, ruisseau de l'Aubryère, ruisseau de Botteron).

L'altitude se situe entre 140 et 220 mNGF sur le plateau ondulé de la Puisaye, et entre 170 et 190 mNGF dans le Berry. Les pentes sont faibles à moyennes (1 à 4 %), et peuvent atteindre 8 % dans la vallée de la Trézée.

3.2. AXE ROUTIER

Le site est situé en zone rurale en bordure d'une route communale. Les principales voies de communication autour du projet sont :

- les routes départementales D 47 à 650 mètres au Nord et la D 45 à 850 m au Nord-est
- l'autoroute A 77 à 3,2 kilomètres au Sud-ouest

3.3. CONTEXTE CLIMATOLOGIQUE

Le climat du département du Loiret est tempéré, de type océanique séquanien. Ce département présente un gradient de précipitations d'est en ouest. Ainsi, sur le secteur d'étude, le cumul annuel des précipitations peut varier entre 625 mm et 750 mm par an (figure 5).



Direction Interrégionale Ile-de-France, Centre
Division Climatologie
26, boulevard Jourdan 75014 Paris
Tel : 01 53 62 22 53 - Fax : 01 53 62 22 59

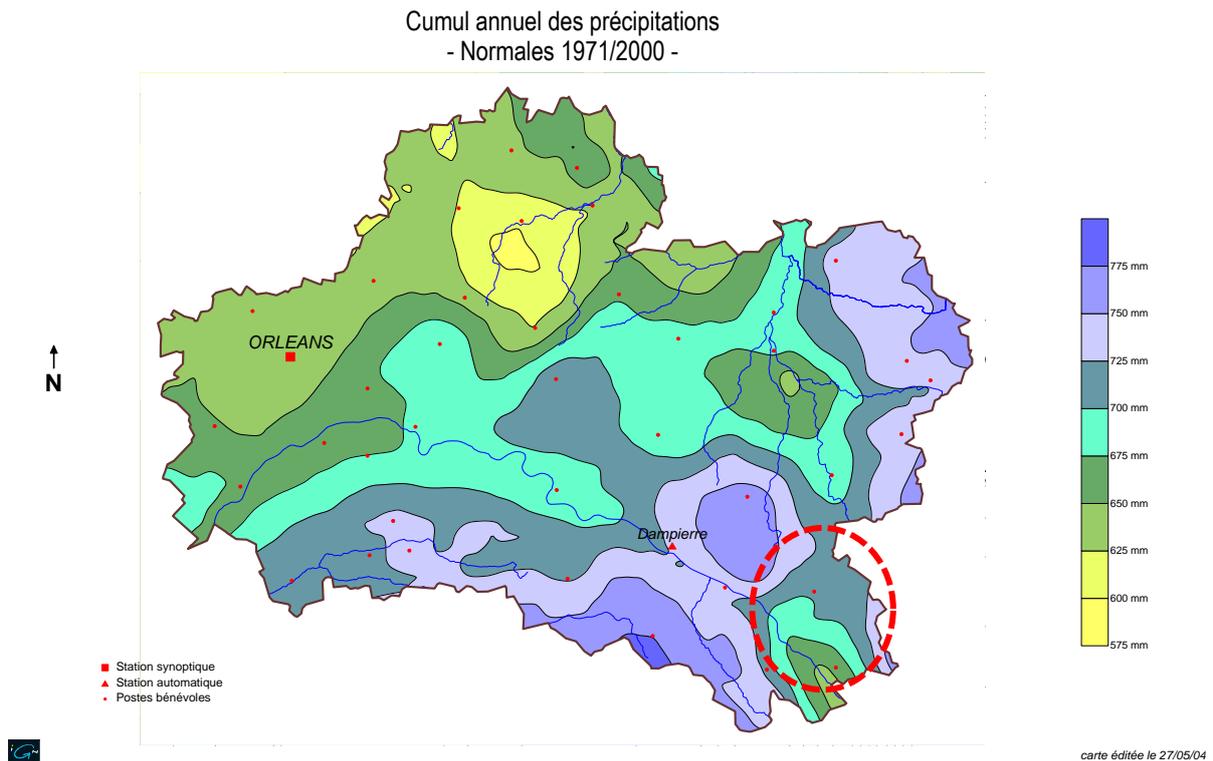


Figure 5 : Répartition des précipitations sur le département du Loiret

La station météorologique la plus proche prise comme référence pour les valeurs de températures et de précipitations est celle située à Bonny-sur-Loire (Météo France). Les cumuls annuels de précipitations y atteignent 688 mm en moyenne sur la période 1981-2010. Les précipitations mensuelles les plus abondantes surviennent en mai, puis de septembre à décembre. Les précipitations mensuelles maximales ne sont pas extrêmes puisque les moyennes se situent autour de 57 mm par mois (Tableau 5).

La station météorologique prise comme référence pour les valeurs d'évapotranspiration potentielle (ETP) ainsi que pour les phénomènes climatiques est celle située à Orléans-Bricy (Météo France).

Tableau 5 : Principales données climatiques et bilan de l'eau dans les sols

	Oct.	Nov.	Déc.	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sept.	Année
Températures (degrés) (1)	12,1	7,1	4,3	3,7	4,3	7,5	9,9	14,0	17,3	19,6	19,2	15,6	11,2
Précipitations (mm) (1)	63	62	62	53	46	48	52	68	59	58	59	60	688
ETP PENMAN (mm)	38	13	9	11	20	52	81	110	128	140	125	76	803
Temp. minimale < - 0° (jours) (1)	1,5	7,1	12,5	13,8	13,4	8,8	3,2	0,1	-	-	-	-	60,4
Temp. minimale < - 5° (jours) (1)	0,1	1,2	2,3	3,7	3,1	0,6	-	-	-	-	-	-	11,0
Temp. maximale < - 0° (jours) (1)	-	0,3	1,3	2,6	1,6	-	-	-	-	-	-	-	5,8
Neige (jours)	0,1	0,9	2,0	2,8	4,2	1,3	0,6	-	-	-	-	-	11,9
P - ETP (mm)	25	49	53	42	26	-4	-29	-42	-69	-82	-66	-16	-115
<u>Sols ayant une RU de 50 mm</u>													
RU	25	50	50	50	50	46	17	0	0	0	0	0	287
Déficit hydrique (mm)							12	42	69	82	66	16	
Drainage interne (mm)		24	53	42	26								
<u>Sols ayant une RU de 100 mm</u>													
RU	25	74	100	100	100	96	67	25	0	0	0	0	208
Déficit hydrique (mm)									44	82	66	16	
Drainage interne (mm)			27	42	26								
<u>Sols ayant une RU de 150 mm</u>													
RU	25	74	127	150	150	146	117	75	6	0	0	0	158
Déficit hydrique (mm)										76	66	16	
Drainage interne (mm)				19	26								

RU - Réserve Utile en eau du sol

ETP - Evapo-Transpiration Potentielle

(Données issues des stations Météo France de Bonny-sur-Loire (1) et d'Orléans-Bricy, 1981-2010)

Le climat est doux et tempéré, le nombre de jours de gel est faible (60 jours par an). Les risques de fortes gelées (<-5°C) sont limités à 11 jours par an, parmi lesquels 1 à 2 jours par an marqués par des températures inférieures à -10°C (Figure 6). Ces périodes de gel interviennent principalement l'hiver. Le nombre moyen de jours de neige est de 12 par an.

Les précipitations sont relativement bien réparties tout au long de l'année. On enregistre en moyenne 7 à 12 jours de précipitations (≥1mm) par mois, pour un total de 116 jours de précipitations (≥1mm) par an, dont 47 jours par an caractérisés par des précipitations supérieures à 5mm et 19 jours par an marqués par des précipitations supérieures à 10mm.

Le bilan de l'eau dans les sols fait apparaître une recharge de la réserve en fin d'année, à partir du mois d'octobre. Un drainage interne des sols intervient ensuite plus ou moins précocement en fonction du réservoir utilisable en eau des sols (RU), sur une période :

- pouvant s'étendre de novembre à mars pour les sols les plus superficiels,
- restreinte à janvier-février pour les sols les plus profonds.

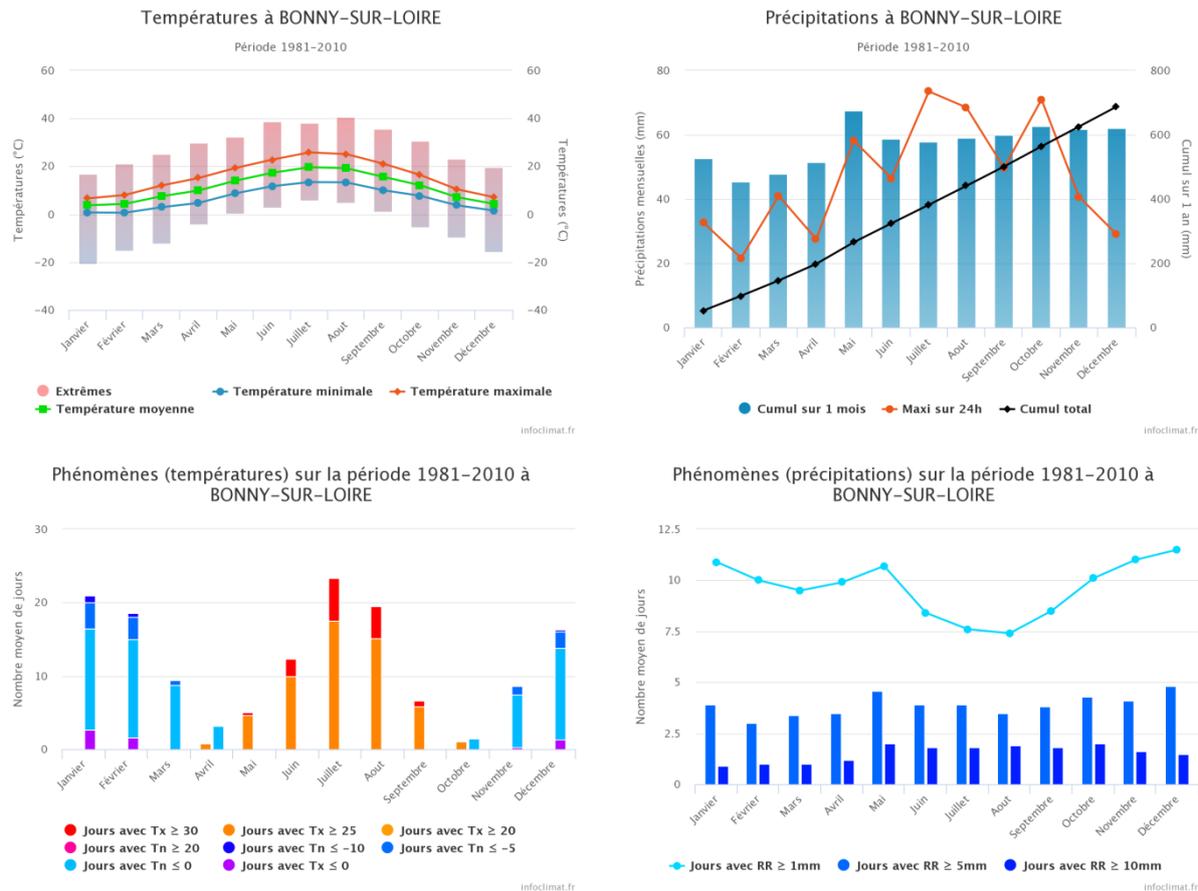


Figure 6 : Histogrammes des températures et des précipitations à à Bonny sur Loire (Météo France)

3.4. CONTEXTE GEOLOGIQUE

3.4.1. Contexte général

Les parcelles d'épandage se situent sur le même secteur géographique. Ce contexte a pu être défini grâce aux cartes géologiques de Blneau (n° 401), de Gien (432) et de Saint Fargeau (n° 433) réalisées par le BRGM et de leurs notices associées. L'histoire géologique du secteur peut être résumée comme suit :

Les montagnes hercyniennes ayant été pénéplanées, une subsidence prolongée et très lente a conduit à la formation du Bassin Parisien et permis à la mer de recouvrir la région au cours des différents cycles transgressifs/régressifs. Les longues périodes de transgression du Jurassique et du Crétacé a permis d'accumuler près de 2 000 m d'épaisseur de sédiment. Au cours du Crétacé supérieur, qui affleure par endroit, les dépôts ont surtout été calcaires (calcaires organogènes, craies et castines avec du silex). La sédimentation du Crétacé s'est achevée par un placage argileux à silex très mince et sporadique sur la région étudiée.

Depuis la fin de l'ère Secondaire et le passage à l'ère Tertiaire, la région a été soumise à un régime continental avec l'alternance de phase de dépôt sédimentaire et d'érosion avec des régimes fluviaux et lacustres. Les terrains tertiaires sont en général peu épais dans le département, sauf dans la partie orientale de la forêt d'Orléans où leur épaisseur atteint une centaine de mètre.

Les formations datées de l'Eocène et probablement du Paléocène proviennent du remaniement des formations du Crétacé sous-jacent et plus particulièrement de ses silex. L'érosion du Massif Central permet également un apport de fragments cristallins. La mise en place d'un climat chaud et humide sur la région favorise l'altération superficielle des terrains et permet la réalisation de silicification et un enrichissement des formations de cet âge en argile (kaolinite principalement).

A l'Eocène inférieur (Sparnacien), les fleuves s'écoulant depuis Massif central déposèrent des dépôts détritiques faits de sables et d'argiles. A l'Eocène moyen (Lutétien), un climat chaud à précipitations aussi fortes qu'irrégulières s'est mis en place sur cette partie du Bassin Parisien.

Vers la limite entre Eocène-Oligocène un régime lacustre se met en place dans les parties à l'écart des grands courants fluviaux. Ainsi dans les zones de courant les dépôts sont riches en alluvions siliceux et hors de ces zones les dépôts sont des carbonates purs, à l'interface de ces deux milieux se déposent des formations en mélange. Le relief était certainement très faible, les lacs très peu profonds et le niveau eustatique variable. De manière synchrone se sont produit des déformations tectoniques Nord-Sud permettant un rajeunissement des reliefs, augmentant l'érosion de ceux-ci. Cela a aussi eu comme effet de canaliser la pré-Loire dans la zone que nous connaissons actuellement.

A l'Aquitaniens le régime lacustre et palustre s'est déplacé vers l'Ouest : il s'agira de l'époque des calcaires de Beauce. La région considérée se situe au Sud de ce grand ensemble et ces dépôts n'y seront que très peu observables. Il sera plutôt question de formations issues d'un mélange de carbonates lacustres et d'alluvions siliceux fluviaux (molasses).

A partir du Burdigalien une période où les vallées principales se figent avec l'enfoncement des réseaux hydrographiques et la dissection des formations sous-jacentes se met en place, isolant ainsi les principaux plateaux. Au Villafranchien la Pré-Loire gagnait le Loing actuel pour se jeter dans la Seine. Dès le début du Quaternaire, son cours supérieur, capté entre Gien et Briare par un affluent du Cher, a été détourné vers l'Atlantique, donnant expression à son cours actuel.

L'encaissement des vallées s'est fait ensuite progressivement au cours du Quaternaire sous l'influence des variations climatiques (alternances des périodes glaciaires) qui ont entraînés ici des conditions péri-glaciaires. Les formations superficielles, limons des plateaux, cailloutis cryoclastiques, colluvions de versants, etc., doivent aussi l'essentiel de leur genèse à ces périodes froides et spécialement à la dernière, le Würm.

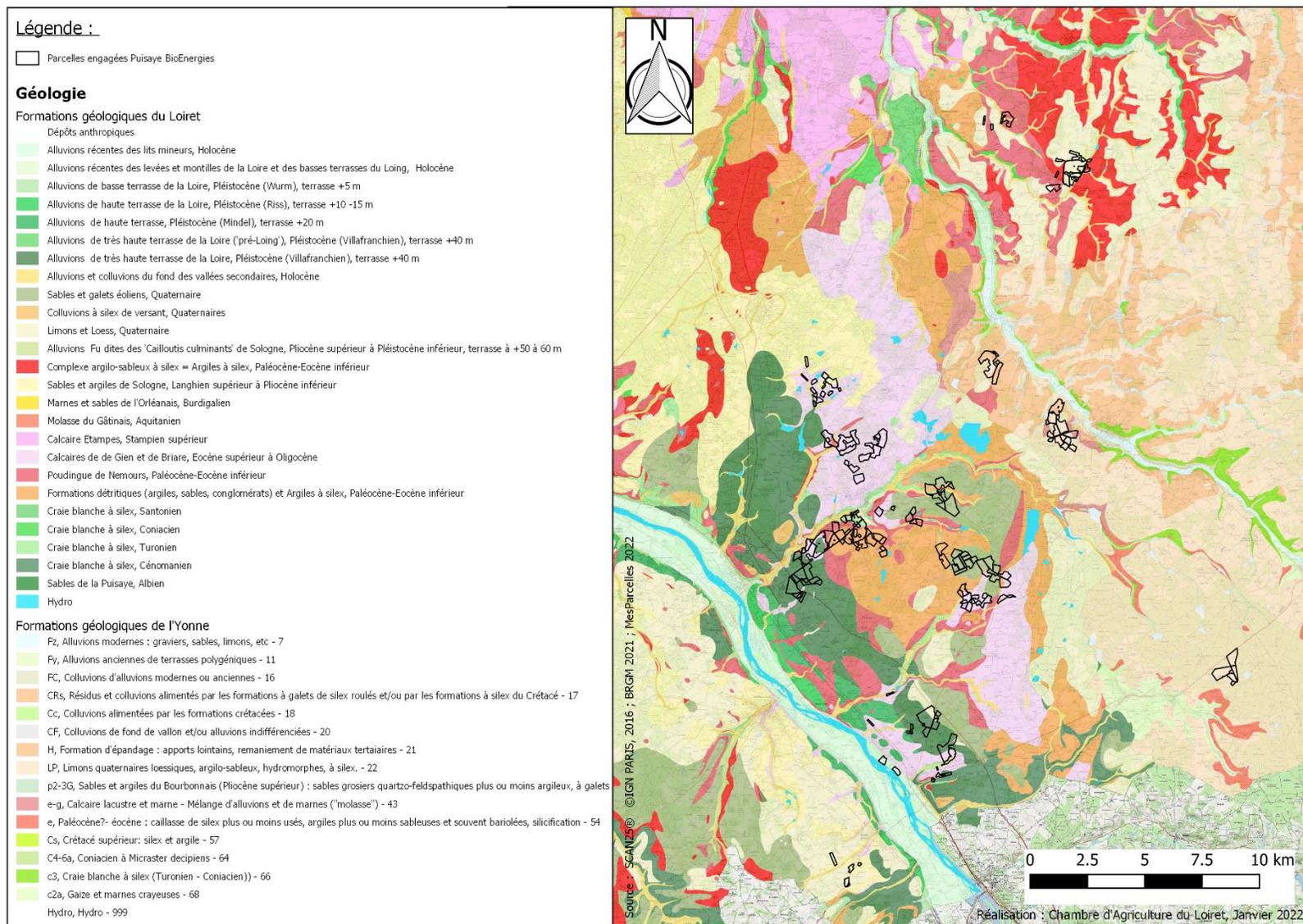


Figure 7 : Formations géologiques du secteur d'étude



3.4.2. Contexte local

Les formations géologiques suivantes ont été identifiées sur le secteur d'étude (figure 7). Celles-ci seront en grande partie responsables des sols qui en ont émergés par le long processus de la pédogénèse. Les formations les plus présentes sur la zone d'étude sont des formations d'âge tertiaires et quaternaires.

CRETACE

■ **C1-C2 : Craie, Cénomanién**

Craie marneuse grise sans silex. L'épaisseur atteint une centaine de mètres en rive gauche de la Loire, et 50 à 70 m en rive droite.

■ **C3-C6 : Craie blanche à silex, Séno-Turonien**

Un ensemble de craie blanche à silex plus ou moins abondant, avec une matrice est parfois légèrement argileuse. La partie supérieure de la craie a subi une induration par calcitisation et silicification. Cette induration localement nommée « Castine », donne un calcaire dur autrefois exploité comme matériau de construction.

La puissance totale du Turonien calcaire est comprise entre 50 et 100 mètres. Cette formation atteint même 140 mètres d'épaisseur à Châtillon Coligny.

TERTIAIRE

■ **e : Poudingue de Nemours, Paléocène-Eocène**

Le constituant le plus important de cette formation est le silex d'origine crétacé, mais usé à des degrés divers, ceux situés vers la base de la formation n'ont subi qu'un léger transport ; mais ils sont altérés et l'intérieur est bruni. De tels galets de silex sont abondants dans le Poudingue de Nemours.

Pour la majorité des galets de silex, l'usure par un transport fluvial est plus accusée, la forme plus ou moins arrondie ; le cortex a disparu, l'intérieur a des teintes bariolées, et l'extérieur une patine jaune, brune, ou tachée de rouge.

Cette formation comprend aussi des argiles et des sables moins apparents que les galets, mais probablement abondants. En particulier tous les agglomérats de silex Éocène ont une matrice argilo-sableuse.

■ **e-g. Alluvions grossières, sables, galets: Eocène supérieur à Oligocène**

Cette formation datant de l'Eocène et de l'Oligocène est détritique d'origine fluviale. Elle comprend toujours du sable quartzo-feldspathique mêlé d'argile, et généralement des dragées de quartz et des galets de silex. En surface, les sols qui dérivent de ces terrains sont sableux et légèrement calcareux. Un tel mélange de détritique et de carbonates est désigné par le terme « molasse ».

La puissance maximale est d'une quinzaine de mètres.

■ ***e-gM-e-gC. Calcaire lacustre et marnes: Eocène supérieur à Oligocène***

Dépôts calcaires lacustres et palustres. On y trouve des marnes sableuses, des alternances de marnes, de calcaires et de sables plus ou moins grossiers ou des argiles avec des traînées de calcaire pulvérulent. En surface, les sols qui en dérivent sont sableux et légèrement calcaireux.

La puissance maximale est d'une vingtaine de mètres.

■ ***m1a : Sables et argiles de Sologne, Burdigalien***

Mélange d'argile et de sable quartzo-feldspathique, en toutes proportions. Le sable peut être fin ou grossier ; il y a souvent du sable de la taille du gros sel. Du gravier de quartz et de silex est disséminé. Par places, on trouve des petits galets de silex, mal arrondis, qui sont concentrés dans la couche d'altération superficielle wurmienne. L'origine de cette formation est fluviale : il s'agit d'alluvions de fleuves descendant du Massif Central. Cette formation peut atteindre une soixantaine de mètres.

QUATERNAIRE

■ ***Fu-v-w : Alluvions anciennes de la Loire, Pléistocène (Villafranchien)***

Matériau siliceux et argileux composé de sables quartzo-feldspathique, argiles, graviers et galets. La stratification est tourmentée avec chenaux et laminations obliques, en dispositions lenticulaires, en particulier pour les masses d'argile. Dans les alluvions anciennes les argiles sont variées.

Cette terrasse est en fait composite. La partie la plus élevée est le reste d'un chenal, large de 4 à 5 km, dont les versants sont très doux, presque insensibles. Les alluvions y sont généralement remarquables par une forte proportion de dragées de quartz. Ce chenal le plus ancien suit la Loire de Bonny à Briare et la quitte pour se poursuivre en direction du Nord.

Entre Neuvy et Briare, cette terrasse domine la Loire moderne de 27 à 30 mètres. Elle est remarquable par la faible épaisseur de ses dépôts, tant sur les caillasses que sur les calcaires lacustres éocènes : c'est presque une terrasse rocheuse, avec un placage alluvial discontinu. Des alluvions anciennes ont été notées dans la vallée de la Trézée en aval d'Ouzouer ; il y en a certainement d'autres petits lambeaux dans les versants.

■ ***Fx-y-z: Alluvions récentes de la Loire, Pléistocène (Villafranchien)***

Dans le val de Loire, les alluvions holocènes (Fy) sont semblables à celles du Würm (Fx). Ces alluvions composées de sables et sablons forment les « montilles » qui ne dépassent les chenaux à remplissage moderne que de 3 m au maximum. Ce sont des alluvions siliceuses, allant du sable aux galets. La teneur en minéraux lourds d'origine volcanique est élevée.

Leur granulométrie varie du sable fin (limon de débordement) aux galets. Elles sont essentiellement siliceuses : le sable est quartzo-feldspathique, le gravier surtout quartzueux et les galets surtout de silex, avec un peu de roches éruptives et de calcaires.

■ ***FC : Alluvions et colluvions du fond des vallées secondaires, Holocène***

On regroupe ici les alluvions wurmiennes des petits ruisseaux et les colluvions de bas de versants. Les alluvions wurmiennes de la Trézée à Ouzouer sont grossières : des galets de silex crétacés et éocènes, du sable et des dragées de quartz, des blocs métriques de poudingue Éocène.

En règle générale, les alluvions wurmiennes des ruisseaux sont un mélange des roches résistantes situées en amont, mêlées de sables et argiles.

Les colluvions de bas de versant sont sablo-argileuses, souvent caillouteuses, faites d'éléments de provenance locale entraînés par ruissellement, solifluxion et même par le vent. Elles constituent un placage qui confère aux versants wurmiens leur forme empâtée. Elles datent principalement de la fin du Würm, période d'engorgement du réseau hydrographique. L'épaisseur de FC ne dépasse pas quelques mètres.

■ **CS : Colluvions à silex de versant, Quaternaire**

Cette formation superficielle couvre de grandes étendues sur les plateaux, et aussi sur des versants. Elle repose toujours sur des craies à silex ou des agglomérats de silex crétacé ou encore de la caillasse Éocène. Près de la surface, l'argile est progressivement remplacée par un limon sableux et les cailloux de silex sont moins abondants.

L'épaisseur totale de cette formation sur les plateaux est de l'ordre de 2 à 3 mètres. Cette formation est le produit d'une longue évolution des surfaces de plateaux, par altération, pédogenèses, érosions et apports. Elle s'est pratiquement terminée au Würm.

■ **LP : Limons des Plateaux, Quaternaire**

Les plateaux entre Loing et Yonne sont souvent recouverts par des formations complexes limoneuses formées de matériaux fins à intercalations de cailloutis de silex. L'épaisseur de ces formations est variable, généralement comprise entre 1 et 2 m, elle peut dans certains cas être supérieure à 4 m.

3.5. HYDROGEOLOGIE

3.5.1. Description des complexes aquifères

Au vu du contexte géologique, les aquifères en présence sont les suivants :

3.5.1.1. ÉOCÈNE ET FORMATIONS A SILEX

Cet aquifère est très superficiel. Sa lithologie très argileuse et la faible épaisseur de ce réservoir ne permet pas une bonne exploitation de cette nappe sur le secteur d'étude. La présence de cet aquifère local est donnée pour mémoire.

3.5.1.2. AQUIFERE DE LA CRAIE SENO-TURONIENNE

Cet aquifère d'extension régionale est principalement présent en rive droite du Loing. On distinguera la craie située dans les vallées ou sur les plateaux. Dans les vallées, la craie affleure au niveau des différentes rivières, sa productivité est faible.

Sur les plateaux, la nappe sous recouvrement des argiles à silex est captive. La productivité des ouvrages sollicitant cette nappe est aléatoire, cela dépend du degré de marne de la craie ainsi que de la fracturation de celle-ci. La productivité de l'aquifère est variable (0,2 à 100 m³/h/m) avec une bonne qualité. Sa transmissivité est de l'ordre de 10⁻³ à 10⁻⁵ m²/s et son coefficient d'emménagement est évalué à 10⁻³.

L'influence de la fracturation est d'ailleurs très importante puisque la nappe de la craie est drainée par un réseau karstique en relation avec les grands accidents structuraux qui apparaissent comme des axes de drainage privilégiés : on peut en effet remarquer que les sources de la vallée de l'Aveyron et de l'Ouanne sont alignées suivant des directions N-S superposées aux failles

subméridiennes et que les plus grosses sources de cette région sont effectivement à l'intersection des vallées (où la craie sous-alluviale est très diaclasée) et des zones faillées (Pradurat, 1981).

La nappe se raccorde un important réseau souterrain à l'Est du Loing et où les gouffres sont en nombre considérable, certains se transformant facilement en puits permanents. Ils sont d'ailleurs généralement inondés en hiver. C'est un riche réseau karstique, débouchant sur le Loing.

On remarque également, lié à ce même phénomène, que les eaux sont en général assez turbides, surtout après une période pluvieuse, traduisant les mauvaises conditions de filtration et l'importance du ruissellement et de l'infiltration des eaux de surface à travers la couverture tertiaire dans les diaclases de la partie non saturée de l'aquifère. Le débit des sources captées est souvent supérieur à 50 m³/h.

La nappe de la craie est très utilisée là où elle est productive, elle subvient aux besoins en eau potable des communes situées sur la zone d'étude et se trouve aussi, depuis quelques années, utilisée pour l'irrigation agricole.

Le log géo-hydrogéologique régional fourni par le Système d'Information pour la Gestion des Eaux Souterraines et le référentiel hydrogéologique BD LISA (figure 8) indique la présence de la nappe de la craie (Sénonien) de 14 à 83 m de profondeur.

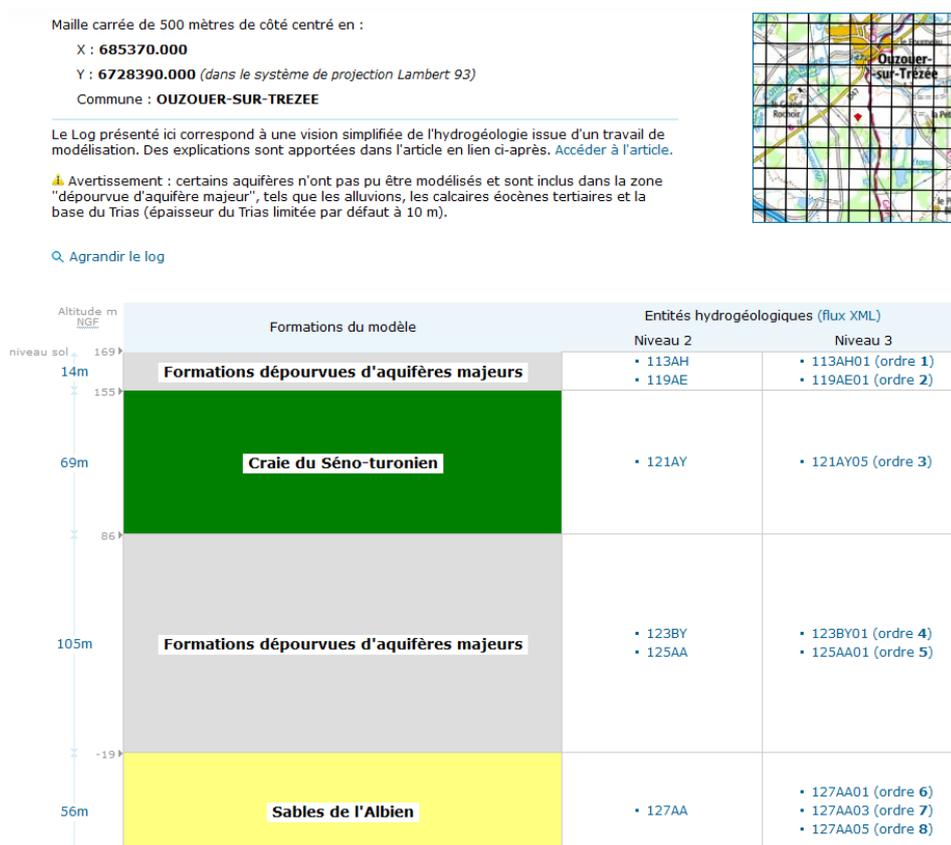


Figure 8: log du modèle régional au droit du projet

La carte piézométrique basses-eaux établie en 2011 (figure 9) montre des écoulements en direction du Loing et de la Loire qui drainent naturellement la nappe. Elle montre également des axes de drainage secondaire correspondant au réseau hydrographique (Ouanne, Aveyron...) de leurs affluents. Le gradient piézométrique de la nappe est ici très faible de l'ordre de 1‰.

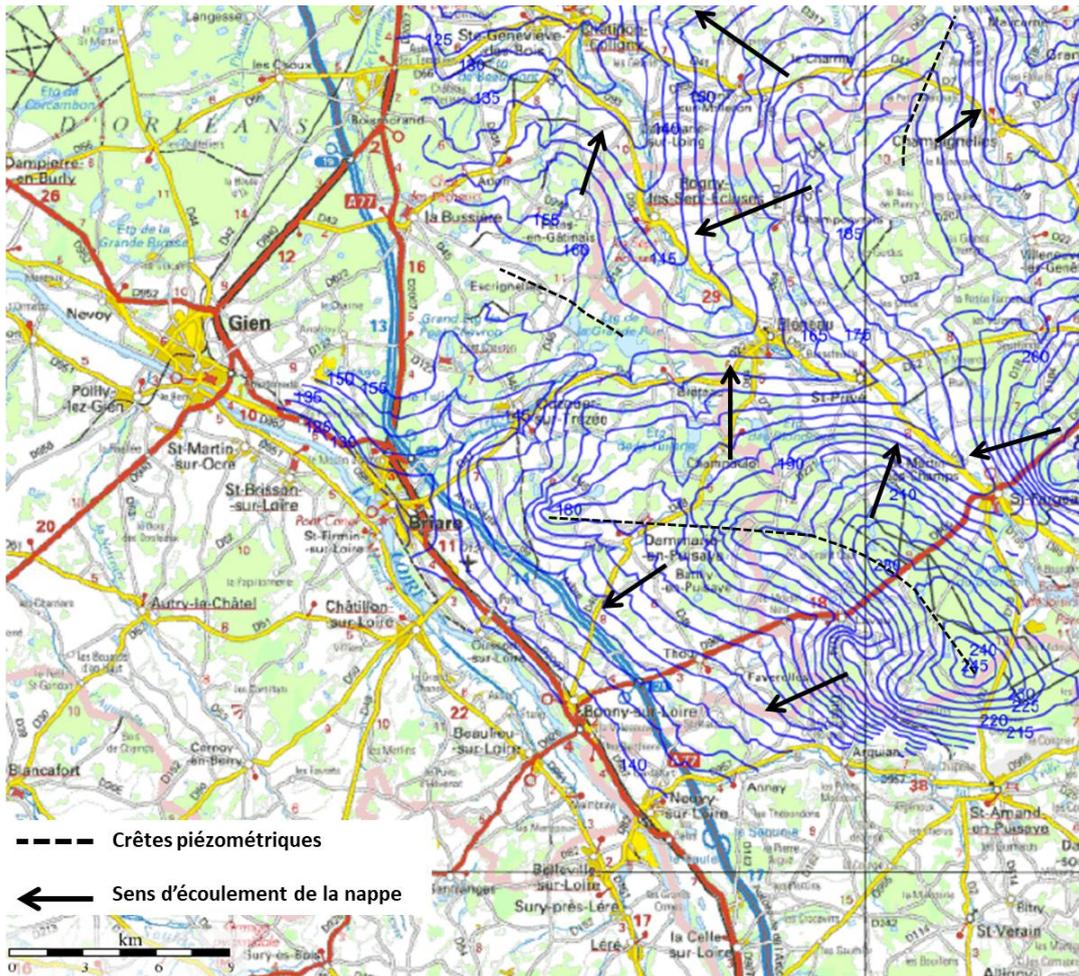


Figure 9: Piézométrie du système aquifère de la Craie du Crétacé du Bassin Parisien – 2011 (Source : BRGM)

La piézométrie des différentes nappes est observée au moyen d'enregistreurs automatiques. La chronique du niveau de la nappe de la craie, a été recueillie auprès du portail national d'Accès aux Données sur les Eaux Souterraines (ADES) au droit du piézomètre BSS001DZJF situé à Saint Privé. Les valeurs sont présentées sur la figure suivante :

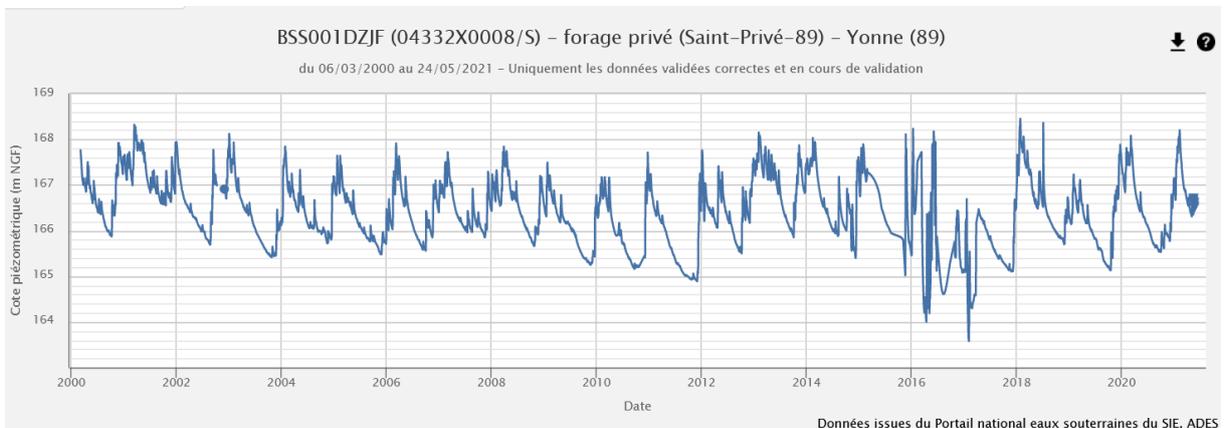


Figure 10: Piézométrie forage BSS001DYTV situé à Ouzouer sur Trézée (Source : ADES)

Cette chronique montre des variations interannuelles assez fortes avec une cote régulière aux alentours de 167 mNGF avec des variations saisonnières de l'ordre de 2m.

D'après cette chronique :

- sur la période 2000-2021, les variations interannuelles sont de l'ordre de 4,9 m (entre la période de plus Hautes Eaux (janvier 2018) et de plus Basses Eaux (février 2017))
- les fluctuations saisonnières permettent de distinguer une période de hautes eaux (janvier à mai) et une période d'étiage (octobre à décembre), cycle similaire au cycle hydroclimatique.
- sur la période 2000-2021, les variations intersaisons sont comprises entre 1,77 m (2001) et 4,23 m (2016).

3.5.2. Eau potable

Des périmètres de protection de captage sont établis autour des sites de captages d'eau destinée à la consommation humaine, en vue d'assurer la préservation de la ressource. L'objectif est ici de réduire les risques de pollutions ponctuelles et accidentelles de la ressource sur ces points précis.

Ces périmètres de protection de captage sont définis dans le code de la santé publique (*article L-1321-2*). Ils ont été rendus obligatoires pour tous les ouvrages de prélèvement d'eau d'alimentation depuis la loi sur l'eau du 03 janvier 1992. Ce type de procédure comporte trois niveaux avec des degrés de protection différents établis à partir d'études hydrogéologiques et définis par des hydrogéologues agréés en matière d'hygiène publique :

- **le Périmètre de Protection Immédiate PPI,**
- **le Périmètre de Protection Rapprochée PPR,**
- **le Périmètre de Protection Eloignée PPE.**

Cette protection est donc une obligation réglementaire et est applicable à toutes les eaux destinées à l'alimentation humaine. Ainsi, les captages AEP de la zone d'étude et de ses alentours sont dotés de périmètres de protection.

Les captages AEP de la zone d'étude sont implantés dans les premiers niveaux crayeux situés sous un niveau peu perméable d'argile à silex. Sur les 14 communes concernées par l'implantation du projet et les parcelles d'épandage, 7 possèdent un captage ou des périmètres de protection de la ressource en eau. Ils sont répertoriés dans le tableau et la cartographie qui suivent.

Tableau 10 : Caractéristiques des captages AEP et de leurs périmètres de protection respectifs

Commune	Nom	Code SISE	Code BSS	Ilots concernés
Beaulieu sur Loire	Le Val Beaulieu	045000027	04328X0036	Aucun
Bonny sur Loire	Bonny le Val	054000038	04328X0041	Aucun
Briare	Briare les Vignes n° 2 et 3	045000045 045000046	04323X0056 04323X0088	Dans le PPE : îlot n° 11 à 20 de Plessis Jean-Noël
Ouzouer sur Trézée	Le Grand Clos	045000234	04324X0009	Aucun
	Le Champ de la Planche	045000235	04324X0012	Aucun

Commune	Nom	Code SISE	Code BSS	Ilots concernés
Bleneau	Ancien puits de La Garenne	89000035	04331X1004	Aucun
	Forage de La Garenne	89000036 (Abandonné)	04331X1005	Aucun
Lavau	Source des Bordereaux	89000204	04336X0003	Dans le PPE : îlot 19 de la SCEA Regnier
Tannerre en Puisaye	Fontaine Jarenne	89000339	04017X0007	Aucun

Au sein de la zone d'étude, deux PPC interceptent des parcelles d'épandage :

- **PPE des captages du « Pont des Vignes » situés sur la commune de Briare**

Il est encadré par la DUP du 16/10/2014. Il n'y a pas de prescription à l'intérieur de ce PPE.

- **PPE de la source des « Prés de Battreau » situés sur la commune de Lavau**

Il est encadré par la DUP n° 87-208 du 16/03/1987. L'îlot 19 de la SCEA Regnier est en jachère, il n'y aura pas d'épandage. Les îlots 60 et 61 sont situés en bordure du PPE. Les épandages de digestats restent donc possibles sur ces parcelles sous réserve qu'ils soient réalisés en conformité avec la réglementation en vigueur.

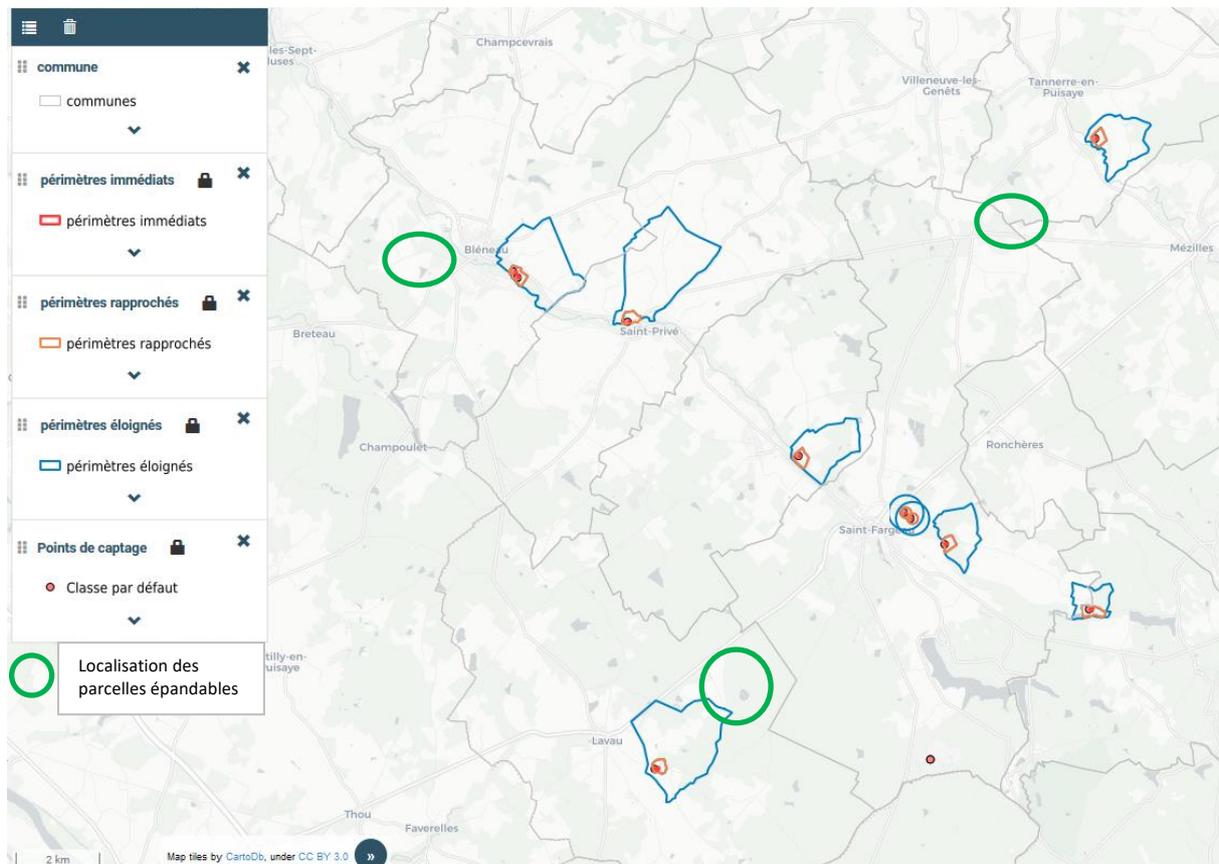


Figure 11 : Carte des périmètres de protection de l'Yonne (ARS 89)

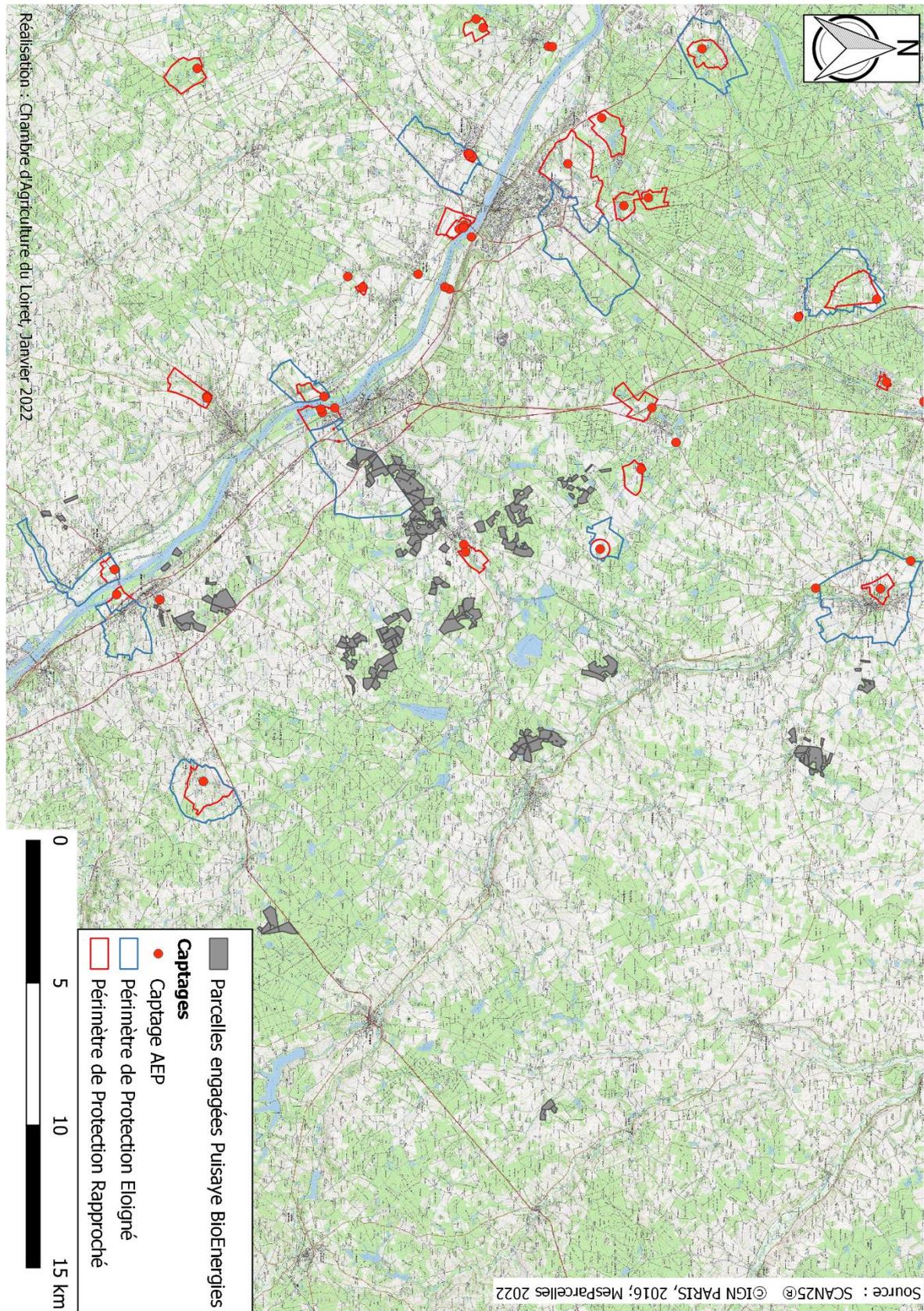


Figure 12: Plan de situation des parcelles et des périmètres de protection (ARS 45)

3.6. CONTEXTE HYDROGRAPHIQUE

3.6.1. Hydrographie

Le réseau hydrographique est constitué par la Loire et le Loing, qui drainent la nappe de la craie, et par leurs principaux affluents : la Trézée, la Cheuille et l'Ousson pour la Loire, et le Milleron pour le Loing. Ces derniers sont alimentés par de nombreux rus et ruisseaux qui prennent leur source au droit des terrains argilo-siliceux.

Les principales masses d'eau identifiées sur les communes du plan d'épandage, et situées à moins d'un kilomètre d'îlots sont présentées et décrites dans le tableau ci-dessous :

Tableau 6 : Recensement des masses d'eau sur les communes d'épandage

Type de masse d'eau	Nom de la masse d'eau	Communes	Distance relative par rapport aux parcelles d'épandage
Cours d'eau	<i>La Loire</i>	Beaulieu sur Loire, Bonny sur Loire, Briare, Ousson sur Loire	Immédiate : îlots n° 18 et 19 du GAEC de la Garde
	<i>La Venelle</i>	Beaulieu sur Loire	850 m au Sud
	<i>Ruisseau des Trappes</i>	Beaulieu sur Loire	140 m au Sud
	<i>Ruisseau Coton</i>	Beaulieu sur Loire	325 m au Sud
	<i>La Cheuille</i>	Bonny sur Loire, Lavau	1 km au Sud-ouest
	<i>L'Ousson</i>	Dammarié en Puisaye, Bonny sur Loire, Ousson sur Loire	Immédiate : îlot n° 24 du GAEC de la Garde et l'îlot 5 de Plessis Olivier
	<i>Ruisseau de l'Aubryère</i>	Ouzouer sur Trézée	Immédiate : îlots n° 14 et 15 de la SCEA Regnier
	<i>La Trézée</i>	Ouzouer sur Trézée, Breteau, Briare	50 m au nord de l'îlot 33 de la SCEA Regnier
	<i>Canal de Briare</i>	Ouzouer sur Trézée	Immédiate : îlot n°6 de Plessis Jean-Noël
	<i>Rigole d'Alimentation du Canal de Briare</i>	Ouzouer sur Trézée	Immédiate : îlots 1 et 2 de Plessis Jean-Noël, îlots 9 et 10 du GAEC de la Clinerie et îlot 1 de l'EARL Saint Malo
	<i>Rigole de Saint Privé</i>	Bléneau, Rogny les Sept Ecluses	Immédiate : îlot n° 18 de la SCEA Regnier
	<i>Rigole de la Trézée</i>	Lavau	Immédiate : îlot n° 60 de la SCEA Regnier
	<i>Ruisseau de Botteron</i>	Ouzouer sur Trézée, Breteau	Immédiate : îlots n° 6 et 7 de la SCEA Regnier
	<i>Ru de l'étang du Four</i>	Lavau	180 m au Nord-ouest
	<i>Ru du Parc</i>	Lavau	215 m à l'Est
	<i>L'Agréau</i>	Tannerre en Puisaye, Mézilles	Immédiate : îlot n° 62 de la SCEA Regnier
	<i>Le Loing</i>	Bléneau, Rogny les Sept Ecluses, Chatillon Coligny	390 m au Nord
	<i>Ruisseau des Philiberts</i>	Aillant sur Milleron	Immédiate : îlots n° 42 à 44 et 50 à 52 de la SCEA Regnier
	<i>Le Milleron</i>	Aillant sur Milleron	325 m au Sud
	<i>Ru Simon</i>	Aillant sur Milleron	35 m à l'Ouest
<i>Ru de Saint Malo</i>	Ouzouer sur Trézée	Immédiate : îlot n° 6 de l'EARL Saint Malo	
<i>Ru du Pont Chevron</i>	Ouzouer sur Trézée, La Bussière	22 et 34 à 36 de l'EARL Saint Malo	

D'autres masses d'eau, de type étang ou fossés, non nommées se trouvent à proximité des parcelles d'épandage, mais les distances d'épandage seront respectées. L'épandage sur l'ensemble des parcelles présentes à proximité des cours d'eau sera fait à plus de 35 m hormis si une bande boisée ou enherbée de plus de 10 m est présente auquel cas l'épandage pourra se faire à 10 m. Les mêmes mesures ont été prises pour l'ensemble des masses d'eau.

Les îlots 18 et 19 du GAEC de la Garde situés à proximité immédiate de la Loire ont été exclus du plan d'épandage.

3.6.2. Hydrologie

La Loire présente à Gien un débit moyen très irrégulier, et des fluctuations saisonnières de débit marquées, avec des hautes eaux en hiver - début de printemps, avec une moyenne maximale en février : 591 m³/s, et des basses eaux en été - début d'automne, amenant une baisse du débit moyen mensuel à 101 m³/s au mois d'août.

Le Loing présente à Saint Martin des Champs des fluctuations saisonnières de débit marquées, avec des hautes eaux d'hiver -- début de printemps, avec une moyenne maximale en décembre : 0,846 m³/s, et des basses eaux d'été - début d'automne, amenant une baisse du débit moyen mensuel à 0,440 m³/s au mois de septembre. Mais ces moyennes mensuelles cachent des fluctuations encore plus prononcées sur de courtes périodes ou selon les années.

L'hydrologie des principaux cours d'eau de la zone d'étude sont détaillées dans le tableau suivant :

Tableau 7 : Données hydrologiques des principaux cours d'eau du secteur
(Source : Banque Hydro)

Nom de la station	Code station	Période de mesure	Bassin versant (km ²)	Module (m ³ /s)	Débit spécifique (l/s/km ²)	QMNA ₅ (m ³ /s)
La Loire à Gien	K4180010	1936-2021	35 500	322	9,07	46
Le Loing à Saint Martin des Champs	H3001020	2006-2021	125	0,76	6,08	0,19
Ru du Four à Saint Fargeau	H3113310	1980-2007	6	0,034	5,66	0,001

Module : débit moyen interannuel,

Débit spécifique : débit moyen interannuel, ramené à la surface de bassin exprimé,

QMNA₅ : débit moyen mensuel sec ou débit mensuel minimal, de période de retour de 5 ans

3.7. CONFORMITE AUX SDAGE

3.7.1. Généralités

Le Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) est un document de planification dans le domaine de l'eau. Il définit, pour une période de six ans, les grandes orientations pour une gestion équilibrée de la ressource en eau ainsi que les objectifs de qualité et de quantité des eaux à atteindre. Il est établi en application des articles L.212-1 et suivants du code de l'environnement.

L'objectif est d'atteindre, de façon pragmatique sur l'ensemble du bassin, un bon état, voire un très bon état des eaux, qu'elles soient douces, saumâtres ou salées, superficielles ou souterraines, de transition ou côtières.

Pour une meilleure organisation et lisibilité du SDAGE, les enjeux de la gestion équilibrée de la ressource en eau sont traduits sous forme de défis et d'orientations. Ces derniers constituent les dispositions fondamentales du SDAGE pour une gestion équilibrée de la ressource en eau et permettant d'atteindre les objectifs environnementaux.

Les parcelles d'épandage sont situées sur le territoire des SDAGE Loire Bretagne et Seine-Normandie :

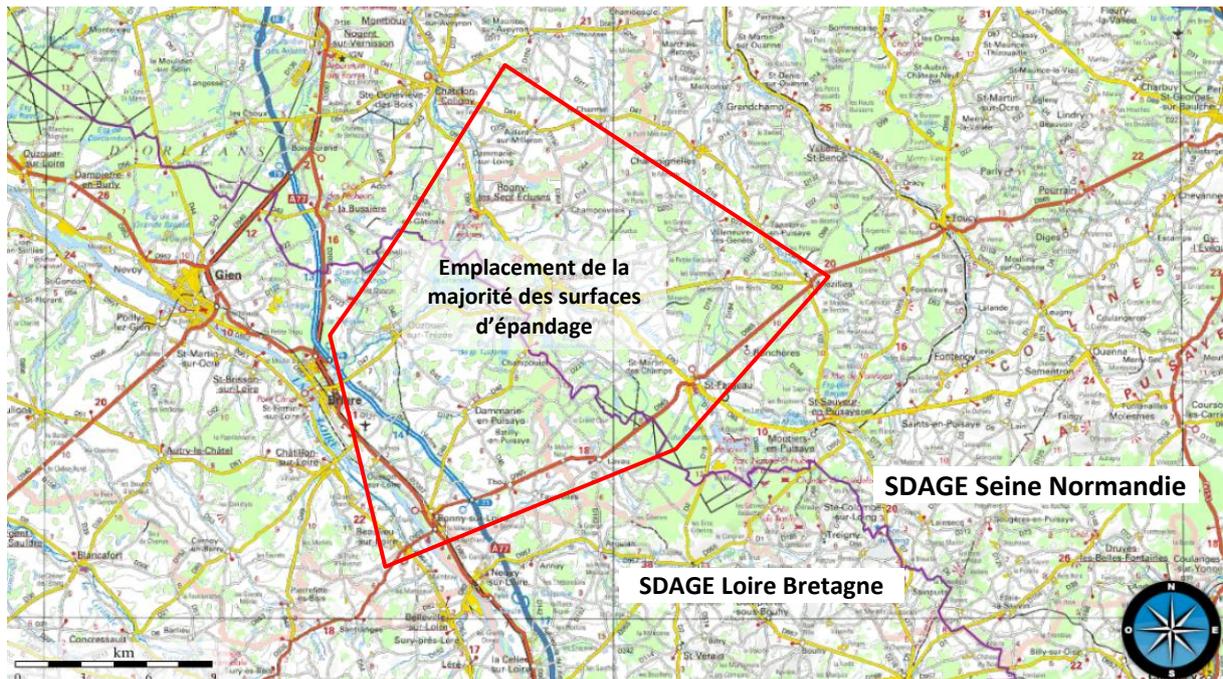


Figure 14 : Localisation du plan d'épandage par rapport aux SDAGE

3.7.2. SDAGE SEINE NORMANDIE 2022-2027

Le chapitre correspondant aux épandages d'effluents agricoles dans le cadre du SDAGE Seine Normandie est le suivant :

Orientation 2.3 : Adopter une politique ambitieuse de réduction des pollutions diffuses sur l'ensemble du territoire du bassin

Disposition 2.3.1. Réduire la pression de fertilisation dans les zones vulnérables pour contribuer à atteindre les objectifs du SDAGE

- Le respect des préconisations du 6ème programme d'action de la Directive Nitrates (dose hectare, CIPAN et reliquat d'azote) répond à cette orientation. Des analyses de l'effluent ainsi que des reliquats d'azote permettront de piloter de façon optimale la fertilisation. La Région Centre est également classée en zone sensible à l'eutrophisation. Les flux de phosphore et nitrate vers les eaux doivent donc être maîtrisés au mieux, ce qui rejoint les objectifs du SDAGE et de la Directive Nitrates.
- L'épandage est interdit en bordure de rivière, si une bande enherbée de 10 m est installée cette distance pourra être réduite à 10 m. Les distances réglementaires pour l'épandage seront respectées.

3.7.3. SDAGE LOIRE BRETAGNE 2022-2027

Les chapitres correspondant aux épandages d'effluents agricoles dans le cadre du SDAGE Loire-Bretagne sont les suivants :

Chapitre 2 - Réduire la pollution par les nitrates

2A - Lutter contre l'eutrophisation marine due aux apports du bassin versant de la Loire et 2B - Adapter les programmes d'actions en zones vulnérables sur la base des diagnostics régionaux

Le respect des préconisations du 6^{ème} programme d'action de la Directive Nitrate (dose hectare, CIPAN et reliquat d'azote) répond à cette orientation. Des analyses de l'effluent ainsi que des reliquats d'azote permettront de piloter de façon optimale la fertilisation.

La Région Centre est également classée en zone sensible à l'eutrophisation. Les flux de phosphore et nitrate vers les eaux doivent donc être maîtrisés au mieux, ce qui rejoint les objectifs du SDAGE et de la Directive Nitrates.

Chapitre 3 – Réduire la pollution organique, phosphorée et microbiologique

3B - Prévenir les apports de phosphore diffus

3B-1 : Réduire les apports et les transferts de phosphore diffus à l'amont de 22 plans d'eau prioritaires

Les parcelles concernées par le plan d'épandage ne sont situées ni à proximité de plans d'eau prioritaires, ni à proximité de plans d'eau non prioritaires.

Chapitre 6 – Protéger la santé en protégeant la ressource en eau

6C – lutter contre la pollution diffuse par les nitrates et pesticides dans les aires d'alimentation des captages

Le référencement des captages se trouve au paragraphe 3.5.2.

Les captages du secteur d'étude ne sont classés comme captage prioritaire par la SDAGE. Néanmoins, les rapports hydrogéologiques et les arrêtés de déclaration d'utilité publique ont été consultés en préalable à la réalisation du plan d'épandage. Les épandages respecteront ce dernier.

Les doses d'apports, les dates et le type de produits épandus se feront dans le respect de ces derniers et du 6^{ème} programme d'action de la directive nitrate.

3.8. CONFORMITE AUX SAGE

Aucune des communes du plan d'épandage n'est concernée par un SAGE (Schéma d'Aménagement et de Gestion de l'Eau).

3.9. ZONES DE PROTECTION ENVIRONNEMENTALES

3.9.1. Natura 2000

3.9.1.1. DEFINITION DES ZONES DE PROTECTION ENVIRONNEMENTALES

L'Union Européenne a adopté deux directives, l'une en 1979, l'autre en 1992 pour donner aux Etats membres un cadre commun d'intervention en faveur de la préservation des milieux naturels.

La directive du 2 avril 1979 dite directive "Oiseaux" prévoit la protection des habitats nécessaires à la reproduction et à la survie d'espèces d'oiseaux considérées comme rares ou menacées à l'échelle de l'Europe.

Dans chaque pays de l'Union européenne seront classés en Zone de Protection Spéciale (ZPS) les sites les plus adaptés à la conservation des habitats de ces espèces en tenant compte de leur nombre et de leur superficie. Pour déterminer ces sites, un inventaire a été réalisé, dénommé ZICO, Zones d'Importance pour la Conservation des Oiseaux.

La directive du 21 mai 1992 dite directive "Habitats" promet la conservation des habitats naturels de la faune et de la flore sauvage. Elle prévoit la création d'un réseau écologique européen de Zones Spéciales de Conservation (ZSC). Parmi les milieux naturels cités par la directive : habitats d'eau douce, landes et fourrés tempérés, maquis, formations herbacées, tourbières, habitats rocheux et grottes, dunes continentales... Actuellement, les sites pressentis ont été transmis à la Commission. Ils sont alors appelés PSIC (Propositions de Sites d'Intérêt Communautaire). Après désignation formelle par la Commission et la France, ils deviendront des ZSC.

Sur la base des observations scientifiques, la directive a permis la création du réseau "Natura 2000". Cette appellation générique regroupe l'ensemble des espaces désignés en application des directives "Oiseaux" et "Habitats". Natura 2000 a pour objectif de maintenir la diversité biologique des milieux en tenant compte des exigences économiques, sociales, culturelles et régionales qui s'y attachent.

3.9.1.2. RECENSEMENT DES SITES ENVIRONNEMENTAUX

Les zones Natura 2000 ont été recensées sur et à proximité des communes du plan d'épandage. Elles sont listées dans le tableau suivant :

Tableau 8 : Recensement des zones Natura 2000

Type	Identifiant	Nom	Communes	Distance relative par rapport aux parcelles d'épandage les plus proches
SITE NATURA 2000 DIRECTIVE OISEAUX	FR2410017	Vallée de la Loire du Loiret	Beaulieu sur Loire, Bonny sur Loire, Ousson sur Loire, Briare	Intercepte les îlots 18 et 19 du GAEC de la Garde
	FR2610004	Vallées de la Loire et de l'Allier entre Mornay sur Allier et Neuvy sur Loire	Neuvy sur Loire	1 750 m de l'îlot 9 du GAEC de la Garde

Type	Identifiant	Nom	Communes	Distance relative par rapport aux parcelles d'épandage les plus proches
SITE NATURA 2000 DIRECTIVE HABITATS	FR2400528	Vallée de la Loire de Tavers à Belleville sur Loire	Beaulieu sur Loire, Bonny sur Loire, Ousson sur Loire, Briare	Intercepte les îlots 18 et 19 du GAEC de la Garde
	FR2600965	Vallées de la Loire et de l'Allier entre Cher et Nièvre	Neuvy sur Loire	1 750 m de l'îlot 9 du GAEC de la Garde
	FR2400527	Étangs de la Puisaye	Breteau, Ouzouer sur Trézée, Dammarie en Puisaye	850 m de l'îlot 17 de PLESSIS Olivier
	FR2601011	Etangs oligotrophes à littorales de Puisaye, à bordures paratourbeuses et landes	Bleneau, Saint Martin des Champs	1 650 m de l'îlot 1 de la SCEA Regnier
	FR2601012	Gîtes et habitats à chauves-souris en Bourgogne	Saint Fargeau	2 840 m de l'îlot 58 de la SCEA Regnier
	FR2600991	Tourbières, marais et forêts alluviales de la vallée du Branlin	Mézilles	6 600 m de l'îlot 63 de la SCEA Regnier

▪ ***Vallée de la Loire de Tavers à Belleville sur Loire et Vallée de la Loire du Loiret***

La vallée de la Loire présente quatre grands traits caractéristiques :

- large val cultivé
- méandres associés à des étendues fréquemment inondées
- lit largement occupé par de vastes grèves de sable et de galets (rares îles boisées)
- ripisylve limitée à quelques rares secteurs

L'intérêt majeur du site repose sur les milieux et les espèces ligériens liés à la dynamique du fleuve. Le site présente des groupements végétaux automnaux remarquables des rives exondées (dont le *Nanocyperion* et le *Chenopodion rubri* avec 7 espèces de Chénopodes), des colonies nicheuses de Sternes naine et pierregarin, et des sites de pêche du Balbuzard pêcheur et du Héron bicolore.

La vallée de la Loire est un site pour la reproduction du Milan noir et du Martin pêcheur.

La courbe supérieure de la Loire d'Orléans à Sully joue un rôle très important pour la migration des oiseaux, limicoles en particulier.

Les îlots 18 et 19 du GAEC de la Garde situés en bords de Loire en zone inondable ont été exclus des zones épandables.

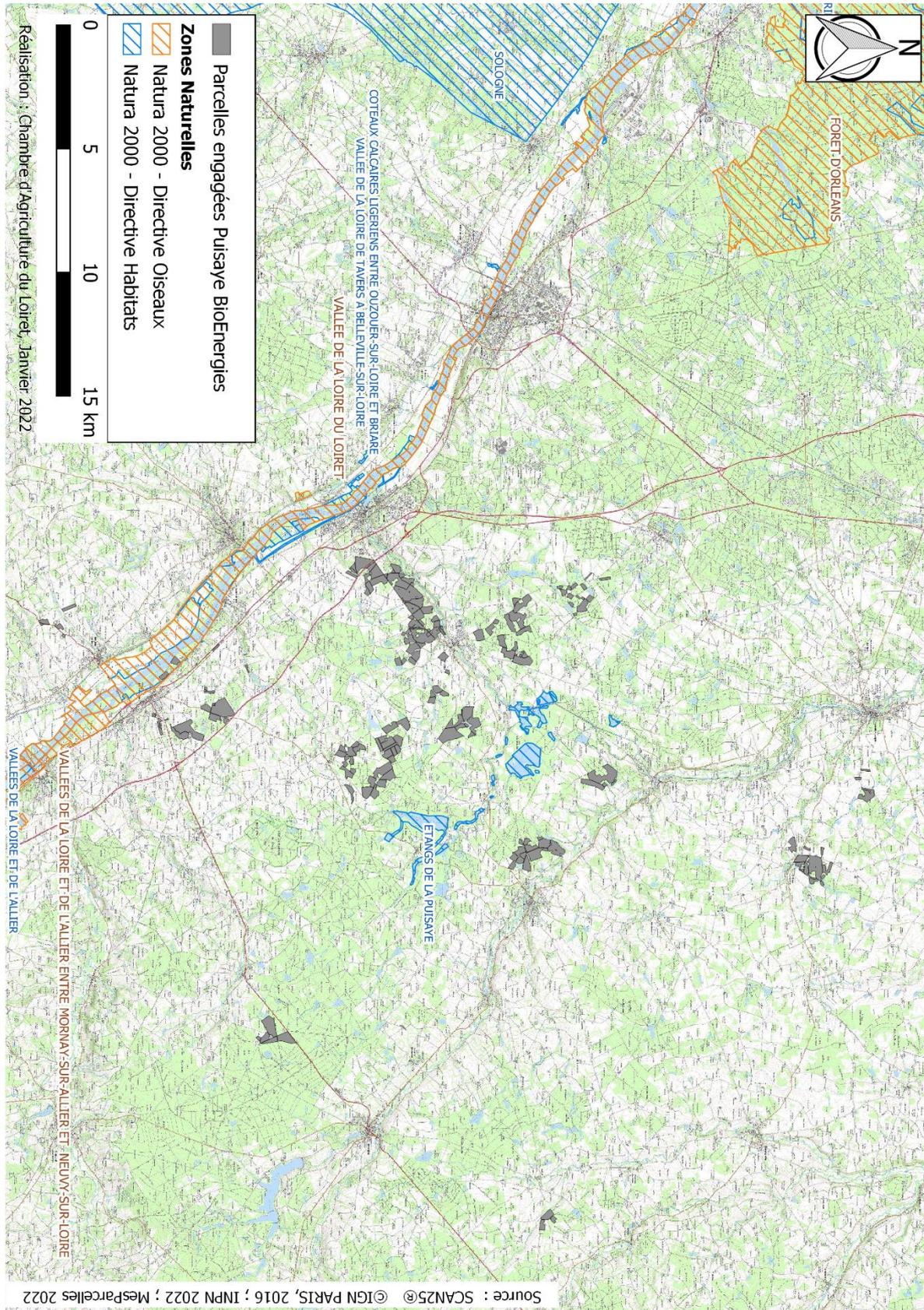


Figure 15 : Natura 2000

3.9.2. ZNIEFF

3.9.2.1. DEFINITION DES ZONES DE PROTECTION ENVIRONNEMENTALES

Les ZNIEFF sont des zones d'inventaires dans lesquelles existe un patrimoine naturel remarquable. Cependant, ces zones d'inventaires ne constituent pas elles-mêmes des zones de protections, elles ne sont sujettes à aucune réglementation. Il existe deux types de ZNIEFF (Zone Naturelle d'Intérêt Ecologique Faunistique et Floristique) :

- **ZNIEFF de type I** : secteurs délimités caractérisés par leur intérêt biologique remarquable ;
- **ZNIEFF de type II** : grands ensembles naturels riches et peu modifiés ou qui offrent des potentialités biologiques importantes.

3.9.2.2. RECENSEMENT DES SITES ENVIRONNEMENTAUX

Les ZNIEFF ont été recensés sur et à proximité des communes du plan d'épandage. Elles sont listées dans le tableau suivant :

Tableau 9 : Recensement des ZNIEFF

Type	Identifiant	Nom	Communes	Distance relative par rapport aux parcelles d'épandage les plus proches
ZNIEFF I	240030483	Chenaie-charmaie des Tremblays	Beaulieu sur Loire	625 m de l'îlot 66 de la SCEA Regnier
	240030782	Grèves des Vals de Beaulieu, Bonny sur Loire et de l'île Bon	Beaulieu sur Loire, Bonny sur Loire	1 550 m de l'îlot 9 du GAEC de la Garde
	260006375	Les brocs, Loire de Neuvy a Myennes	Neuvy sur Loire	1 900 m de l'îlot 9 du GAEC de la Garde
	240009788	Val des Rabuteloires et Ile d'Ousson	Beaulieu sur Loire, Bonny sur Loire, Ousson sur Loire	630 m de l'îlot 23 du GAEC de la Garde
	240030485	Aulnaie-frenaie du bois des Vallées	Bonny sur Loire	1 025 m de l'îlot 24 du GAEC de la Garde
	240009913	Etang de La Tuilerie	Dammarie en Puisaye	80 m de l'îlot 17 de PLESSIS Olivier
	240031681	Pelouse marnicole de la Maison Neuve	Ouzouer sur Trézée	1 290 m de l'îlot 2 de la SCEA Regnier
	240031786	Etangs de la Vieille Gazonne	Ouzouer sur Trézée	1 470 m de l'îlot 2 de la SCEA Regnier
	240007491	Etang de La Grande Rue	Ouzouer sur Trézée, Breteau	1 665 m de l'îlot 2 de la SCEA Regnier
	260014957	L'étang Bossu et ses environs	Breteau, Bleneau	80 m de l'îlot 24 de la SCEA Regnier
	240031335	Chenaie-charmaie du Bois de Fontaine	Châtillon Coligny	910 m de l'îlot 47 de la SCEA Regnier
ZNIEFF II	240031328	Loire Berrichonne	Beaulieu sur Loire, Bonny sur Loire, Ousson sur Loire, Briare	Intercepte les îlots 18 et 19 du GAEC de la Garde
	260009921	Vallée de la Loire de Neuvy sur Loire à Nevers	Neuvy sur Loire	1 700 m de l'îlot 9 du GAEC de la Garde

Type	Identifiant	Nom	Communes	Distance relative par rapport aux parcelles d'épandage les plus proches
ZNIEFF II	240031677	Etangs, bocage et boisements de l'est de la Puisaye du Loiret	Breteau, Ouzouer sur Trézée, Dammarie en Puisaye	Intercepte en partie les îlots 2 à 4 et 8 de la SCEA Regnier, et les îlots 15 et 17 de Plessis Olivier En bordure des îlots 5 et 6 de la SCEA Regnier, des îlots 15 et 16 du GAEC de la Garde, et de l'îlot 12 de Plessis Olivier
	260014944	Etangs, bocage, landes et forêts de Puisaye au sud du Loing	Rogny les sept écluses, Bleneau, Breteau, Lavau	Intercepte en partie les îlots 9 à 11, 18, 19, 22 et 23 de la SCEA Regnier Et totalement les îlots 20, 24 à 30 et 57 à 61 de la SCEA Regnier
	260015443	Vallée du Loing	Rogny les sept écluses, Bleneau	Intercepte en partie l'îlot 18 de la SCEA Regnier
	260014941	Etangs, bocages, landes et forêts de Puisaye entre Loing et Branlin	Tannerre en Puisaye, Mézilles	720 m de l'îlot 63 de la SCEA Regnier
	260014938	Vallée du Branlin de Saints à Malicorne	Tannerre en Puisaye, Mézilles	720 m de l'îlot 64 de la SCEA Regnier

▪ **Loire Berrichonne**

La Loire berrichonne se caractérise par un lit mineur tressé avec de nombreuses îles et grèves. La forêt alluviale occupe une surface bien plus importante que dans les autres sections de la Loire moyenne. Le cours grossièrement orienté Nord-Sud assure à la fois une fonction de corridor écologique et d'étape migratoire. C'est aussi un secteur important de reproduction de l'avifaune.

Comme dans l'Orléanais à l'aval, le fleuve ne reçoit que très peu d'apports d'affluents.

▪ **Etangs, bocage et boisements de l'est de la Puisaye du Loiret**

Cette zone de type II englobe une concentration remarquable de zonages de type I principalement des étangs abritant des végétations aquatiques, des berges et des prairies attenantes riches pour la flore et pour la faune. Certains de ces étangs font partie des sites majeurs de la région sur le plan écologique (l'Étang de la Tuilerie ou l'Étang de la Grande Rue). Cette densité d'étangs constitue également une étape migratoire ainsi qu'une zone d'hivernage pour de nombreuses espèces d'oiseaux. Au-delà des étangs il existe aussi quelques boisements frais, au sud de la vallée de la Cheuille, qui sont favorables à des plantes patrimoniales des sous-bois.

Il faut souligner au sein de la richesse spécifique du secteur la présence des trois seules stations actuellement connues en région du Damier du frêne (*Euphydryas maturna*), espèce de papillon très rare et protégé au niveau national.

Pour la flore, cette zone abrite une des très rares stations du Loiret de Renoncule à feuilles d'Ophioglosse (*Ranunculus ophioglossifolius*). L'est de la Puisaye du Loiret est également la seule région naturelle où l'on peut aujourd'hui observer la Violette à feuilles de pêcher (*Viola persicifolia*), présente sur trois communes sur les berges des étangs de la Tuilerie et de la Grande Rue. Cette espèce des prairies humides pauvres en nutriment est "en danger critique" d'extinction d'après la liste rouge régionale.

▪ **Etangs, bocage, landes et forêts de Puisaye au sud du Loing**

Au cœur de la Puisaye, les terrains argilo-sableux, souvent humides, sont occupés par des prairies bocagères, des massifs forestiers feuillus, un réseau d'étangs, des petits milieux tourbeux, et des zones cultivées.

La ZNIEFF « Etangs, bocage, landes et forêts de Puisaye au sud du Loing » est d'intérêt régional pour ses divers habitats et les espèces animales et végétales inféodées à ces milieux :

- Plusieurs étangs dont le niveau d'eau baisse en été accueillent des successions végétales variées avec des herbiers aquatiques de plans d'eau, des végétations amphibies vivaces des grèves sableuses exondées, divers types de cariçaies et de roselières, des saulaies marécageuses et de nombreuses espèces déterminantes ont été notées en étang avec par exemple : la Rousserolle turdoïde (*Acrocephalus arundinaceus*), la Boulette d'eau (*Pilularia globulifera*), la Cicendie naine (*Exaculum pusillum*)

- Dans les vallons bien alimentés en eau toute l'année se développent une grande variété de biotopes dont de la prairie humide à Molinie bleue (*Molinia caerulea*) sur sols paratourbeux, de la boulaie tourbeuse à sphaignes, de la lande humide, du bas-marais acide, de l'aulnaie marécageuse. Les zones tourbeuses abritent diverses espèces végétales déterminantes : le Rossolis à feuilles rondes (*Drosera rotundifolia*), l'Osmonde royale (*Osmunda regalis*), la Bruyère à quatre angles (*Erica tetralix*).

- En fonction de l'acidité et du degré d'humidité du sol, plusieurs types de boisements et de milieux ouverts associés se distinguent avec : de la hêtraie pure et de la hêtraie-chênaie à Houx (*Ilex aquifolium*) sur sols très acides, de la chênaie pédonculée à Molinie bleue (*Molinia caerulea*) sur sols humides et acides, de la chênaie à Peucedan de France (*Peucedanum gallicum*) sur podzol, de la ripisylve d'aulnes et de frênes, de la chênaie-charmaie sur sols peu acides et humides, la lande atlantique, de l'ourlet herbacé

- Le réseau des mares forestières et prairiales est quant à lui riche en amphibiens : le Triton crêté (*Triturus cristatus*), le Triton marbré (*Triturus marmoratus*) et ses habitats (mardelles à sphaignes).

- Le milieu prairial bocager comprend lui aussi des habitats d'intérêt régional, comme : la prairie de fauche à Fromental élevé (*Arrhenatherum elatius*), la prairie maigre acide à espèces vivaces (fétuques, agrostis), les ourlets humides à hautes herbes, la prairie humide à Jonc à tépales éaigus (*Juncus acutiflorus*), la végétation amphibie des bordures de cours d'eau.

- Plusieurs chauves-souris présentent des colonies de reproduction en bâtiments, à l'image du Petit Rhinolophe (*Rhinolophus hipposideros*). Elles utilisent les différents milieux (prairies bocagères, bordures boisées, limite étang/forêt) pour se déplacer et s'alimenter.

▪ **Vallée du Loing**

Au cœur de la Puisaye, sur les alluvions du Loing et les terrains argileux et sableux du Tertiaire et du Crétacé, la vallée du Loing est dominée par des prairies bocagères. Des forêts humides naturelles, des étangs, des peupleraies et des parcelles cultivées complètent la zone.

Ce site est d'intérêt régional pour ses habitats humides (forêts, prairies, étangs), et les espèces de faune et de flore typiques de ces milieux.

3.9.3. Synthèse

Les îlots 18 et 19 du GAEC de la Garde situés en bords de Loire en zone inondable interceptent les zones Natura 2000 « Vallée de la Loire de Tavers à Belleville sur Loire » et « Vallée de la Loire du Loiret » et la ZNIEFF 2 « Loire Berrichonne ». Elles ont été exclues du plan d'épandage.

Les ZNIEFF 2 « Etangs, bocage et boisements de l'est de la Puisaye du Loiret », « Etangs, bocage, landes et forêts de Puisaye au sud du Loing » et « Vallée du Loing » intercepte en partie et totalement des îlots de la SCEA Regnier, du GAEC de la Garde et Plessis Olivier.

Les épandages seront réalisés en adéquation avec la réglementation et les besoins des plantes pour ne pas perturber l'environnement proche. L'apport d'effluent organique interviendra en remplacement partiel de la fertilisation minérale actuellement pratiquée.

3.10. ZONES VULNERABLES

Les parcelles d'épandage se trouvent toutes dans la zone vulnérable du Loiret définie dans le cadre de la Directive Nitrates. Les prescriptions du sixième programme d'action de la Directive Nitrates s'y appliqueront.

Les grands principes de la zone vulnérable seront appliqués pour limiter le lessivage et valoriser au mieux le produit épandu.

Il sera réalisé des CIPAN ou dérobées avant culture de printemps notamment dans le cas d'épandage à l'automne. Les dates et doses d'apport de la zone vulnérable y seront appliquées. Le sixième programme d'action impose notamment des limites de date et de tonnages par hectare pour les épandages de matières organiques à l'automne (annexe 3).

Les épandages sont raisonnés, respectent les distances réglementaires vis à vis des cours d'eau, et se font aux périodes les plus propices avec des doses par hectare raisonnées. L'absence de pentes et donc de ruissellements, le respect des distances d'épandage et l'implantation d'une bande enherbée de 5 m minimum le long des cours d'eau vont dans le sens d'une diminution des risques d'eutrophisation.

4. LES SOLS

4.1. GENERALITES

L'étude a pour objectif de déterminer l'aptitude des sols à l'épandage et les périodes les plus favorables à cet épandage. Nous nous référons à une typologie simplifiée des sols utilisée lors des campagnes de conseils de fertilisation azotée "Azote Mieux".

Les aptitudes des sols sont déterminées en fonction des critères suivants :

- la texture,
- la profondeur d'apparition de la couche imperméable,
- la nature de la couche imperméable,
- l'hydromorphie.

Nous avons regroupé les sols dans une typologie simplifiée que nous utilisons dans les plans d'épandages. La typologie complète est présente en annexe 4. Cette typologie permet de classer les sols selon leur sensibilité au lessivage comme mentionné dans le tableau ci-dessous.

Tableau 10 : Echelle d'aptitude à l'épandage

Sensibilité au lessivage	Aptitude à l'épandage
Peu sensible 3	Bonne
Moyennement sensible 2	Moyenne en automne hiver Bonne au printemps
Sensible 1	Faible en automne hiver Bonne au printemps

a : labour d'automne obligatoire - p : labour de printemps possible

4.2. DESCRIPTIONS DES SOLS

Les sols présents au sein du plan d'épandage sont répartis principalement sur la Puisaye dans les départements du Loiret et de l'Yonne, et sur une partie surface du Berry dans le Loiret. Nous retrouvons la typologie simplifiée ci-dessous. La détermination des types de sols est issue des Référentiels Régionaux Pédologiques des 2 départements, c'est-à-dire des cartes des pédopaysages au 1/250 000 :

- RRP45 : A.Richer de Forges et al., INRA Infosol, 2008. (Etude 25145)
- RRP89 : D.Baize, B.Laroche, INRA Infosol, 2005. (Etude n°25089)

Puisaye

P2 Limons battants, hydromorphes.

Sol à texture limoneuse en surface (peu ou pas caillouteuse), s'enrichissant en argile en profondeur.

Peu sensible au lessivage. Leur aptitude à l'épandage est bonne 3p

P3 Sols bruns sur argile à silex, limons caillouteux.

Sol à texture limoneuse en surface, forte charge en silex, reposant sur l'argile à silex en profondeur.

***Moyennement caillouteux** : Moyennement sensible au lessivage. Leur aptitude à l'épandage est moyenne en automne et bonne au printemps 2p*

***Très caillouteux** : Sensible au lessivage. Leur aptitude à l'épandage est faible en automne et Moyenne au printemps 1p*

P5 (a,b,c ou d) Sols bruns calcaires, argilo-calcaires.

Sol à texture argilo-limoneuse, calcaire, reposant sur calcaire ou tuf à profondeur variable :

P5b calcaire (ou tuf) à 45 cm

Moyennement sensible au lessivage. Leur aptitude à l'épandage est moyenne en automne et bonne au printemps 2a

P5c **calcaire (ou tuf) à 60 cm**

Moyennement sensible au lessivage. Leur aptitude à l'épandage est moyenne en automne et bonne au printemps **2a**

P9 (a,b,c ou d) Sols sableux ou sablo-limoneux sur argile, hydromorphes.

Sol à texture sableuse ou sablo-limoneuse reposant sur une argile lourde à profondeur variable :

P9a **sable sur argile à 25 cm**

Moyennement sensible au lessivage Leur aptitude à l'épandage est moyenne en automne et bonne au printemps **2a ou 2p**

P9b **sable sur argile à 45 cm**

Sensible au lessivage. Leur aptitude à l'épandage est faible en automne et Moyenne au printemps **1p**

P9c **sable sur argile à 60 cm**

Sensible au lessivage. Leur aptitude à l'épandage est faible en automne et Moyenne au printemps **1p**

Gâtinais de l'Est

GE1 Sols lessivés, limono-argileux, plus ou moins hydromorphes.

Sol à texture limono-argileuse en surface, s'enrichissant en argile en profondeur

Peu sensible au lessivage. Leur aptitude à l'épandage est bonne **3a**

Vallées

V3 Sols sablo-limoneux (présence possible de cailloux).

Sol à texture sablo-limoneuse en surface, reposant sur une argile en profondeur.

Moyennement sensible au lessivage. Leur aptitude à l'épandage est moyenne en automne et bonne au printemps **2p**

V6 Sols argileux hydromorphes.

Sol à texture argileuse ou argilo-sableuse dès la surface, hydromorphes reposant sur une argile lourde.

Peu sensible au lessivage. Leur aptitude à l'épandage est bonne **3a**

Terrasses

S2 (a,b,c ou d) Sols sableux ou sablo-limoneux, hydromorphes, caillouteux, reposant sur une argile ou argile sableuse à profondeur variable :

S2b **sable sur argile à 45 cm**

Sensible au lessivage. Leur aptitude à l'épandage est faible en automne et Moyenne au printemps **1p**

S6 Sols sablo-argileux, hydromorphes.

Sol à texture sablo-argileuse en surface reposant à 30 cm sur une argile sableuse ou argile lourde.

Peu sensible au lessivage. Leur aptitude à l'épandage est bonne **3a**

Orléanais

O2 (sa ou as) Chainasses.

Sol à texture sablo-argileuse ou argilo-sableuse en surface, reposant à 30 cm sur une argile sableuse ou argile lourde.

Peu sensible au lessivage. Leur aptitude à l'épandage est bonne **3a**

O3 (a,b,c ou d) Sols sablo-limoneux ou sableux, hydromorphes, sur argile sableuse.

Sol à texture sableuse ou sablo-limoneuse en surface reposant sur une argile sableuse ou argile lourde à profondeur variable :

O3c sable sur argile à 60 cm

Sensible au lessivage Leur aptitude à l'épandage est faible en automne et Moyenne au printemps **1 p**

5. APTITUDES A L'ÉPANDAGE

5.1. GENERALITES SUR LE POUVOIR EPURATEUR DES SOLS

Concernant l'aptitude à l'épandage, il est bon de rappeler les principaux phénomènes successifs faisant suite à un épandage en surface du sol :

- filtration des matières en suspension et rétention en surface,
- minéralisation progressive de la matière organique en composés carbonés et azotés (ammonium, nitrates) sous l'effet de l'activité microbienne,
- stockage transitoire des sels minéraux (évolution possible vers l'évaporation, le ruissellement ou le lessivage avec échanges d'ions),
- précipitation, complexation,
- assimilation par les plantes.

Les sols les plus appropriés sont ceux qui présentent :

- une perméabilité moyenne (ni trop forte pour éviter les lessivages rapides, ni trop faible qui limite les possibilités de rentrer dans les champs pour les épandages),
- une bonne activité microbienne (pour une minéralisation efficace, matière organique active, bonne aération, pH moyen),
- une forte productivité puisqu'en fin de compte, l'épuration finale est assurée par l'exportation des récoltes.

Un sol sera apte à l'épandage s'il retient les éléments fertilisants et l'eau vectrice du lessivage. C'est-à-dire qu'il sera d'autant plus apte qu'il sera sain, argileux et profond.

A l'inverse, un terrain sableux et caillouteux, hydromorphe (non drainé) ou mince, sera peu apte et les épandages ne devraient se faire qu'en faibles quantités au printemps.

Dans la classification des sols à l'aptitude à l'épandage, nous avons tenu compte de 3 critères fondamentaux :

- la possibilité de retenir les éléments minéraux et l'eau (notion de réserve en eau, de capacité d'échange et de profondeur du sol),
- L'intensité actuelle de l'hydromorphie (sain ou hydromorphe drainé, ou hydromorphe à drainer),
- La possibilité ou non de réaliser des labours de printemps, ce qui permet un épandage juste avant le labour pour les cultures de printemps.

5.2. TABLEAUX DE SYNTHÈSE DES APTITUDES DES SOLS À L'ÉPANDAGE

La typologie des sols et la définition de leur sensibilité au « lessivage » (ou lixiviation) permettent d'identifier les surfaces des parcelles représentées par chacune d'entre elles et de caractériser leur aptitude à l'épandage. Les tableaux 10 à 13 ci-dessous présentent ces résultats.

Tableau 11 : Aptitudes à l'épandage des UCS des RRP

UCS	Source (RRP)	Aptitude à l'épandage	sur la surface totale	
			(ha)	(%)
3	25145	2	14,11	0,9
5	25145	3	92,43	5,7
6	25145	3	17,02	1,1
13	25145	3	21,22	1,3
16	25145	1	229,78	14,3
16	25145	3	0,53	0,0
24	25145	1	11,63	0,7
24	25145	3	4,17	0,3
50	25089	3	47,65	3,0
51	25089	2	100,06	6,2
53	25089	3	83,57	5,2
54	25089	3	63,85	4,0
70	25145	2	0,26	0,0
76	25145	1	83,29	5,2
77	25145	3	29,20	1,8
78	25145	3	2,82	0,2
80	25145	1	183,50	11,4
81	25145	1	123,08	7,6
84	25145	3	219,36	13,6
85	25145	1	116,78	7,3
85	25145	2	36,56	2,3
86	25145	2	98,79	6,1
90	25145	1	9,35	0,6
91	25145	1	6,63	0,4
92	25145	3	6,02	0,4
93	25145	3	7,56	0,5

Tableau 12 : Aptitudes des sols à l'épandage

Sols	Aptitude à l'épandage	sur la surface totale	
		(ha)	(%)
P3 (très caillouteux), P9b, P9c, S2b, O3c	1	764,05	47,48
P3 (moyennement caillouteux), P5b, P5c, P9a, V3	2	249,78	15,52
O2, GE1, P2, S6, V6	3	595,39	37,00

Tableau 13: Echelle d'aptitude à l'épandage

Sensibilité au lessivage	Aptitude à l'épandage	Part sur la surface totale
Peu sensible 3	Bonne	37,00 %
Moyennement sensible 2	Moyenne en automne hiver Bonne au printemps	15,32 %
Sensible 1	Faible en automne hiver Bonne au printemps	45,66 %

Les sols des parcelles engagées dans le projet sont pour environ 35-40 % d'entre eux peu sensibles au lessivage et présentent une bonne aptitude à l'épandage. En revanche jusqu'à 45 % de la surface totale, sont sensibles au lessivage à l'automne mais leur aptitude à l'épandage est bonne au printemps. Ces sols (P3 très caillouteux, P9b, P9c, S2b, O3c) nécessitent une attention particulière pour limiter le lessivage. Des mesures comme le choix des cultures réceptrices et les périodes d'apport (en visant prioritairement les apports de sortie d'hiver et de printemps ou les apports avant colza ou sur prairie) iront dans le sens d'une bonne maîtrise des épandages et limiteront considérablement les risques malgré la présence de sols plus ou moins sensibles.

5.3. ANALYSES DE SOLS

L'arrêté mentionne la réalisation d'analyses de sols (analyse agronomique, granulométrie et métaux lourds).

L'étude agro-pédologique a permis de définir 14 zones homogènes. En moyenne une analyse a été réalisée pour 104 ha épandables. Il a été réalisé au total 14 analyses, celles-ci ayant été réalisées sur des parcelles susceptibles de recevoir le digestat. 12 analyses ont été réalisées dans le cadre de ce plan d'épandage et 2 analyses avaient déjà été effectuées sur les îlots 4 et 13 de l'EARL Saint Malo.

Le pH doit être nécessairement supérieur à 6,0. Elles montrent que les parcelles sont réglementairement aptes à l'épandage avec des pH supérieurs à 6,0 (le résultat complet des analyses figure en annexe 5 et est résumé ci-dessous).

Les coordonnées des points de prélèvement sont les suivantes :

Tableau 14 : Points de prélèvement des analyses de sols

Identifiant de l'analyse	Exploitation	N° îlot
PBE 1	GAEC de La Garde	2
PBE 2	Jean-Noël Plessis	11
PBE 3	SCEA Regnier	63
PBE 4	SCEA Regnier	57
PBE 5	SCEA Regnier	9
PBE 6	Olivier Plessis	15
PBE 7	GAEC la Clinerie	10
PBE 8	SCEA Regnier	8
PBE 9	SCEA Regnier	42
PBE 10	SCEA Regnier	19
PBE 11	Olivier Plessis	11
PBE 13	SCEA Regnier	47
St Malo 18	EARL Saint Malo	13
St Malo 29	EARL Saint Malo	4

Un suivi des analyses sera réalisé tous les 10 ans et à la fin des épandages.

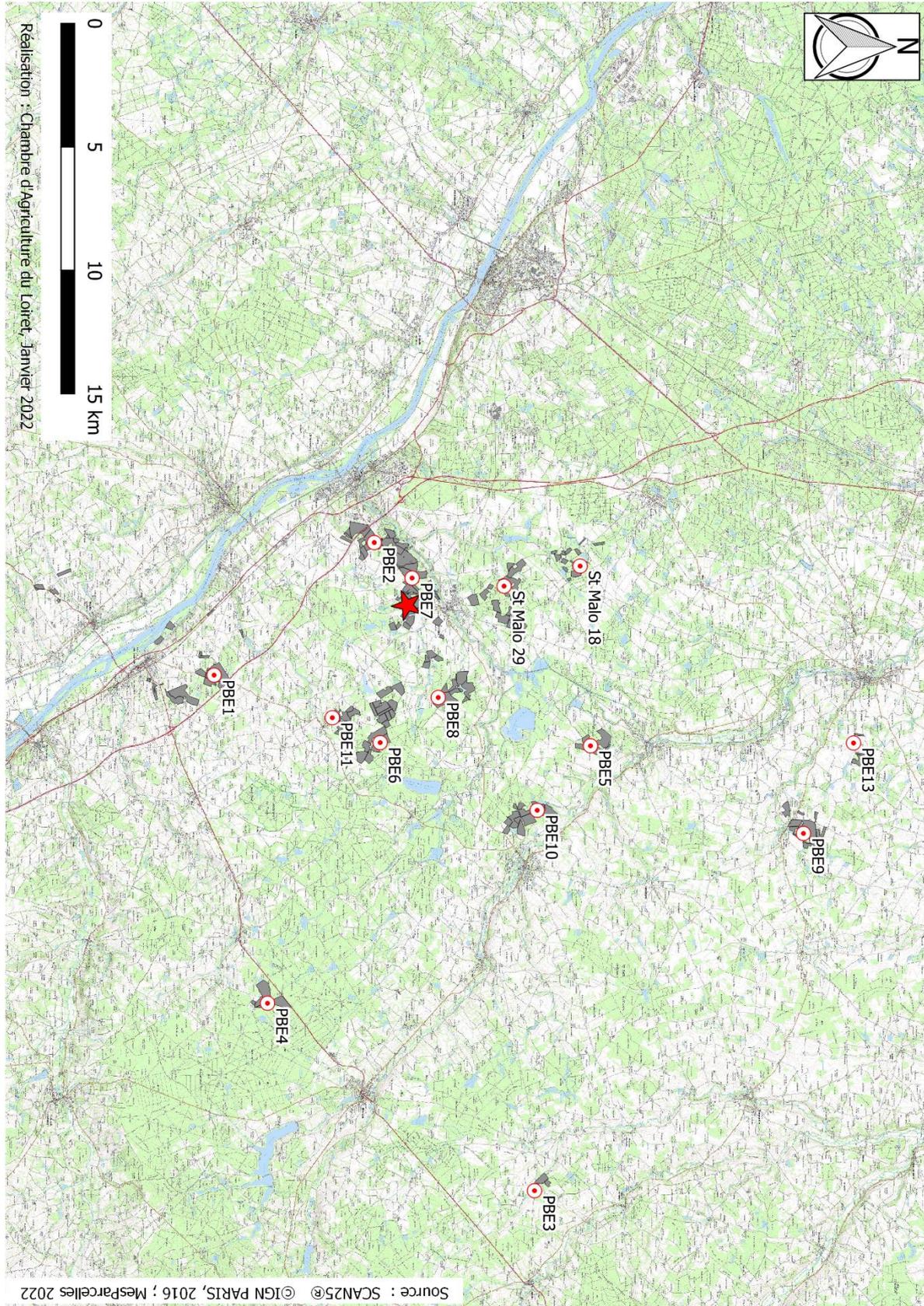


Figure 17 : Carte des points de prélèvements

5.3.1. La granulométrie

La texture générale des sols (12 analyses) est synthétisée dans le tableau suivant :

Tableau 15 : Texture générale des sols des parcelles d'épandage (granulométrie)

	Argile %	Limon fin %	Limon grossier %	Sable fin %	Sable grossier %
Mini	9,9	11,9	6,8	5,5	11
Médiane	14,3	22,7	17,2	9,8	32,9
Maxi	19,8	33,9	29,3	12,6	61,7

La texture de surface des parcelles est majoritairement limono-sableuse, la médiane étant de 39 % de limons, 43 % de sables et 14 % d'argile.

On observe également :

- des parcelles dont la texture de surface est un peu plus riche en argile (texture limono-argilo-sableuse ; 17-19 % d'argile)
- des parcelles dont la texture est sableuse (> 55 % de sables).

Globalement, les sols du périmètre d'étude sont légers, séchants, filtrants et sensibles à l'acidification.

5.3.2. Le pH

Les valeurs de pH et calcaire total sont synthétisés dans le tableau suivant :

Tableau 16 : pH général des sols des parcelles d'épandage

	pH (eau)	Calcaire total (g/kg)
Mini	6,03	0
Médiane	6,7	0
Maxi	7,83	0

Les parcelles ont un pH voisin de la neutralité (pH compris entre 6,1 et 7,8). Sur ces parcelles, les agriculteurs veilleront à maintenir le pH des sols au-dessus de 6,0 afin que les cultures puissent capter convenablement les éléments nutritifs apportés. Un suivi régulier des teneurs des sols sera réalisé afin d'empêcher les apports de digestat sur des parcelles à trop faible pH.

Pour un bon développement des plantes, les exploitants ont tout intérêt à suivre ces teneurs afin de limiter les carences.

5.3.3. La Matière Organique

Les valeurs matière organique sont synthétisées dans le tableau suivant :

Tableau 17 : Matière organique dans les sols des parcelles d'épandage

	Azote total (g/kg)	Carbone organique (g/kg)	MO g/kg (N*20)	C/N
Mini	0,67	7,1	13,4	10,6
Médiane	0,9	9,6	18	10,7
Maxi	1,39	14,6	27,8	10,5

Les sols limono-sableux sont généralement pauvres en MO. Le plan d'épandage présente ici des teneurs moyennes relativement faibles en MO.

5.3.4. Eléments majeurs

Les valeurs des éléments majeurs sont synthétisées dans le tableau suivant :

Tableau 18 : Eléments majeurs dans les sols des parcelles d'épandage

En mg/kg	Phosphore Olsen	Potassium échangeable	Calcium échangeable	Magnésium échangeable
Mini	22	63	1 314	50
Médiane	58	106	1 770	93
Maxi	148	194	3 063	193

Pour le phosphore Olsen dans les sols de ce plan d'épandage :

- des teneurs inférieures à 50 mg/kg sont considérées comme faibles,
- des teneurs comprises entre 50 mg/kg et 70 mg/kg sont considérées comme normales,
- des teneurs supérieures à 70 mg/kg sont considérées comme fortes.

Sur les 14 parcelles analysées, 6 ont des faibles à très faibles teneurs en P₂O₅ pouvant conduire à des carences, 4 ont une teneur moyenne.

Les apports en phosphore des digestats compenseront pour partie les exportations par les cultures sans en apporter plus. Les risques d'enrichissement excessif en phosphore par les épandages de digestats sont donc nuls.

Pour la potasse échangeable, les normes sont beaucoup plus variables car elles dépendent beaucoup du taux d'argile. Pour les sols de ce plan d'épandage, les teneurs recommandées se situent entre 100 et 160 mg/kg. Les parcelles analysées présentent majoritairement des teneurs élevées (9 analyses) en potasse.

Les sols de ce plan d'épandage sont également très bien pourvus en magnésie (teneurs recherchées entre 50 et 90 mg/kg pour ces types de sol).

5.3.5. Eléments traces métalliques

Les valeurs des éléments traces (12 analyses) sont synthétisées dans le tableau suivant :

Tableau 19 : Eléments traces métalliques (ETM)

mg/kg MS	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Se	Zn
Mini	0,13	16,49	2,87	0,02	6,94	14,66	0,24	16,44
Médiane	0,17	24,30	4,89	0,03	10,27	17,09	0,48	24,48
Maxi	0,26	35,45	12,31	0,07	15,97	31,45	0,88	41,13
Norme	2	150	100	1	50	100	10	300
Mini	6,63 %	10,99 %	2,87 %	2,40 %	13,88 %	14,66 %	2,43%	5,48 %
Médiane	8,25 %	16,20 %	4,89 %	2,90 %	20,54 %	17,09 %	4,78 %	8,16 %
Maxi	12,88 %	23,63 %	12,31 %	6,90 %	31,95 %	31,45 %	8,78 %	13,71 %

Les teneurs des sols en éléments-traces métalliques sont très inférieures aux valeurs limites réglementaires définies dans l'arrêté du 17 juin 2021.

5.4. DISTANCES ET CONDITIONS D'EPANDAGE

Les risques de lessivage ne sont pas fonction que du sol. Ils dépendent également des produits épandus, de la culture et de la pluie hivernale.

C'est pourquoi la réglementation fixe des périodes d'épandage en fonction du type de produit. Dans le cas présent, les effluents épandus seront sous forme de digestat solide et liquide.

Les distances minimales, avec d'une part les parcelles d'épandage et d'autre part toutes habitations occupées par des tiers ou tout local habituellement occupé par des tiers, les stades ou terrains de camping agréés, à l'exception de camping à la ferme, sont fixées conformément à l'arrêté du 17 juin 2021.

Tableau 20 : Distances et délais minimaux de réalisation des épandages

Nature des activités à protéger	Distance minimale	Domaine d'application
Puits, forage, sources	50 m	
Cours d'eau et plan d'eau	10 m des berges 35 m des berges	Bande enherbée ou boisée 10m Cas général
Lieux de baignade.	200 m	-
Sites d'aquaculture (pisciculture et zones conchyliques)	500 m	-
Habitations ou local occupé par des tiers, zones de loisirs et établissement recevant du public.	15 m 50 m	Enfouissement direct Cas général

L'arrêté du 17 juin 2021 modifiant l'arrêté du 12 août 2010 est joint en annexe 1.

Les nuisances olfactives seront largement atténuées grâce au phénomène de digestion anaérobie, les épandages pourront donc avoir lieu à 50 m des habitations. Une distance de 35 m sera respectée vis à vis des cours d'eau. Comme inscrit dans le sixième programme de la directive Nitrates, cette distance de 35 m pourra être réduite à 10 m en présence d'une bande enherbée ou boisée d'au moins 10 m entre le champ et le cours d'eau. Il s'agit ici des principales exclusions. Aucun lieu de baignade ou site d'aquaculture n'est présent au sein du périmètre d'épandage.

Sur les 1 387,61 ha de SAU inscrits dans le plan d'épandage, 1 252 ha sont épandables. La différence s'explique par les exclusions vis à vis de forages d'irrigation et d'habitations ainsi que par l'exclusion des petites parcelles souvent en gel fixe. Les contraintes ont été identifiées à partir des cartes IGN (Scan 25 et BD Ortho), à l'aide des rencontres avec les agriculteurs et avec de la prospection de terrain pour partie. La cartographie des parcelles par exploitation ainsi que le tableau récapitulatif des surfaces épandables par îlot sont présents au sein de l'annexe 6.

L'épandage est en plus interdit :

- pendant les périodes de forte pluviosité,
- sur les sols inondés ou détrempés,
- pendant les périodes où le sol est gelé ou abondamment enneigé,
- sur les sols non utilisés en vue d'une production agricole.

La zone d'étude est au sein de la zone vulnérable pour la Directive Nitrates, les dates d'épandages sont donc réglementées.

5.5. MODALITES DE STOCKAGE ET MATERIEL D'ÉPANDAGE

5.5.1. Stockage du digestat liquide

Le stockage du digestat liquide, après séparation de phase, sera assuré par une fosse géomembrane de 10 000 m³. Ces 10 000 m³ permettront le stockage du digestat liquide en dehors des périodes d'interdiction d'épandage. Il y aura un an d'autonomie de stockage du digestat liquide au total sur le site de production.

5.5.2. Stockage du digestat solide

Le stockage du digestat solide se fera via une plate-forme bétonnée couverte (hangar) de 730 m² au niveau du site de production (autonomie d'environ 6 mois) et via de la mise en dépôt temporaire de 48 h maximum sur les parcelles.

L'arrêté du 17 juin 2021 relatif aux unités de méthanisation soumises à enregistrement mentionne que «*les ouvrages de stockage du digestat [...] ont une capacité suffisante pour permettre le stockage de la quantité de digestat (fraction solide et fraction liquide) produite sur une période correspondant à la plus longue période pendant laquelle son épandage est soit impossible, soit interdit, sauf si l'exploitant ou un prestataire dispose de capacités de stockage sur un autre site et qu'il est en mesure d'en justifier en permanence la disponibilité* ». En outre, «*la période de stockage prise en compte ne peut pas être inférieure à quatre mois.*»

La directive Nitrates limite les périodes d'épandage. La plus longue période s'étend du 15 novembre au 15 janvier pour les prairies. Ici, très peu de surfaces de prairies sont présentes dans les assolements donc la plus longue période s'étend du 1^{er} octobre au 31 janvier soit 4 mois. Ici la capacité de stockage sera supérieure.

5.5.3. Épandage du digestat liquide

Compte tenu de la rapidité de la disponibilité en azote pour les plantes, il sera prévu l'épandage du digestat liquide avec des équipements rampe et pendillards ou enfouisseurs à disques, pneus basses pressions, afin de permettre une bonne répartition du produit, une limitation de la volatilisation et réduire l'impact du tassement du sol. Ces épandages seront réalisés par l'exploitant ou un prestataire de service.



Figure 18 : Pendillards

5.5.4. Épandage du digestat solide

Le produit solide sera homogène et d'une consistance friable facilitant les épandages.

L'épandage de solide se fera dans l'idéal avec un épandeur muni d'une table d'épandage et d'un débit proportionnel avancement. Ceci permet, de par la nature du produit de composition assez fine, d'épandre de façon homogène sur toute la parcelle, contrairement à des fumiers pailleux beaucoup plus difficiles à épandre.



Figure 19 : Epandeur à table

Ces épandages seront réalisés par les agriculteurs eux-mêmes ou par une entreprise.

6. ASSOLEMENTS PRATIQUES

Sur le secteur d'étude, les cultures majoritaires sont le blé, le colza et l'orge. Cependant une diversité importante de cultures y est présente. Il n'y aura pas d'épandages avant légumineuses. L'assolement moyen sur les 1 604 ha de SAU est le suivant :

Tableau 21 : Assolement sur les exploitations

Culture	Surface en ha	Part sur la surface totale (%)
Avoine	4,15	0,26
Betterave fourragère	12,52	0,78
Blé dur hiver	20,68	1,29
Blé tendre hiver	381,07	23,75
Colza	163,69	10,20
Luzerne	17,08	1,06

Culture	Surface en ha	Part sur la surface totale (%)
Maïs fourrager	54,45	3,39
Maïs grain	225,23	14,04
Orge hiver	139,62	8,70
Orge printemps	105,31	6,56
Pois	35,53	2,21
Prairie	177,29	11,05
Sorgho	1,5	0,09
Tournesol	131,77	8,21
Trèfle	26,56	1,66
Triticale	10	0,62
GEL + AU	97,97	6,11
CIVE	240	14,96
Total	1604,42	100,00
<i>Total avec Cive d'hiver</i>	<i>1844,42</i>	<i>114,96</i>

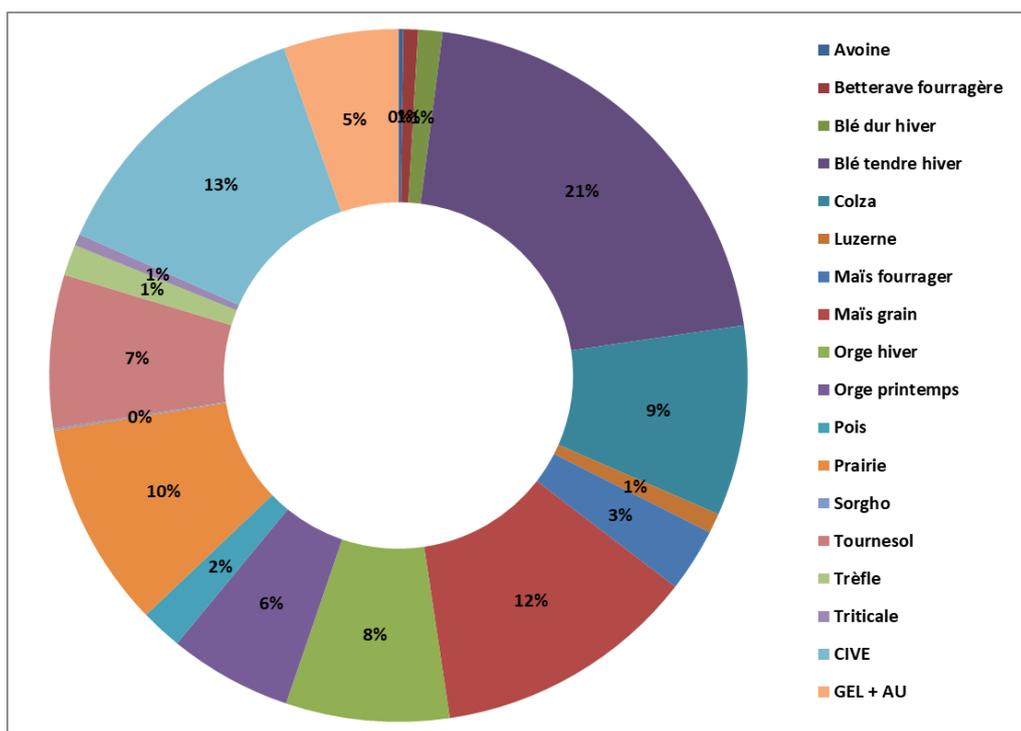


Figure 20 : Assolement sur les exploitations

L'assolement n'est pas fixe dans le temps et varie selon les exploitations. L'introduction de CIVE d'hiver dans les assolements modifie légèrement les assolements des exploitants pour certains avec le remplacement de cultures d'hiver par une CIVE suivie d'une culture de printemps. La part importante de culture de printemps dans les assolements conduit davantage à décaler les dates de semis du maïs, tournesol, sorgho afin de pouvoir produire la CIVE en amont. L'introduction de la CIVE permettra de disposer d'une souplesse supplémentaire pour la bonne gestion de l'épandage des digestats.

7. MODALITES ET DOSES D'APPORT

Les dates d'épandage et doses d'épandage respecteront les programmes d'action de la zone vulnérable du Loiret que ce soit pour le digestat solide ou le digestat liquide.

Les digestats solides pourraient être considérés comme un fertilisant de type I ($C/N > 8$), cependant la forte proportion d' $N-NH_4$ traduit une importante disponibilité de l'azote en première année. Les digestats solides seront donc considérés comme des fertilisants de type II malgré leur C/N élevé.

En partant du principe que les deux produits (solide et liquide) sont des effluents de type II, ils répondent donc à la même réglementation.

7.1. PERIODE D'EPANDAGE

Pour valoriser au mieux les produits épandus et limiter les risques de lessivage, il a été choisi d'épandre les digestats devant les cultures les plus aptes à capter l'azote, ce qui est conforme au programme d'action de la Directive Nitrates.

Pour des raisons agronomiques et environnementales, il a été choisi d'épandre prioritairement les digestats :

- au printemps avant l'implantation des cultures de printemps (betterave, maïs, sorgho, tournesol, ...)
- en sortie d'hiver sur les cultures en place de céréales à paille d'hiver et sur les CIVEs sur les sols suffisamment portants, sous réserve que leur ressuyage soit suffisant
- sur prairie de plus de 6 mois
- l'été dès la moisson (à partir de mi-juillet) et avant l'implantation de colza d'hiver semé suffisamment tôt

Des épandages pourront également intervenir à doses raisonnables en fin d'été avant l'implantation de CIVE ou CIPAN. Le semis des CIVEs peut intervenir tôt (à partir du mois de septembre) permettant un développement suffisant pour capter l'azote apporté par le digestat.

Les épandages pourront donc débuter dès la moisson (à partir de mi-juillet) et s'étaleront dans la mesure du possible au maximum jusqu'au 15 octobre (hors prairies). Ensuite, ils reprendront en sortie d'hiver sur céréales à paille d'hiver en place et CIVE d'hiver, puis au printemps avant les cultures de printemps. Le calendrier prévisionnel d'épandage est présent en page suivante. Deux périodes d'épandage seront nécessaires dans l'année ; ce qui nécessitera une répartition des épandages au printemps jusqu'à l'automne. Les épandages sur culture en place et sur prairie permettront d'avoir des créneaux d'intervention très importants.

Selon la portance des sols, l'épandage de digestats ne sera pas forcément possible sur les parcelles au printemps (sols avec fortes teneurs d'argile, labours d'automne, matériel lourd pour l'épandage...). Dans le cas de mauvaise portance, des épandages d'automne pourront être réalisés. Il pourra être envisagé des épandages avant l'implantation de CIPAN ou de céréales d'automne en dernier recours (mais à des doses limitées). Les dérobées seront ciblées en priorité car elles seront utilisées pour être intégrées au méthaniseur sous forme de CIVE.

A contrario, certaines parcelles pourront bénéficier de plusieurs apports (en diminuant les doses par hectare) dans le cours d'une même campagne. L'objectif de cette technique est de piloter les apports d'azote au plus près des besoins de la culture.

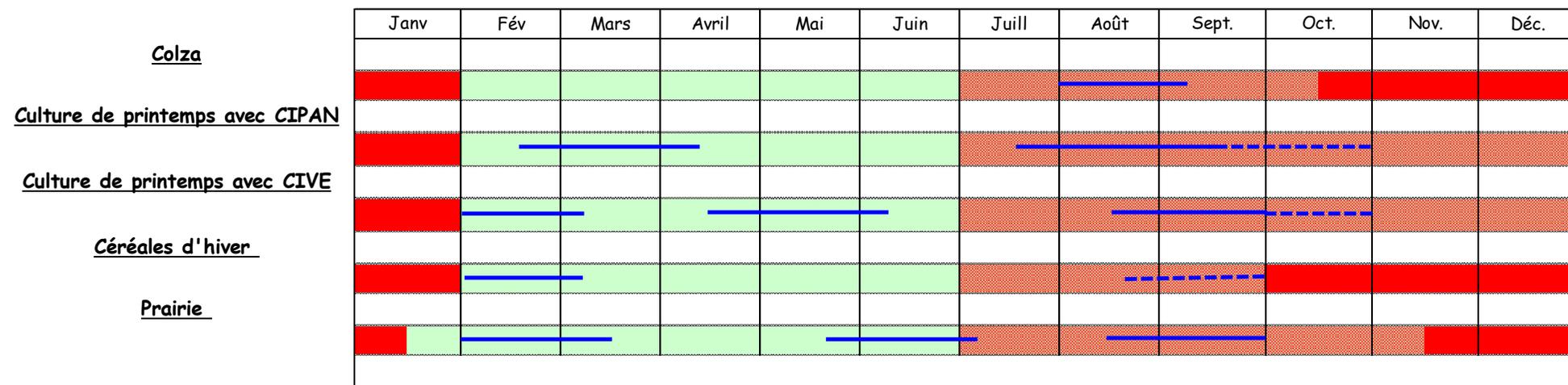
Par exemple pour une CIVE d'hiver, un apport au mois de septembre peut être envisagé avant le semis et ensuite un 2^{ème} apport (février) pour favoriser la pousse au moment du tallage. Il peut en être de même sur prairie avec un apport sortie d'hiver puis après les coupes d'herbe pour favoriser de nouvelles pousses.

Le sixième programme implique la nécessité d'implanter la CIPAN dans les 15 jours suivant l'épandage. Sachant qu'après l'épandage les agriculteurs devront passer un outil pour enfouir le digestat et ainsi limiter les risques de volatilisation de l'azote, ils pourront semer leur CIPAN en même temps. La réglementation permet également un épandage sur CIPAN en place jusqu'à 20 j avant la destruction.

La CIPAN devra être implantée durant 2 mois minimum et ne pourra être détruite avant le 1^{er} novembre.

Tableau 22 : calendrier d'épandage

Digestat (type II)



— Période d'épandage à privilégier

- - - Période d'épandage possible

Épandage interdit (Directive Nitrates)

Épandage autorisé (Directive Nitrates)

Épandage autorisé sous conditions

de 14 j avant le semis à 21 j avant la destruction de la CIPAN/dérobée pour les cultures de printemps



7.2. DOSES D'APPORTS

➤ Logique mise en œuvre dans les calculs de doses :

La directive Nitrates en Région Centre limite les apports à l'automne à respectivement **50 kg** d'azote efficace par hectare devant ou sur CIPAN et dérobées, **60 kg** devant céréales d'hiver et **70 kg** devant colza et prairies afin de ne pas dépasser la capacité d'absorption des plantes en azote et éviter ainsi le lessivage de celui-ci.

Pour le plan d'épandage, nous nous sommes donc basés sur la disponibilité maximale de l'azote. Dans les deux tableaux ci-dessous, nous présentons les doses maximales qu'il est possible d'épandre au vu de la réglementation en azote (DR) et la dose conseillée (DC). La dose conseillée (non obligatoire) permettra une valorisation optimum de l'effluent épandu au vu des minéraux apportés et des surfaces épandables disponibles.

➤ Doses d'apports à l'automne pour le digestat solide :

Les doses conseillées prennent en compte la dose d'azote que la culture en place est davantage en mesure de capter avant l'hiver (à titre d'exemple un blé au stade 2 talles a capté environ 20 kg d'azote). Ces doses permettront également de limiter les risques de lessivage en prenant en compte notamment pour les cultures en CIPAN/dérobées le degré de réussite de la culture et la mise en place de semis tardifs (qui auront une efficacité moindre que les semis précoces).

Tableau 23 : Doses réglementaires et doses conseillées à l'automne pour le digestat solide

Culture	CIPAN/Dérobées		Blé		Colza/Prairie	
	DR	DC	DR	DC	DR	DC
Tonnage/ha	21,7	12	26,1	10	30,4	20
N total en kg/ha	165	91	199	76	232	152
N efficace en kg/ha	50	27	60	23	70	46
P₂O₅ total en kg/ha	189	105	227	87	265	174
P₂O₅ disponible en kg/ha	180	99	216	83	252	166
K₂O total en kg/ha	139	77	168	64	195	128

Suite au lancement de l'unité, des analyses devront être effectuées sur les digestats pour s'assurer de ces valeurs et répondre à la réglementation. Ces analyses devront être répétées tous les ans et avant chaque épandage. Elles permettront d'ajuster au mieux la fertilisation.

➤ Doses d'apports à l'automne pour le digestat liquide :

Les épandages de liquide seront majoritaires. Ils seront réalisés à l'aide d'une tonne à lisier équipée de pendillards ou d'une rampe avec pendillards.



Les épandages de liquide avant blé à l'automne seront évités. Ils seront privilégiés avant colza, prairie et dérobée qui offrent une capacité d'absorption largement supérieure au blé à cette période.

Tableau 24 : Doses réglementaires et doses conseillées à l'automne pour le digestat liquide

Culture	CIPAN/Dérobées		Blé		Colza/Prairie	
	DR	DC	DR	DC	DR	DC
Tonnage/ha	14,9	10	17,9	8	20,8	20
N total en kg/ha	72	48	86	39	100	96
N efficace en kg/ha	50	34	60	27	70	67
P₂O₅ total en kg/ha	22	15	27	12	31	30
P₂O₅ disponible en kg/ha	21	14	26	11	30	29
K₂O total en kg/ha	66	44	79	35	92	88

Suite au lancement de l'unité, des analyses devront être effectuées sur les digestats pour s'assurer de ces valeurs et répondre à la réglementation. Ces analyses devront être répétées tous les ans et avant chaque épandage. Elles permettront d'ajuster au mieux la fertilisation.

➤ **Explications sur les calculs des doses d'apports :**

L'arrêté du 26 janvier 2018 établissant le référentiel régional de l'équilibre de la fertilisation azotée pour la Région Centre-Val de Loire avance un coefficient d'équivalence engrais de 30 % pour le digestat solide et de 70 % pour le digestat liquide (voir annexe 7). Ce coefficient correspond en grande majorité à la part en azote ammoniacal qui est immédiatement disponible pour la plante mais qui va subir une légère volatilisation entre la sortie du digesteur et l'épandage. En contrepartie, une infime part de l'azote organique va compenser cette perte en devenant disponible pour la culture en place ou à venir.

Pour le phosphore efficace, nous avons pris un coefficient forfaitaire de disponibilité immédiate pour le phosphore de 95%.

Les apports sont à comparer avec les besoins des plantes évalués par leurs exportations. Le tableau ci-dessous présente les exportations des principales cultures pratiquées, en éléments minéraux à travers la récolte de grains.



Tableau 25 : Exportation des cultures

Cultures	Rendements	Exportation d'azote en kg/ha	Exportation de P ₂ O ₅ en kg/ha	Exportation de K ₂ O en kg/ha
Maïs grain	100 qx/ha	120	60	55
Blé tendre	70 qx/ha	126	46	35
Orge	70 qx/ha	105	46	39
Colza	32 qx/ha	93	40	27
Tournesol	28 qx/ha	67	34	29
CIVE	30 t/ha	110	21	137

Les besoins de la plante pour la fertilisation doivent également prendre en compte les besoins pour les dégradations des pailles. En comparant ce tableau avec les tableaux ci-dessous sur les doses d'apport, nous notons que les apports d'azote efficace sont inférieurs aux exportations par les grains. Ceci montre bien que les apports d'azote liés au digestat ne répondront qu'à une partie des besoins des cultures. Pour les apports de P₂O₅ et K₂O, il est possible de raisonner la fertilisation sur l'ensemble de la rotation sachant que ces éléments sont peu sensibles au lessivage.

➤ **Epanrages de printemps :**

Dans le cas d'épandage de printemps, les doses d'apports en végétation dans le blé ou juste avant les semis de cultures de printemps permettront une valorisation optimum de l'azote car au plus près des besoins des cultures. Ici, les sols sont en majorité limoneux avec des profondeurs variables. Les épandages seront privilégiés à cette période pour les sols offrant une portance suffisante en sortie d'hiver. Dans ce cas, les tonnages par hectare pourront être revus à la hausse tout en restant en accord avec les besoins de fertilisation.

Contrairement au compost, le digestat présente des teneurs en azote ammoniacal relativement élevées qui justifient de positionner les épandages au plus près des besoins des cultures.

Tableau 26 : Doses conseillées au printemps pour le digestat solide

Culture	Maïs / Tournesol / Sorgho / Prairie
Doses	DC
Tonnage/ha	20
N total en kg/ha	152
N efficace en kg/ha	46
P ₂ O ₅ total en kg/ha	174
P ₂ O ₅ disponible en kg/ha	166
K ₂ O total en kg/ha	128



L'azote du digestat liquide est très rapidement valorisable pour les plantes ; ce qui nécessite de le positionner très proche du besoin des plantes. De par sa richesse, l'épandage doit être positionné comme s'il s'agissait d'un apport d'engrais liquide.

Tableau 27 : Doses conseillées au printemps pour le digestat liquide

Culture	Maïs / Tournesol / Sorgho / Prairie	Blé	CIVE d'hiver
Doses	DC	DC	DC
Tonnage/ha	20	15	15
N total en kg/ha	96	72	72
N efficace en kg/ha	67	51	51
P ₂ O ₅ total en kg/ha	30	23	23
P ₂ O ₅ disponible en kg/ha	29	21	21
K ₂ O total en kg/ha	88	66	66

Le plan prévisionnel de fertilisation permettra de garantir de ne pas dépasser les besoins des cultures.

➤ **Conclusions :**

Les apports d'azote liés au digestat viendront se substituer aux apports d'engrais chimique. A titre d'exemple, en se basant pour le digestat liquide sur 70 % de l'azote total produit (62,88 tonnes) en azote efficace à l'année n, on peut considérer une économie de 44 tonnes d'azote chimique pour l'année, soit une équivalence de 133 t d'ammonitrate 33,5. L'azote organique restant se minéralisera les années suivantes et sera pris en compte par l'agriculteur via les reliquats azotés. Les bilans de fertilisation et les bilans azotés pour chacune des exploitations sont présentés en annexe 8.

Concernant les engrais de fond (P₂O₅ et K₂O), les apports de digestat solide couvriront les besoins de la culture. Les apports de digestat liquide à l'automne pourront nécessiter un complément d'engrais chimique notamment en P₂O₅ sur des parcelles déficitaires pour satisfaire le besoin de la culture.

Pour l'azote efficace, les apports liés au digestat ne seront jamais supérieurs au besoin de la culture mise en place pour éviter le lessivage. Concernant le phosphore et la potasse, il s'agit d'éléments peu mobiles qui présentent très peu de risques de lessivage. Les apports sur la culture pourront donc être supérieurs aux besoins de la plante (pratique courante en agriculture avec des apports d'engrais de fond pour les deux cultures à venir voire plus). A noter que les apports liés au digestat sur l'ensemble de la surface épandable ne couvriront qu'une part des exportations ; par conséquent il n'y aura aucun risque d'enrichissement des sols (les bilans dans le dossier annexé font état de ce rapport « apport organique par rapport aux exportations des cultures »).



Les apports de matière organique seront bénéfiques pour la structuration des sols.

Au total, sur les 1 437 ha épanchables inscrits dans le plan d'épandage, il est prévu d'épandre chaque année le digestat sur 702 ha environ. En se basant sur les doses plafonds établies pour le digestat, il serait possible d'épandre sur moins de surfaces mais pour valoriser au mieux l'azote, il est plus judicieux de répartir le produit avec des doses inférieures et en privilégiant les cultures adéquates. Le retour des épandages de digestat sur la même parcelle se fera en moyenne sur l'ensemble des exploitations tous les 2 ans.

Les épandages seront réalisés en priorité sur la totalité des surfaces en colza, avant l'implantation des cultures de printemps et sur blé et CIVE au printemps. Le restant des épandages sera réalisé avant CIPAN/dérobées voire en dernier recours avant céréales.

En reprenant les bilans de chacune des exploitations, nous notons que les apports de minéraux liés au digestat seront en moyenne de 39 unités d'azote donc loin de la limite des 170 kg d'azote organique / ha de SAU imposé par la directive Nitrates.

Si l'on rapporte les apports totaux du digestat concerné par le plan d'épandage en éléments minéraux (63 t d'N, 34 t de P₂O₅ et 56 t de K₂O) sur le total des SAU inscrites dans le plan d'épandage (soit 1 604,42 ha), les apports s'élèveront seulement à 39 kg d'N, 21 kg de P₂O₅ et 35 kg de K₂O par hectare de SAU.

8. AUTRES APPORTS ORGANIQUES

Les exploitations engagées dans le plan d'épandage ont, pour deux d'entre elles, un plan d'épandage individuel relatif à leur activité d'élevage soumise aux installations classées. C'est le cas pour le GAEC de la Clinerie pour son élevage porcin et pour le GAEC La Garde avec son élevage bovin lait. Dans le cadre du projet, l'ensemble des effluents générés par ces élevages seront intégrés au méthaniseur. Le plan d'épandage de méthanisation fera donc référence pour l'épandage de matières organiques sur ces exploitations.

Les autres exploitations sont céréalnières et deux d'entre elles disposent de plan d'épandage de boues de station d'épuration.

Il s'agit de la SCEA REGNIER avec :

- un plan d'épandage des boues chaulées de Châlette sur Loing. Les îlots présents sur les communes de Aillant sur Milleron et Chatillon Coligny sont inscrites dans le plan d'épandage.
- Un plan d'épandage des boues liquides d'Ouzouer sur Trézée. Les îlots 2, 4, 6, 7 sur Ouzouer sur Trézée font partie de ce plan d'épandage.

Olivier PLESSIS reçoit également des boues avec :

- Un plan d'épandage des boues de Seine Aval. L'ensemble des îlots font partie du plan d'épandage.

Les apports liés à ces effluents ont été intégrés au bilan individuel de chacune des exploitations pour vérifier que les apports totaux seront bien inférieurs aux exportations des cultures. Les surfaces épandues avec des boues ne recevront pas de digestat l'année concernée par l'épandage. Chaque année, en cas d'épandage de boues, les deux exploitations concernées établiront un bilan prévisionnel en phosphore pour vérifier que le total des apports organiques reste inférieur aux exportations.



9. BILANS GLOBAUX DES APPORTS ORGANIQUES A L'EXPLOITATION

Le plan d'épandage est basé sur le maximum de digestat qu'il sera possible d'épandre.

Le tableau suivant récapitule l'ensemble des apports azotés, phosphorés et potassiques organiques, et les compare aux exportations. Ces chiffres sont repris dans l'annexe 8 qui elle-même reprend les bilans de chaque exploitation.

Tableau 28 : Apports azotés, phosphorés, potassiques

	Apport Total/ha SPE			Exportations/ha SPE			Rapport apport export			
	Kg de N/ha	Kg de P ₂ O ₅ /ha	Kg de K ₂ O/ha	Kg de N/ha	Kg de P ₂ O ₅ /ha	Kg de K ₂ O/ha	N	P ₂ O ₅	P ₂ O ₅ dispo	K ₂ O
Moyenne	50	29	42	135	52	89	37 %	57 %	54 %	47 %

En moyenne les apports organiques équilibreront à hauteur de 37 % les exportations en azote et à 57 % ceux en phosphore. A noter que ces calculs intègrent les autres apports organiques provenant des autres plans d'épandage. Les apports liés au digestat couvriront 34 % des exportations en azote, 48 % en phosphore et 47 % en potasse. Des apports en éléments minéraux complémentaires seront donc nécessaires pour satisfaire les besoins des cultures de ces éléments majeurs. La part d'azote organique utilisé pour la fertilisation des cultures nécessitera un pilotage optimum afin de ne pas pénaliser le rendement de la culture.

L'apport en phosphore provenant des apports organiques n'enrichira pas les sols, ce qui pourrait être utile pour certains d'entre eux en fonction des teneurs du sol.

L'apport en potasse provenant des digestats permettra d'améliorer la fertilité des sols des parcelles de ce plan d'épandage qui présentent majoritairement des teneurs faibles à satisfaisantes en cet élément majeur, indispensable à la croissance des plantes pour :

- gérer l'eau de la plante en favorisant son absorption ou son départ par transpiration ; une insuffisance peut diminuer la résistance à la sécheresse,
- réguler la photosynthèse en ouvrant ou fermant les stomates de la plante,
- faciliter la migration des glucides en régulant leur métabolisme dans les feuilles puis leur transport ; par exemple celui du sucre vers les racines des betteraves, ou la transformation des glucides en lipides dans les plantes oléagineuses,
- participer à la synthèse des protéines ainsi que leur migration vers les graines,
- synthétiser plus de 60 enzymes qui commandent les mécanismes de synthèse, de transformation, de migration et de stockage.

Cet élément d'échange, non lessivable, sera majoritairement adsorbé sur le complexe argilo-humique du sol (99 %) puis libéré progressivement dans la solution du sol (1 %) pour satisfaire les besoins des cultures. Une partie du potassium apporté par les digestats pourra également être rétrogradée, de manière réversible pour constituer une réserve lentement utilisable, sur les surfaces internes des feuillettes d'argile dans les sols secs et/ou à faibles pH.



Sur le plan agronomique, on veillera à éviter la consommation excessive (« de luxe ») du potassium par les plantes qui pourrait avoir pour conséquences d'entraver l'absorption d'autres éléments : le magnésium, le calcium, le sodium et le bore. Même si ces antagonismes sont rarement suffisamment intenses pour créer des carences en magnésium, calcium, et bore, et bien que le sodium ne soit pas, semble-t-il, nécessaire à la plante, une attention particulière sera portée à la surveillance des teneurs en potassium des sols des parcelles de ce plan d'épandage afin d'éviter une augmentation trop importante des teneurs sur certaines parcelles.

10. SUIVI DES EPANDAGES ET ENREGISTREMENT

Chaque année, un programme prévisionnel annuel d'épandage sera établi au plus tard un mois avant le début des opérations concernées. Ce programme comprendra (annexe I-e de l'arrêté du 17 juin 2021) :

- la liste des parcelles concernées par la campagne ainsi que la caractérisation des systèmes de culture (cultures implantées avant et après l'épandage, période d'interculture) sur ces parcelles,
- une caractérisation des différents types de digestats (liquides, pâteux et solides) et des différents lots à épandre (quantités prévisionnelles, rythme de production ainsi qu'au moins les teneurs en azote global et azote minéral et minéralisable disponible pour la culture à fertiliser, mesurées et déterminées sur la base d'analyses datant de moins d'un an),
- les préconisations spécifiques d'apport des digestats (calendrier et doses d'épandage...),
- l'identification des personnes morales ou physiques intervenant dans la réalisation de l'épandage.

Un cahier d'épandage sera tenu à la disposition de l'inspection des installations classées pendant une durée de dix ans. Ce cahier d'épandage sera renseigné de manière inaltérable à la fin de chacune des journées au cours desquelles des épandages seront effectués. Il comportera pour chacune des parcelles (ou îlots) réceptrices épandues (annexe I-g de l'arrêté du 17 juin 2021) :

- les surfaces effectivement épandues,
- les références parcellaires,
- les dates d'épandage et le contexte météorologique correspondant,
- la nature des cultures,
- les volumes et la nature de toutes les matières épandues,
- les quantités d'azote global épandues toutes origines confondues,
- l'identification des personnes morales ou physiques chargées des opérations d'épandage,
- l'ensemble des résultats d'analyses pratiquées sur les sols et les matières épandues avec les dates de prélèvements et de mesures et leur localisation. Pour la mise en route de l'unité et les premiers épandages, il sera conseillé de réaliser à minima deux analyses agronomiques et métaux lourds par lot épandus avant les périodes d'épandage sur chacun des digestats et d'en réaliser une par lot en routine.



Voici la répartition dans le tableau ci-dessous :

	En 1 ^{ère} année de mise en service	En routine
Digestat solide	2 analyses en juillet-août 2 analyses en mars-avril	1 analyse en juillet-août 1 analyse en mars-avril
Digestat liquide	2 analyses en juillet 2 analyses en janvier 2 analyses en avril	1 analyse en juillet 1 analyse en janvier 1 analyse en avril

Lorsque les digestats sont épandus sur des parcelles mises à disposition par un prêteur de terres, un bordereau cosigné par l'exploitant et le prêteur de terre sera référencé et joint au cahier d'épandage. Ce bordereau sera établi au plus tard à la fin du chantier d'épandage et au moins une fois par semaine. Il comportera l'identification des parcelles réceptrices, les volumes et les quantités d'azote global épandues.

Les zones d'exclusion seront respectées lors de l'épandage. Les cartes d'aptitudes seront fournies à la personne en charge de l'épandage. Il sera rappelé aux conducteurs les distances d'exclusion vis à vis des tiers, forages, cours d'eau...

Chaque agriculteur conformément à la directive Nitrates doit réaliser un plan de fertilisation azoté prévisionnel qui intègre tous les apports azotés que ce soit les engrais chimiques ou divers produits organiques. Le cahier d'épandage est aussi obligatoire.

La directive Nitrates impose aussi la réalisation d'un reliquat azoté par exploitation et soit l'ajout d'une deuxième analyse soit une estimation à l'aide d'un logiciel. L'apport d'effluents organiques en période dérogatoire (à partir du 1^{er} juillet) nécessite la réalisation d'un reliquat par îlot cultural ou ensemble d'îlots culturaux identiques (même sol, même succession de cultures, même fertilisation). Ici, les épandages seront réalisés seulement pour partie en période dérogatoire ; les épandages de printemps étant privilégiés. Pour les surfaces en colza, ce reliquat pourra être remplacé par une pesée de biomasse ou l'utilisation de la réglette.

Pour chaque ajout ou rejet de parcelles dans le plan d'épandage, un avenant sera réalisé. Ce dernier sera transmis à l'inspecteur des ICPE en charge du dossier et avant les premiers épandages s'il s'agit d'ajout de parcelles. Une analyse de terre au regard des paramètres définis à l'annexe II (à l'exception de la granulométrie) sera réalisée dans l'année qui suit l'ultime épandage sur chaque parcelle exclue du périmètre d'épandage. Cette modification du périmètre d'épandage sera portée à la connaissance du préfet.



Toute admission de déchets ou de matières par le méthaniseur donnera lieu à un enregistrement (art. 29.1 de l'arrêté du 17 juin 2021) :

- de leur désignation,
- de la date de réception,
- du tonnage ou, en cas de livraison par canalisation, du volume,
- du nom et de l'adresse de l'expéditeur initial,
- le cas échéant, de la date et du motif de refus de prise en charge, complétés de la mention de destination prévue des déchets et matières refusés.

L'exploitant sera en mesure de justifier de la masse (ou du volume, pour les matières liquides) des matières reçues lors de chaque réception, sur la base d'une pesée effectuée lors de la réception ou des informations et estimations communiquées par le producteur de ces matières ou d'une évaluation effectuée selon une méthode spécifiée.

Les registres d'admission des déchets seront conservés par l'exploitant pendant une durée minimale de trois ans. Ils seront tenus à la disposition des services en charge du contrôle des installations classées.

L'exploitant établira un bilan annuel de la production de déchets et de digestats et tiendra en outre à jour un registre de sortie mentionnant la destination des digestats (art. 29.1 de l'arrêté du 17 juin 2021) : mise sur le marché conformément aux articles L. 255-1 à L. 255-11 du code rural, épandage, traitement (compostage, séchage...) ou élimination (enfouissement, incinération, épuration...) et en précisant les coordonnées du destinataire.

Ce registre de sortie sera archivé pendant une durée minimale de dix ans et tenu à la disposition des services en charge du contrôle des installations classées et, le cas échéant, des autorités de contrôle chargées des articles L. 255-1 à L. 255-11 du code rural.

Le cahier d'épandage pourra, le cas échéant, tenir lieu de registre de sortie des digestats.

11. ANALYSE DE L'INCIDENCE DE L'ÉPANDAGE ET MESURES PRISES POUR LES LIMITER

11.1. INCIDENCE DU TRAFIC ROUTIER

11.1.1. Risques

La création de l'unité va nécessiter un trafic de camions et engins agricoles pour acheminer les digestats jusqu'aux parcelles d'épandage. Comme tout trafic routier, ce transport de digestats peut entraîner des collisions pouvant elles-mêmes entraîner des blessures corporelles.

Des risques de déversements accidentels peuvent avoir lieu lors du transport si le chargement est trop important. Ces déversements ponctuels pouvant tomber sur la route n'entraîneront pas de pollutions du fait de leur très faible volume mais seront limités autant que possible.



Les risques de déversements peuvent également survenir lors d'un accident de la route ou un déversement de l'ensemble du chargement. Mais même dans ce cas la pollution serait mineure de par le volume transporté dans chaque benne.

En cas d'accident avec du digestat solide, hors zone inondée, les risques de pollutions sont très faibles puisque le digestat pourra être rechargé en totalité dans une autre benne. Dans la mesure du possible, un pompage pourra être envisagé si cela se produit avec du digestat liquide.

11.1.2. Sur les principaux axes routiers

La situation des parcelles d'épandage vis à vis de l'unité permet cependant de limiter le trafic sur les grands axes ou alors simplement leur traversée. La quasi-totalité des îlots épandables (84 %) se trouvent dans un rayon de 10 km autour de l'unité. Les 16 % restants sont éparpillés au Nord, Sud et Est du site à une distance allant de 14 à 24 km.

Le transport sera assuré par l'exploitant avec des camions ou des tracteurs-bennes. On peut estimer le trafic à 105 véhicules de 30 m³ par an avec une densité de 0,7 pour le digestat solide et à 320 véhicules pour le digestat liquide (densité de 1). A noter qu'une partie du trafic routier estimé est actuellement présent via l'épandage de fumier et de lisier et sera donc remplacé par du digestat.

Le trafic induit par le gisement est estimé à 390 véhicules de 30 m³ par an. L'apport du fumier de bovin représentera l'équivalent de 3 passages en tracteurs par semaine sans traversée de communes. L'apport de lisier porcine se fera via une canalisation enterrée depuis la fosse à lisier proche du site.

Les véhicules s'éparpilleront dans toutes les directions autour du site qui constitue un point central. Ce trafic sera réparti tout au long de l'année, soit en moyenne 4 véhicules par jour soit 2 véhicules/jour aller-retour avec des pics d'activité en février-mars, mai et août-septembre. Au mois de mai, le nombre de véhicules/jour pourra être de 24 soit 48 véhicules A/R.

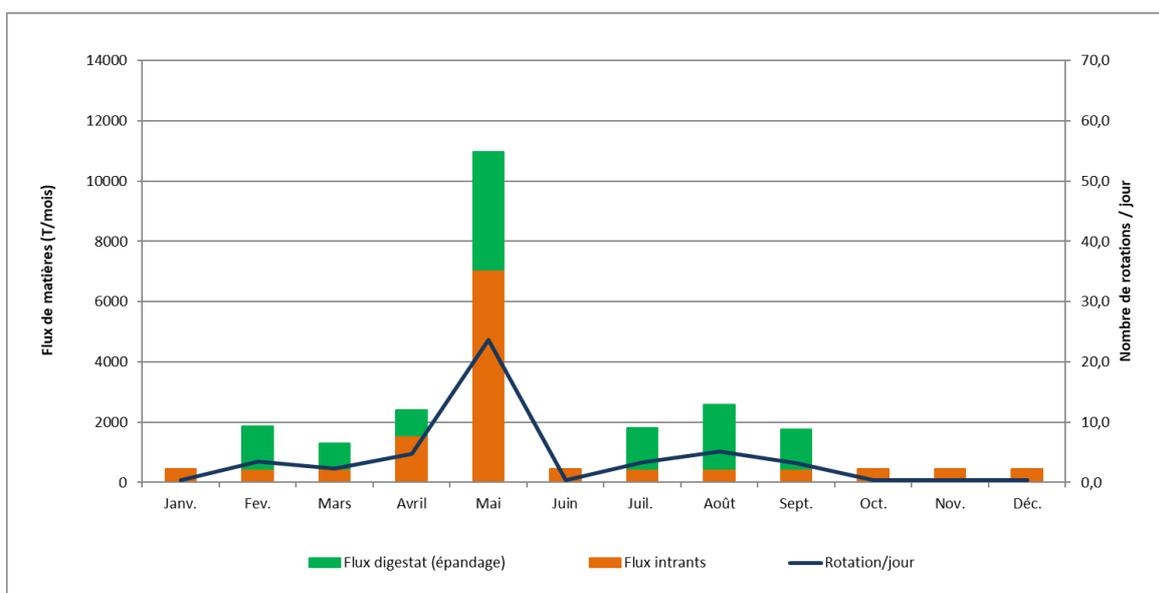


Figure 21 : Flux de matières par mois et nombre de rotation par jour



Pour limiter encore le trafic, il est envisagé d'avoir recours au réseau d'irrigation permettant d'acheminer le digestat vers une partie des îlots sans trafic routier supplémentaire.

La figure suivante montre les principaux axes qui seront empruntés par les véhicules entre le site du méthaniseur et les parcelles.

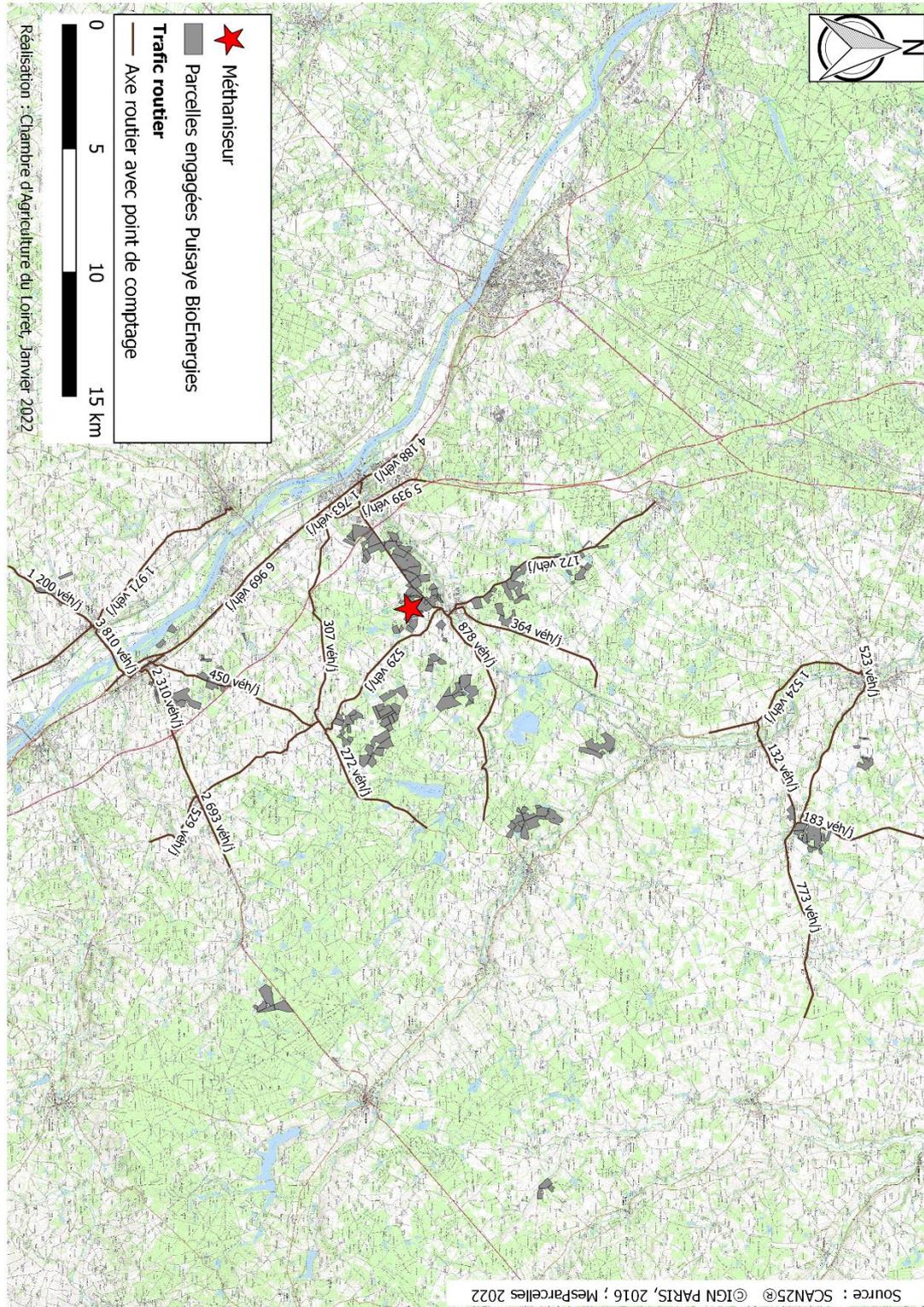


Figure 22 : Principaux axes de communication



Dans le tableau suivant est détaillé pour chaque route, la surface des parcelles engagées ainsi que l'augmentation du trafic qui sera générée par l'activité du site.

Tableau 29 : Trafic routier

Route	Surface parcelles engagées		Nombre de véhicules supplémentaires jours / route		Nombre de véhicules / jour ¹	% de véhicules supplémentaires par jour / route	
	ha	%	Année (5,2 vh/j)	Mois de mai (50 vh/j)		Année	Mois de mai
Route communale	106	7,4	0,2	1,4	Inconnu	/	/
D 47	750	52,2	1,33	9,33	878	0,15	1,06
D 45 Nord	212	14,8	0,38	2,64	176	0,21	1,50
D 45 Sud	417	29	0,74	5,19	529	0,14	0,98
D 48-Nord	260	18,1	0,46	3,23	272	0,17	1,19
<i>D48 Sud²</i>	<i>177</i>	<i>12,3</i>	<i>1,6</i>	<i>3</i>	<i>450</i>	<i>0,36</i>	<i>0,67</i>
D 926	20	1,4	0,04	0,25	1200	0	0,02
D 965	160	11,1	0,28	1,99	2693	0,01	0,07

¹ Données issues des points de comptages (Département du Loiret)

² Le trafic induit par l'apport de fumier bovin (3 véh/semaine) a été ajouté

Au mois de mai, l'activité du méthaniseur génèrera au maximum une hausse de 1,5 % par rapport à la circulation actuelle, certains trajets se substitueront à ceux déjà réalisés par les exploitations agricoles. Sur l'année cette hausse est inférieure à 1 %, l'incidence du projet sur le trafic routier est minime.

11.1.3. Sur les communes traversées

Peu de communes seront traversées, 52 % des parcelles épandables ne nécessitent pas de traversées de communes pour y accéder depuis le site. Le tableau 30 présente pour chaque commune traversée le trafic induit par l'apport de matières (épandage et intrants), ainsi que l'augmentation du trafic généré sur ces communes.

Tableau 30 : Trafic routier au niveau des communes

Communes traversées	Surface épandable concernée (%)	Nombre de veh / mois	Nombre de veh / jour (mai)	Nombre de véhicules / jour sur les axes routiers*	% de véhicules supplémentaires par jour / axe (année)	% de véhicules supplémentaires par jour / axe (mai)
Ouzouer sur Trézée (Sud)	23 %	0,59	4,11	878	0,07	0,47
Ouzouer sur Trézée (Nord)	15 %	0,38	2,69	176	0,22	1,53
Rogny les Sept Ecluses / Aillant sur Milleron	9 %	0,23	1,62	364	0,06	0,44
Bonny sur Loire / Beaulieu sur Loire	1,4 %	0,04	0,25	2500 (moyenne)	0	0,01

*Données issues des points de comptages (Département du Loiret)



Sur l'année, l'augmentation du trafic sera imperceptible pour les traversées de communes, elle est estimée à 0,15 %. Pour le mois de mai, celui qui est le plus impactant, on estime au maximum une hausse de 5 véhicules/jour soit une augmentation de l'ordre de 1,6 %.

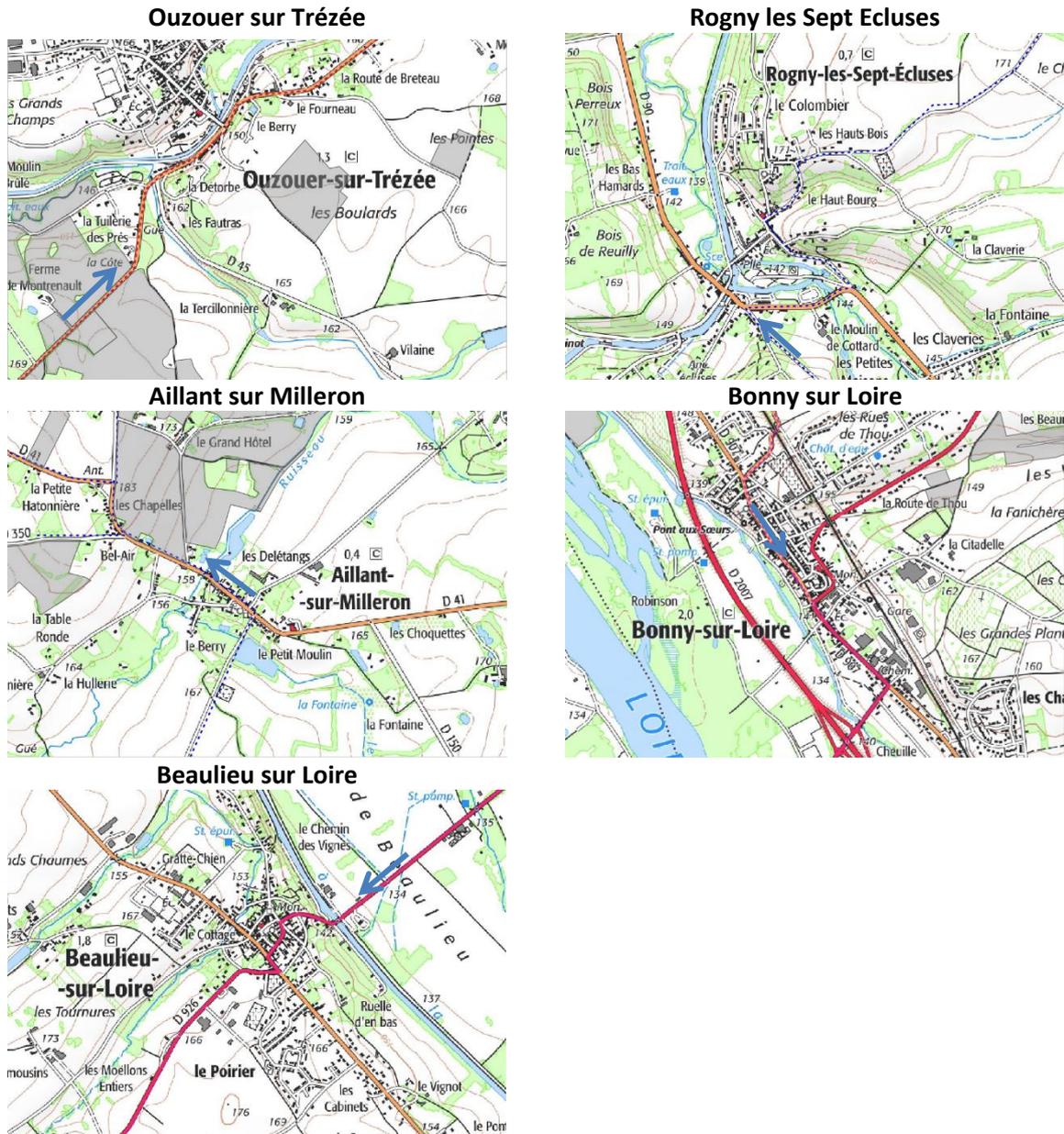


Figure 23 : Focus sur les principales communes traversées (échelle : 1/10 000)

11.1.4. Effets cumulés

L'unité de méthanisation la plus proche du site est celle de la SAS Les 3 Dômes, sur la commune de Gien dont les parcelles épandables sont situées au nord du Canal de Briare.

L'activité de l'unité de la SAS Puisaye BioEnergies empruntera des axes routiers différents, il n'y a donc pas d'effets cumulés entre ces deux unités.



11.2. INCIDENCES SUR LA RESSOURCE EN EAU

11.2.1. Eaux souterraines

Les épandages sont ici raisonnés et respectent la réglementation actuelle. Les pressions d'azote et de phosphore seront peu élevées et n'engendreront pas une dégradation de la qualité des eaux.

L'épandage respectera une distance minimale d'épandage de 50 mètres en vers les sites de captage comme stipulé dans la réglementation en vigueur. Ainsi, les épandages respecteront la réglementation en vigueur ce qui permettra d'éviter tout risque de lessivage vers les eaux des différents captages.

Deux PPC interceptent des parcelles d'épandage :

- L'îlot 59 de la SCEA Regnier est inclus dans le PPE de la source des « Prés de Battereau » situés à Lavau. La parcelle est en jachère, il n'y aura pas d'épandage.
- L'îlot n° 11 de Jean-Noël Plessis est inclus dans le PPE des captages « Pont des Vignes » de Briare. Il n'y a pas de prescription à l'intérieur de ce PPE, l'épandage agricole sera réalisé en conformité avec la réglementation en vigueur.

11.2.2. Eaux superficielles

Au même titre que la ressource en eaux souterraines, l'impact des épandages sur les eaux superficielles pourra être considéré comme négligeable. En effet, les épandages se feront dans le respect de la réglementation vis-à-vis des distances d'épandage par rapport aux cours d'eau. Ils se feront aux périodes les plus propices avec des doses par hectare raisonnées limitant les risques de pollution des eaux de surface.

Ainsi, les surfaces potentiellement épandables situées dans une bande de 35 mètres de part et d'autre des cours d'eau de la zone d'étude ont été exclues du plan d'épandage. Cela limite considérablement la dégradation de la qualité des cours d'eau adjacents. Les épandages ne vont pas engendrer d'eutrophisation des cours d'eau et ne vont pas altérer la qualité piscicole des différentes rivières.

Même si les cours d'eau constituent, en partie, le milieu récepteur des produits de lessivage des parcelles épandables, l'épandage de digestat se faisant dans des quantités raisonnées, il n'y aura pas d'incidences négatives sur la qualité des cours d'eau.

11.3. INCIDENCES SUR L'ENVIRONNEMENT NATUREL

11.3.1. Natura 2000

Les surfaces potentiellement épandables sont situés en dehors de toute zone Natura 2000. Les îlots 18 et 19 du GAEC de la Garde situés en bords de Loire en zone inondable ont été exclus du plan d'épandage.

L'épandage de digestat n'aura donc aucune incidence sur la zone Natura 2000 la plus proche.



11.3.2. ZNIEFF

Les îlots 18 et 19 du GAEC de la Garde situés en bords de Loire en zone inondable interceptent les zones Natura 2000 « Vallée de la Loire de Tavers à Belleville sur Loire » et « Vallée de la Loire du Loiret » et la ZNIEFF 2 « Loire Berrichonne ». Elles ont été exclues du plan d'épandage.

Les ZNIEFF 2 « Etangs, bocage et boisements de l'est de la Puisaye du Loiret », « Etangs, bocage, landes et forêts de Puisaye au sud du Loing » et « Vallée du Loing » intercepte en partie et totalement des îlots de la SCEA Regnier, du GAEC de de la garde, et Plessis Olivier.

Les épandages seront réalisés en adéquation avec la réglementation et les besoins des plantes pour ne pas perturber l'environnement proche. L'apport d'effluent organique interviendra en remplacement partiel de la fertilisation minérale actuellement pratiquée.

L'épandage des digestat n'aura aucune incidence sur les zones naturelles.

11.4. LES RISQUES LIES AUX APPORTS DE MINÉRAUX

Les épandages de matière organique peuvent être une source de pollution s'il y a un ruissellement vers un cours d'eau ou du lessivage vers les nappes. Ces écoulements peuvent entraîner une eutrophisation des milieux humides ou encore une augmentation des teneurs en nitrates dans les eaux des nappes souterraines.

11.4.1. Les nitrates

Le digestat contient des matières azotées sous forme organique ou minérale. Sous l'action de la digestion anaérobie et de la flore microbienne, l'azote organique se transforme lentement en azote minéral qui évolue de la forme ammoniacale (NH_4^+), fugace dans les sols car elle se transforme rapidement en azote nitrique (NO_3^-), qui est soluble et ne se fixe pas au sol. Ce sont ces nitrates qui, lorsqu'ils sont en excès, ruissellent vers les cours d'eau ou s'infiltrent jusqu'aux nappes.

Les nitrates sont des substances indispensables à la croissance des plantes. C'est pour la majorité des végétaux la forme principale d'absorption d'azote qui est indispensable à la fabrication de protéines.

Ces protéines végétales sont la principale ressource en acide aminé indispensable à la fabrication des protéines chez les animaux et l'homme.

Les Nitrates sont donc une des sources de vie.

Mais dans l'eau, les nitrates sont des substances indésirables à forte dose. Dans les étangs et rivières, de faibles doses sont nécessaires à la croissance des algues, une fertilisation raisonnée d'étang piscicole peut être réalisée avec des effluents d'élevage.

Les nitrates sont non toxiques à faible dose mais l'excédent est à proscrire.



Les teneurs en nitrate dans les eaux destinées à l'alimentation ne doivent pas dépasser 50 mg/l, une tolérance existe pour une eau brute comprise entre 50 et 100 mg/l qui peut être traitée. Au-dessus de 100 mg/l il faudra abandonner la ressource.

Sur le plan environnemental les nitrates favorisent l'eutrophisation des cours d'eau et la prolifération d'algues le long des côtes qui peuvent produire des toxines qu'on retrouve dans les coquillages et dans les zones de baignade.

C'est pourquoi le point de la gestion par épandage et valorisation par les cultures du digestat produit sont étudiés de façon précise dans les parties ci-dessus ainsi que la qualité des eaux souterraines, et d'autre part la qualité des eaux superficielles.

Les sols présents sont en majorité peu sensibles au lessivage.

Comme le montre ce graphique tiré de l'expérimentation de longue durée de Rothamsted en Angleterre, ce sont les parcelles qui ont reçu une fertilisation organique depuis plus de 140 ans qui ont une population lombricienne la plus importante.

De plus, l'épandage a un effet positif sur la microfaune et la microflore des terres agricoles : *"les apports de fumiers et de lisiers entraînent toujours une augmentation des biomasses"*. Parmi cette biomasse, les vers de terre constituent un élément essentiel et *« un peuplement équilibré de lombriciens contribue à multiplier les voies possibles du cycle de l'azote, et en conséquence diminue la vitesse de passage dans la nappe phréatique »* (F Binet et P Tréhen 1990 in GIS environnement).

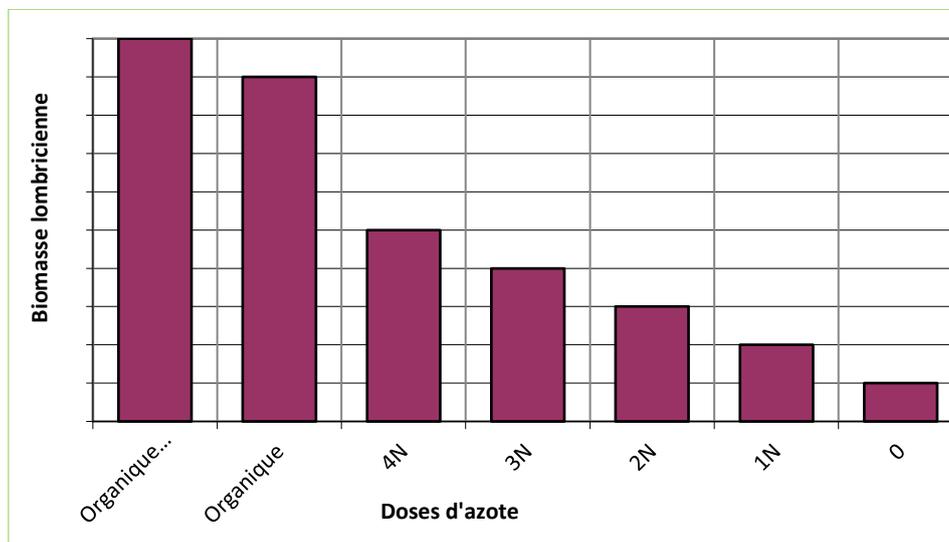


Figure 24 : Effets de la fertilisation sur le vers de terre

L'apport azoté minéral complémentaire sera adapté en fonction du besoin des plantes et de la quantité de produits apportés.

L'apport azoté d'origine organique sera de 39 kg N/ha SAU/an, c'est à dire une valeur très inférieure à celle prévue dans la Directive Nitrates (170 kg N/ha/an). Un cahier d'épandage sera tenu à jour.



11.4.2. Le phosphore

➤ Risque de transfert vers les eaux :

Le phosphore peut engendrer des problèmes de pollution de l'eau, il atteint l'eau par deux circuits distincts, soit :

- directement, comme c'est le cas des eaux usées des stations d'épuration qui, après traitement, sont rejetées dans le cours d'eau,
- indirectement, après l'épandage des déjections animales, des boues résiduelles des stations d'épuration ou des engrais phosphatés sur les cultures.

En effet, ces amendements, lorsqu'ils sont apportés en excès, entraînent une accumulation de phosphore dans le sol. Le phosphore peut ensuite atteindre le réseau hydrographique par ruissellement, par érosion des sols et marginalement par lessivage.

➤ Effet du sol sur les transferts :

Plus précisément, le sol régule les transferts du phosphore vers le réseau hydrographique grâce à ses particules qui le retiennent. Cette particularité conduit à une accumulation importante de phosphore dans les sols. L'un des facteurs intervenant sur les risques de transfert superficiel du phosphore est la sensibilité du sol au ruissellement et à l'érosion et sa sensibilité à la battance.

La battance du sol est fonction en première approche du taux de matière organique du sol et de la texture du sol. Ainsi, lorsque le taux de matière organique dans le sol est important et le sol bien aéré, le risque de transfert de phosphore vers les eaux est plus faible.

En effet, l'infiltration de l'eau est meilleure, il y a donc moins de risque de ruissellement. L'érosion lors de fortes pluies (augmentée par la présence de sols nus en hiver, par la diminution des surfaces de prairies et de bocage) et les stocks importants de phosphore dans les sols, augmentent les transferts rapides vers les cours d'eau.

Dans les cours d'eau, la concentration en phosphore est due à l'accumulation de plusieurs types d'apport et aux sédiments qui stockent le phosphore. Les sédiments des cours d'eau, des retenues et des estuaires jouent un rôle de stockage (puits) et de relargage (source) en fonction du brassage de l'eau, des variations du pH et de la teneur en oxygène des eaux. Le phosphore est donc transféré par « bonds » successifs jusqu'aux estuaires où il s'accumule.



Le phosphore est très peu lixivié en profondeur comme le montre ces deux profils de sol :

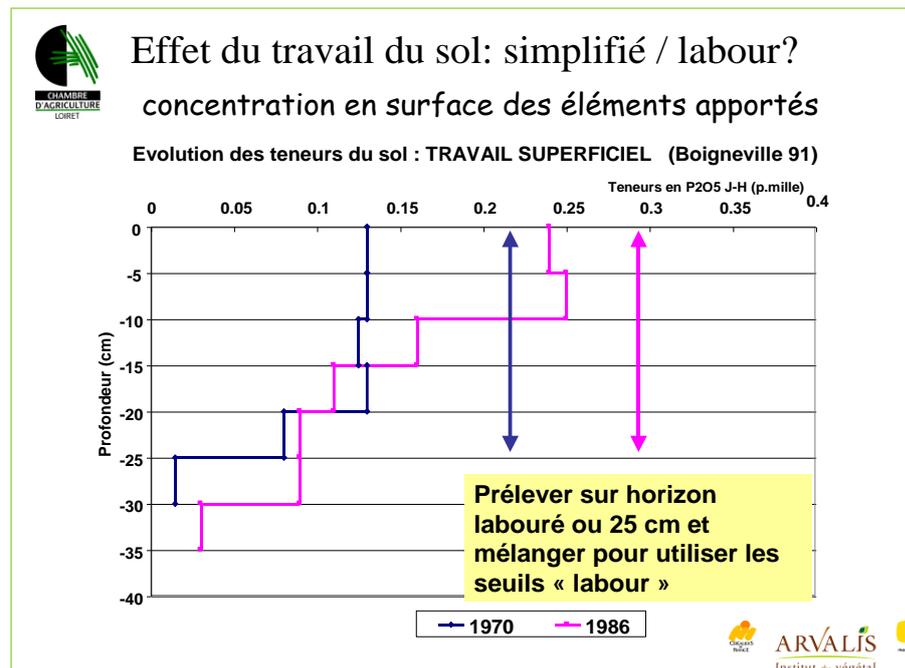


Figure 25 : Effet du travail du sol (Source : Arvalis)

A trente centimètres, il n'y a presque plus de phosphore. Une modification du travail du sol concentre rapidement le phosphore en surface.

Pour qu'il y ait entraînement du phosphore présent dans une parcelle vers un milieu aquatique, il faut donc une proximité de ce milieu aquatique, du ruissellement conditionné par une battance des sols et une pente, et de l'érosion qui dépend de la force du ruissellement et de la fragilité des sols.

Le relief des parcelles d'épandages est plat. Les rivières sont protégées par des bois ou des bandes enherbées, il n'y a aucun risque de départ de P₂O₅ vers le milieu naturel.

➤ Résultats d'expérimentations :

Les teneurs en phosphore Joret Hebert des sols analysés par le laboratoire de la Chambre d'Agriculture du Loiret varient de quelque ppm (partie par million) à plus de 2300 ppm pour des jardins. Aucune toxicité n'est apparue. Ces teneurs excessivement fortes ont été trouvées dans des jardins sans occasionner de toxicité. Il est évident que ces teneurs ne sont pas à rechercher et sont à proscrire.

Le phosphore est un des trois éléments minéraux essentiels à la croissance des plantes. Cet élément fait partie du monde du vivant et n'existe que très peu dans les minéraux des roches. Les sols en sont donc naturellement peu pourvus.

L'augmentation des rendements a pu se faire en augmentant les teneurs des sols par apport d'engrais depuis plus d'un siècle provenant soit de phosphate naturel soit de phosphate naturel traité à l'acide afin de rendre ceux-ci plus solubles. L'enrichissement des sols est donc indispensable afin d'obtenir des rendements corrects.

L'enrichissement des sols ne détruit pas les sols comme le montre ces résultats provenant d'essais anglais de Rothamsted. Dans ces parcelles des apports de phosphore importants ont été épandus pendant plus de 100 ans. La population de lombric croit avec la dose qui est 4 à 5 fois plus forte que le projet présenté, qui est de 40 kg par hectare et par an lié à l'organique.

Les apports sous formes de fumiers sont plus efficaces que les apports sous formes minérales.

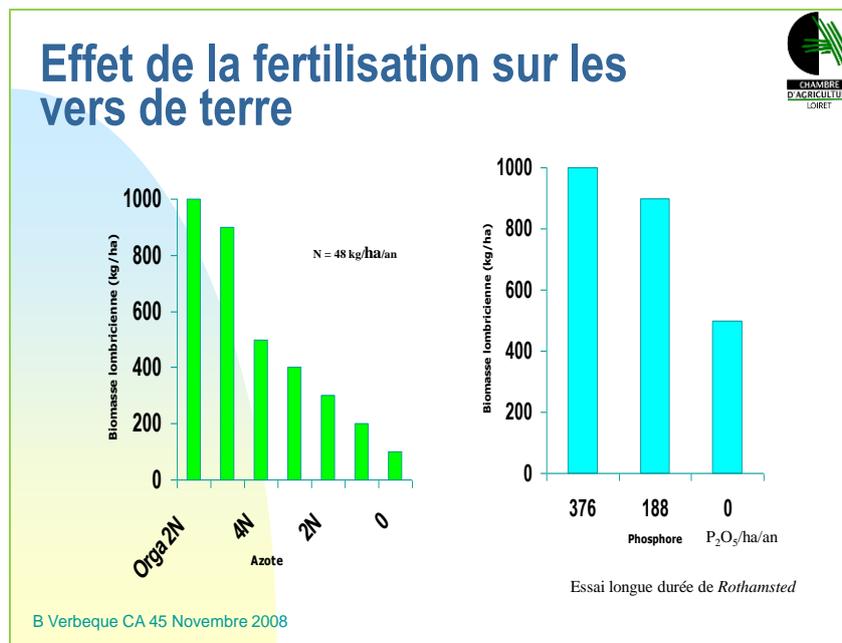


Figure 26: Effet de la fertilisation sur les vers de terre

Il y a une interaction positive avec la biomasse microbienne.

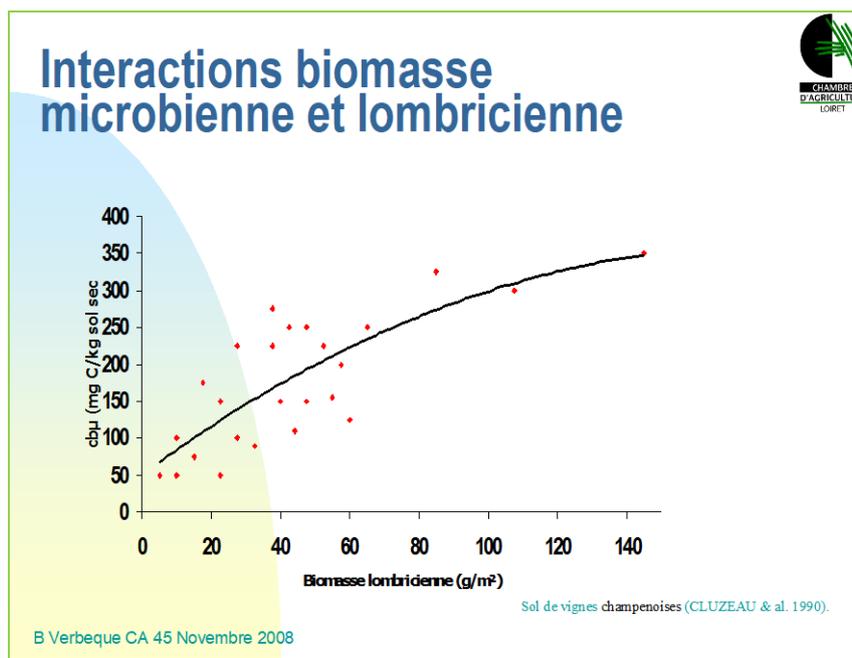


Figure 27 : Interactions biomasse microbienne et lombricienne



L'apport de phosphore ne détruit donc pas les sols bien au contraire il augmente l'activité biologique globale.

L'enrichissement du sol en phosphore biodisponible, donc la forme la plus "mobile" est lent comme le montre ces résultats d'essais :

➤ **Essai au lycée agricole du Chesnoy**

- Sable argilo calcaire avec 20% de cailloux
- PH 8.7
- Essais de 1967 à 1983

Tableau 31 : Essai au lycée agricole du Chesnoy

	Dose annuelle (kg/ha)	Apport total sur 19 ans (kg)	Export moyen annuel (kg/ha/an)	Export sur 19 ans	Rapport apport/export	Teneur 1967 P ₂ O ₅ JH ppm	Teneur 1983 P ₂ O ₅ JH ppm	Evolution stock biodisponible kg /ha de P ₂ O ₅
P1	60	1140	52	986	115%	210	194	- 43
P2	120	2280	52	994	229 %	210	264	+ 146

Dans cet essai un apport de 115 % par rapport aux exportations fait diminuer le stock de phosphore biodisponible. Un apport de 120 kg, correspondant à 229 % des exportations, n'enrichi le sol que de 146 kg/ha, soit 54 ppm ou de 2.8 ppm par an de phosphore biodisponible.

Cet essai confirme qu'un équilibre strict entraîne un appauvrissement en phosphore biodisponible et qu'un apport de 229 % n'entraîne pas un enrichissement rapide et excessif du sol. Si l'on compare les doses à épandre et les bilans à cet essai on ne doit plus observer d'enrichissement en phosphore pour ces sols. Nous démontrons donc qu'il n'y aura pas d'enrichissement en phosphore.

11.5. INCIDENCE SUR LES POPULATIONS ET LE PERSONNEL

11.5.1. Le bruit et les odeurs

La digestion anaérobie permet d'éliminer de nombreux Composés Organiques Volatils, soit par l'action des micro-organismes, soit du fait de l'absence d'oxygène qui joue un rôle dans la dégradation de certains composés organiques. Les odeurs des digestats sont donc largement diminuées par rapport aux produits entrants. Concernant le bruit, il sera lié au trafic routier et aux travaux d'épandage. Celui-ci existe déjà en partie. Ces nuisances s'apparentent aux nuisances classiques du passage d'engins agricoles.



11.5.2. Les risques sanitaires

Les risques sanitaires lors des épandages seront faibles compte tenu de l'origine du produit et du traitement. En effet, le gisement se compose majoritairement de déchets et sous-produits agricoles et issus de l'industrie agro-alimentaire. Ces matières sont peu exposées au risque de contamination par des éléments traces métalliques, composés traces organiques ou bien par des micro-organismes pathogènes.

11.5.2.1. LES RISQUES DUS AUX NITRATES

En présence de bactéries les nitrates transformés en nitrites peuvent provoquer chez les nourrissons de moins de 3 mois nourri au biberon une méthémoglobinémie, "chez le reste de la population le seuil de 50 mg/l est d'avantage une mesure de précaution vis à vis du risque potentiel de cancer gastrique sur le long terme". "*Bien que les preuves épidémiologiques d'une association entre l'apport alimentaire de nitrates et le cancer soient insuffisantes*" (OMS) chez l'adulte la dose maximale admissible résultant de la totalité consommée est fixée à 3,65 mg de nitrates / kg de poids corporel. Les nitrates dans l'alimentation proviennent principalement des légumes et des conservateurs. (Note DDASS janvier 2001).

Les épandages de digestat pourraient avoir un impact sur la qualité de l'eau mais l'ensemble du plan est dimensionné pour limiter les fuites de nitrate et notamment vers l'eau potable (équilibre de la fertilisation, épandage hors de périmètre rapproché de captage d'eau potable). La pression azotée d'origine organique par hectare est inférieure aux maximaux autorisés et les épandages seront fonction des besoins des plantes.

11.5.2.2. L'AMMONIAC

Ces produits sont riches en ammoniac (NH_4^+). Lors de l'épandage cet ammoniac peut se transformer en ammoniac gazeux (NH_3) et se volatiliser. Cet ammoniac peut avoir un effet sur l'homme. Certaines personnes détectent plus facilement l'ammoniac que d'autres. Le tableau ci-dessous résume les effets des niveaux de concentration de l'ammoniac sur l'homme.

Tableau 32 : Effets du niveau de concentration de l'ammoniac sur l'homme

Niveau d'exposition	Effets
5 ppm	Délectable à l'odeur
6 à 20 ppm	Irritation des yeux et du système respiratoire
40 ppm	Maux de tête - nausée - perte d'appétit
100 ppm	Irritation de la muqueuse - salivation - écoulement nasal

Il n'existe pas d'étude probante montrant l'effet cancérigène de ce gaz. Les valeurs toxicologiques de références émises par les organismes d'expertise sont fondées sur des observations chez l'homme ou d'extrapolations à partir d'expérimentations animales pour les expositions supérieures à un jour. Elles retiennent l'existence d'un seuil pour l'expression du danger. Les concentrations maximales admissibles recommandées sont présentées dans le tableau suivant.



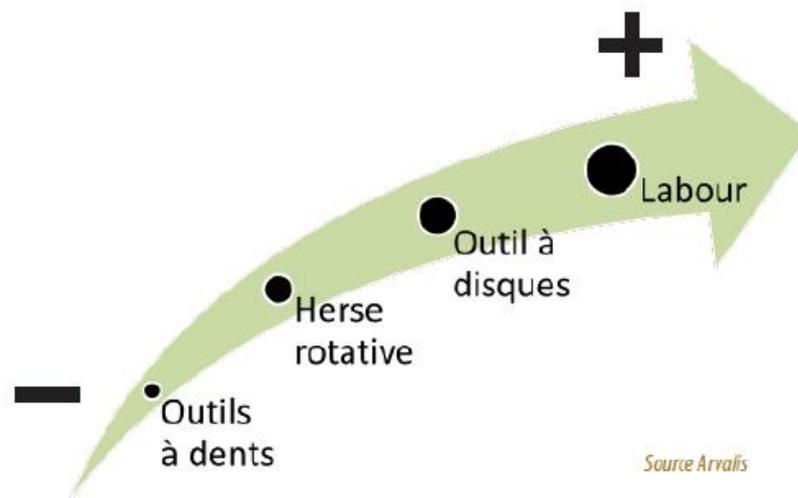
Tableau 33 : Recommandations concernant les teneurs atmosphériques en ammoniac selon la durée d'exposition

Organisme	Durée d'exposition	Valeur proposée	Exposition
INRS	Instantanée	36 mg/m ³	professionnelle
	8h/jour	18 mg/m ³	''
OMS	Instantanée	20-50 mg/m ³	Environnementale
ATSDR	1 jour	36 mg/m ³	''
	14 jours	0,36 mg/m ³	environnementale
	> 14 jours	0,22 mg/m ³	''
EPA	Vie entière	0,1 mg/m ³	environnementale

La transformation en ammoniac gazeux peut se produire lors des épandages c'est pourquoi un épandeur avec pendillards est prévu pour le liquide. Les enfouissements seront aussi rapides. L'agriculteur n'a pas intérêt à perdre ce fertilisant. Ces pertes se feront dans les champs donc dans un milieu aéré et non confiné comme peuvent l'être les élevages. L'exposition et la concentration seront donc faibles, les risques peu élevés.

Pour optimiser la valeur fertilisante des digestats liquides et réduire le risque de volatilisation de l'azote ammoniacal, il est préconisé de :

► **Enfouir le digestat rapidement (6 à 12 h maximum après épandage) : réduction des pertes de 50 à plus de 90 % :**



Efficacité des différents moyens d'enfouissement du digestat, source Arvalis - Institut du végétal

► **Epandre les digestats liquides au plus près de la période d'absorption de l'azote minéral des cultures réceptrices pour éviter les pertes par lixiviation des nitrates issus de la nitrification de l'azote ammoniacal.**

11.5.2.3. INCIDENCES DES EPANDAGES DE DIGESTAT SUR LES PROPRIETES DES SOLS (SOURCE : REVUE DE LITTERATURE DU GERES, A. REIBEL, 2018)

De manière générale, on observe dans de nombreux cas que la méthanisation joue un rôle bénéfique tant sur les propriétés physiques que sur les propriétés biologiques des sols : augmentation de l'activité respirométrique, de l'activité nitrifiante des micro-organismes, de la biomasse bactérienne, de l'activité enzymatique, de la capacité d'échange cationique, plus grande abondance de lombrics.

Par ailleurs, la stabilité des agrégats, le pH, la teneur en matière organique du sol, sont aussi affectés par les pratiques culturales susceptibles d'évoluer positivement consécutivement à la mise en place d'un projet de méthanisation, et pas seulement par la nature des matières organiques apportées aux sols.

▪ **Effets sur les propriétés biologiques du sol**

La littérature fait en grande majorité état **d'une augmentation de l'activité microbienne du sol** suite à l'épandage de digestats de méthanisation, indépendamment de l'origine de leurs intrants. En effet, l'épandage de digestat apporte une source d'énergie carbonée supplémentaire qui augmente l'activité des micro-organismes du sol.

L'activité microbienne semble proportionnelle à la part de C facilement biodégradable.

Cette augmentation a été **comparée avec des applications directes de substrat non fermentés**. Merz (1988), Reinhold *et al.* (1991), Schröder *et al.* (1996), et plus récemment Möller (2015) ont constaté une augmentation de l'activité plus faible avec le digestat par rapport aux intrants non digérés, sur du court terme. A long terme (plusieurs années), la différence entre digestat et intrants non digérés semble être non significative. De plus, cette augmentation de la vie biologique **semble dépendre des cultures** ; on observe sur les essais peu de différence entre effluent non digéré et digéré par exemple sur les champs cultivés (cas des parcelles de ce plan d'épandage) alors que la différence semble être significative sur les prairies. En l'état actuel des références scientifiques disponibles, sur le long terme, l'effet positif des digestats sur la vie biologique des sols est donc relativement comparable à celui des substrats non fermentés.

Il ressort par ailleurs de la littérature scientifique que la fonction écologique de certains organismes décomposant la MO et minéralisant les nutriments du sol n'est plus stimulée de la même manière lors de l'épandage de digestat, dans la mesure où une première décomposition a déjà eu lieu par les organismes anaérobies durant le processus de méthanisation. Ainsi, des essais sur 25 ans ont été réalisés par Wentzel *et al.* (2015), comparant des parcelles amendées avec du lisier et d'autres avec du lisier digéré. Une baisse de la biomasse microbienne s'attaquant au carbone a été observée, le carbone contenu dans le digestat étant sous forme plus récalcitrante.

Elste *et al.* (2010) ont également observé une augmentation de la population de vers de terre consécutivement à l'épandage de digestats.

Comme pour les micro-organismes du sol, la structure de la communauté lombricienne peut être influencée par les produits organiques apportés. Par exemple, Clements (2013) a mis en évidence que le ver du fumier (*Eisenia Fetida*) préférait le digestat alors que le ver de terre commun (*Lumbricus terrestris*) semble privilégier le lisier.



Cependant, isoler le processus de méthanisation reste complexe. La méthanisation, en particulier agricole, induit souvent des changements plus conséquents à l'échelle de l'exploitation. Elle s'accompagne en général d'évolution de pratiques qui peuvent être source de carbone supplémentaire et induire également des effets sur la structure des communautés d'organismes vivants du sol (allongement des rotations, diversification des assolements, couverts végétaux, remplacement d'une partie de la fertilisation chimique par une fertilisation organique...).

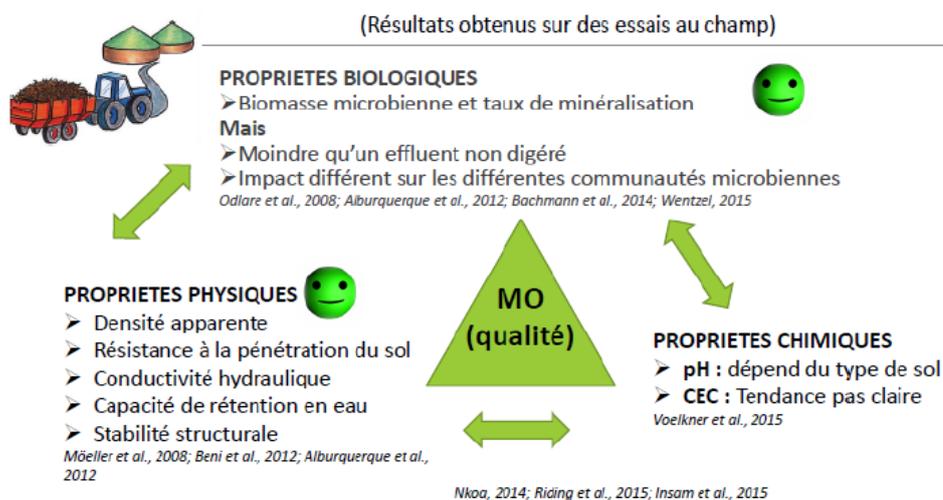
▪ **Effet sur les propriétés physiques du sol**

Bien qu'ils n'aient été réalisés que sur du court terme, plusieurs essais (Garg *et al.* 2005 ; Beni *et al.* 2012) montrent que l'apport de digestat augmente la fertilité du sol par une diminution de la masse spécifique de sédimentation et une **augmentation de la Capacité de Rétention en Eau (CRE)**.

Voelkner *et al.* (2017) ont également rapporté une amélioration de la CRE après incorporation du digestat dans différents sols sableux et argileux – limoneux, et cela malgré leur postulat de base (la méthanisation produit comme intermédiaires des acides gras qui peuvent amplifier le caractère hydrophobe du sol). Ce phénomène peut s'expliquer selon les auteurs ainsi qu'Hallett *et al.* (2002) par le ratio champignons/bactéries décroissant. En effet, un fort développement des communautés fongiques peut provoquer un effet hydrofuge. Or ce sont surtout les communautés bactériennes qui semblent se développer en présence du digestat.

Par ailleurs, la **stabilité des agrégats semble être renforcée** (Beck and Brandhuber 2012 ; Beni *et al.* 2012 ; Erhart *et al.* 2014 ; Frøseth *et al.* 2014). Pour la Capacité d'Echange Cationique (CEC), la tendance n'est pas claire (Voelkner *et al.*, 2015) bien qu'une synthèse de Solagro de 2014 avance , en général, une CEC plutôt améliorée. Concernant les potentiels effets négatifs, une accumulation de matières en suspension et de cations mono-valents (Na⁺, K⁺, NH₄⁺, etc.) peut jouer de manière négative sur la stabilité du sol en entraînant un phénomène de battance accrue. Nous rappelons toutefois que les sols des parcelles de ce plan d'épandage ne sont pas sensibles à la battance.

▪ **Synthèse des effets sur les sols observés dans les essais au champ**



Synthèse des effets constatés sur les propriétés des sols, selon essais au champ ; Menasseri et Aubry « 16 septembre 2016, SPACE, « Les enjeux agronomiques et sanitaires des digestats »



11.5.2.4. EFFET DE LA METHANISATION SUR LES PATHOGENES

La méthanisation a un impact positif sur la diminution des pathogènes comme le montrent ces différents articles.

➤ **« Effets de la digestion anaérobie sur les micro polluants et germes pathogènes », Christian COUTURIER :**

Cet article donne l'état des connaissances des effets de la méthanisation anaérobie, à partir d'une étude bibliographique réalisée pour le compte de l'ADEME en 1999, et de publications plus récentes. Il ressort de ces travaux que la digestion anaérobie :

« Virus, bactéries, parasites, champignons : le risque infectieux est lié étroitement à la dose subie, c'est-à-dire à la quantité de microorganismes en relation avec l'hôte potentiel – humain, animal, plante. Le traitement vise à réduire l'exposition en éliminant ou inactivant les organismes pathogènes »

Les principaux paramètres d'élimination des agents pathogènes sont le temps et la température. Globalement, la digestion mésophile classique (autour de 37°C) permet d'éliminer en ordre de grandeur 99 % des germes pathogènes (facteur 100), et la digestion thermophile (autour de 55°C) 99,99 % (facteur de réduction de 10.000)

➤ **Quelle place de la méthanisation en Ile de France (Ordif juil 2003) ?**

- **Les germes pathogènes :**

Les principaux paramètres d'élimination des bactéries sont le temps et la température. *Dans la pratique, le taux de réduction dépend de nombreux paramètres : la concentration initiale en agent pathogène, le mode d'alimentation du digesteur, et la compétition avec les autres microorganismes.*

La majorité des espèces virtuellement pathogènes est éliminée par la méthanisation.

Les rares résultats disponibles sur les phytopathogènes, susceptibles de parasiter les plantes, sont très satisfaisants : le Fusarium oxysporum (champignon), le Corinobactrium michiganense (bactérie) et le Globodera pallida (nématode) sont totalement éliminés à 35°C.

Tableau 34 : Paramètres permettant la réduction des germes pathogènes

Agent pathogène	Concentration initiale	Concentration finale	Taux de réduction	Durée	Température
Salmonelles			100 %	10 minutes	60°C
Coliformes	2.700.000	2.300	99,9 %	18 jours	60°C
Entérocoques	160.000	170	99,9 %	18 jours	60°C
Ascaris			100 %	20 minutes	60°C
Salmonelles			100 %	48 heures	35°C
Coliformes	2.700.000	55.000	98 %		35°C
Entérocoques	160.000	3.000	98 %		35°C
Ascaris			100 %	30 jours	38°C

Tableau 6 : Paramètres permettant la réduction des germes pathogènes (Source : « Etat des connaissances sur le devenir des agents de risques sanitaires de la filière méthanisation des déchets et des sous-produits organiques », SOLAGRO, ENSAT, ENVT, ARM, 1999)

Les distances d'épandage et l'enfouissement limite aussi considérablement les risques d'exposition des populations.



11.5.2.5. EFFET DE LA METHANISATION SUR LES COMPOSES TRACES ORGANIQUE

La méthanisation dégrade ou transforme en composés non ou peu toxiques la plupart des composés aliphatiques ou mono-aromatiques, halogénés (Benzène, toluène, phénols, acides organiques alcool...). Les composés polycycliques plus résistants forment en général des composés moins toxiques (pesticides – lindane, DDT, PCB, dioxines...)

Des éléments sont fournis par l'étude d'Octobre 2011 sur la qualité agronomique et sanitaire des Digestats commandée par l'ADEME (Tableau 33).

Cette étude donne quelques valeurs de PCB et HAP des digestat d'origine organique.

Tableau 35 : Teneurs en composés traces organiques dans les digestats d'origine agricole

9.1.1 Digestats d'origine agricole et matières végétales : Présentation des quelques valeurs obtenues lors de la collecte de données

Le Tableau 40 donne les teneurs en CTO dans les digestats. Au total, seulement 18 et 9 analyses ont pu être récoltées respectivement pour les HAP et les PCB. Ces données ne permettent pas de donner une indication sur les effets des intrants ou des procédés. Cependant, on peut noter que les teneurs en CTO sont relativement faibles comparativement aux seuils fixés par les normes concernant les amendements organiques.

Tableau 40 : teneurs en composés traces organiques dans les digestats d'origine agricole

Paramètres	Nombre de digestat	Moyenne en µg/kg MS	Teneurs limites 44-051 µg/kg MS	Teneurs limites 44-095 µg/kg MS
HAP				
Fluoranthène	18	8,48	4000	4000
Benzo(b)fluoranthène	18	8,44	2500	2500
Benzo(a)pyrène	18	8,45	1500	1500
PCB				
PCB 28	9	<20,00	Non requis par la NFU 44-051	800
PCB 52	9	20,56		
PCB 101	9	<20,00		
PCB 138	9	20,78		
PCB 153	9	<20,00		
PCB 118	9	<20,00		
PCB 180	9	<20,00		
Somme des 7 PCB	18	70,72		

Les résultats présentés sont obtenus sur quelques installations et ne sont donc pas représentatifs des digestats en général. Pour les quelques digestats analysés, ils permettent néanmoins de constater les faibles teneurs pour les substances réglementées.

Les produits entrants sont naturels donc les risques de contamination en CTO sont très faibles.

Ce tableau démontre l'innocuité de ces produits compte tenu des faibles flux entrant et sortant. Malgré cela des analyses régulières seront réalisées sur les digestats.



11.5.2.6. LA METHANISATION ET LES METAUX LOURDS

« La toxicité des métaux, et notamment des métaux lourds, est liée non seulement à leur concentration, mais aussi et surtout à la forme (ou « spéciation ») dans laquelle ils se trouvent. Seule la forme libre du métal comporte un risque de toxicité, et la concentration en métaux solubles n'est généralement que de 0,5 à 4 % de la concentration totale en métaux. La digestion anaérobie ne détruit pas les métaux, mais elle modifie leur spéciation par différents mécanismes chimiques et, surtout, biologiques ». Christian Couturier Solagro juillet 2002

Comme pour les pathogènes les produits entrants sont naturels donc pauvres en métaux lourds. Un suivi des teneurs en métaux lourds dans les sols (point zéro et au bout de dix ans) est réalisé ainsi que des analyses du produit sortant.

Etant donné le stade du projet, nous n'avons pas de valeurs en éléments traces métalliques pour cette installation, les analyses réalisées lors du suivi préciseront cela. Une synthèse d'analyses réalisées sur différents digestats issus d'unités diverses réalisée par l'Ademe en Octobre 2011 donne les résultats suivants.

Tableau 36 : Teneurs en éléments traces métallique des digestats en fonction de l'origine des déchets

Teneurs en élément trace métallique des Digestats en fonction de l'origine des déchets

Ademe Octobre 2011
mg/kg de matière sèche

Substrat méthanisé	Cadmium (Cd)		Chrome (Cr)		Cuivre(Cu)		Mercure(Hg)		Nickel(Ni)		Plomb (Pb)		Zinc(Zn)	
	Mini	Maxi	Mini	Maxi	Mini	Maxi	Mini	Maxi	Mini	Maxi	Mini	Maxi	Mini	Maxi
BTU	0.1	5.0	13	89	117	789	0.41	2.78	13	115	16	242	246	2164
FFOM composté	0.5	0.8	26	28	50	79	0.13	0.14	18	18	69	84	242	248
Biodechets +DV	0.1	0.4	20	20	35	47			13	13	2	46	56	113
Valeurs de références	10		1000		1000		10		200		800		3000	
Flux maximal autorisé en dix ans mg/m2	15		1500		1500		15		300		1500		4500	
Quantité de matière sèche possible kg/m2	38		77		32		107		23		33		40	
Quantité de matière sèche possible T /ha	375		765		317		1071		234		327		397	

BTU : Boues issues du Traitement des eaux Usées urbaines
DV : Déchets verts
FFOM : Fraction Fermentescible issue des Ordures Ménagères résiduelles (OMr)

Les digestats provenant des bio-déchets et déchets verts donnent des résultats toujours largement inférieurs aux autres substrats et très éloignés des valeurs maximales de référence autorisées pour ces produits. En prenant les résultats maximaux de biodéchets et les flux maximaux autorisés sur dix ans, il est possible d'en épandre 234 t de MS.

En prenant l'hypothèse d'un digestat ayant des valeurs égales aux teneurs maximales et avec 25% de matière sèche du digestat solide il serait possible d'épandre 936 t en dix ans. Il est prévu des doses de 12 à 25 tonnes environ tous les deux ans donc largement inférieures aux 936 t théorique maximal. Ceci sera conforté par les analyses et le suivi régulier réalisé lors du suivi du plan d'épandage.



12. CONCLUSION

Le projet consiste à créer une unité de méthanisation qui permettra de recycler les matières organiques provenant essentiellement d'effluents organiques et des cultures énergétiques produits par les exploitations. Le digestat sera épandu sur les terres agricoles de 5 exploitations agricoles appartenant au plan d'épandage.

Le produit permettra aux agriculteurs de bénéficier d'un engrais organique facilement utilisable par les plantes qui se substituera pour partie aux engrais minéraux. Le digestat est un produit peu odorant.

Le plan d'épandage présente des bilans déficitaires en azote et phosphore. L'apport en azote/ha SAU lié aux apports de digestat représentera 39 unités d'azote organique/ha total.

Les épandages se feront en priorité sur prairie, au printemps avant l'implantation des cultures de printemps ou sur céréales d'hiver et CIVE en place. Ils pourront être complétés par des apports en août et début d'automne avant l'implantation des colzas, des CIPANs et avant l'implantation d'une partie des CIVEs voire avant l'implantation de céréales en dernier recours.

Des habitations sont présentes à proximité des parcelles mais les distances d'épandage seront respectées.

Aucune parcelle épandable n'intercepte un périmètre de protection rapproché ou une zone de protection de la nature.

Le plan d'épandage a été créé de façon à épandre les effluents en évitant au maximum de porter atteinte à l'environnement. Certaines parcelles se situent à proximité de zones protégées mais l'impact de l'épandage de digestat sur la qualité de ces zones sera nul. Les épandages respecteront le programme d'action de la directive Nitrates sur les dates et doses d'apport.

Sébastien BARON
Responsable équipe
Grandes Cultures - Fourrages



ANNEXES

- ANNEXE 1 : ARRETES DU 12 AOUT 2010 MODIFIE LE 17 JUIN 2021 ET DU 13 JUIN 2017
- ANNEXE 2 : EXEMPLE DE CONVENTION D'EPANDAGE
- ANNEXE 3 : EXTRAIT DU 6EME PROGRAMME DE LA DIRECTIVE NITRATES
- ANNEXE 4 : TYPOLOGIE DE SOL
- ANNEXE 5 : ANALYSES AGRONOMIQUES ET EN METAUX LOURDS DES SOLS
- ANNEXE 6 : CARTES D'APTITUDES, TABLEAU D'EPANDAGE
- ANNEXE 7 : EXTRAIT DU REFERENTIEL EQUIVALENCE ENGRAIS
- ANNEXE 8 : BILANS PAR EXPLOITATION



ANNEXE 1



ANNEXE 2



ANNEXE 3



ANNEXE 4



ANNEXE 5



ANNEXE 6



ANNEXE 7



ANNEXE 8



