



---

# PLAN D'EPANDAGE

---

SAS METHA DES TERRES BLANCHES

## RAPPORT FINAL

Conseiller en charge de l'étude

Sébastien BARON

Responsable Equipe Grandes Cultures - Fourrages

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](http://www.loiret.chambagri.fr)  
CHAMBRE D'AGRICULTURE LOIRET

13, Avenue des Droits de l'Homme – 45921 ORLEANS CEDEX 9  
TEL : 02.38.71.90.10 – EMAIL : [accueil@loiret.chambagri.fr](mailto:accueil@loiret.chambagri.fr)



## TABLE DES MATIERES

Table des matieres .....	2
Liste des tableaux .....	5
Liste des Figures .....	6
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
1.5. Zoom sur les CIVES .....	12
1.5.1. Principes généraux autour des CIVE.....	12
1.5.2. Irrigation des Cives .....	13
2. La présentation du plan d'épandage .....	14
2.1. La valorisation agronomique des effluents .....	14
2.2. La méthodologie.....	14
2.3. L'azote et ses formes.....	15
3. Contexte environnemental .....	17
3.1. Cadre géographique et géomorphologique .....	17
3.1.1. Localisation géographique.....	17
3.1.2. Milieu naturel .....	19
3.1.3. Topographie .....	19
3.2. Contexte climatologique .....	19
3.2.1. Contexte Géologique.....	21
3.2.2. Conformité aux SDAGE.....	31
3.2.3. Conformité au SAGE Nappe de Beauce.....	32
3.2.4. Hydrologie, hydrographie.....	33
3.3. Zones de protection environnementales .....	36
3.3.1. Définition des zones de protection environnementales.....	36
3.3.2. Recensement des sites environnementaux .....	36
3.3.3. Focus sur la ZPS « Beauce et vallée de la Conie » .....	38
3.4. Zones vulnérables.....	39
4. Les sols .....	40
4.1. Généralités .....	40
4.2. Descriptions des sols .....	40



---

5.	Aptitudes à l'épandage .....	41
5.1.	Généralités sur le pouvoir épurateur des sols .....	41
5.2.	Tableaux de synthèse des aptitudes des sols à l'épandage .....	42
5.3.	Analyses de sols.....	43
5.4.	Distances et conditions d'épandage .....	43
5.5.	Modalités de stockage et matériel d'épandage.....	44
5.5.1.	Stockage du digestat liquide .....	44
5.5.2.	Stockage du digestat solide .....	45
5.5.3.	Épandage du digestat liquide .....	45
5.5.4.	Épandage du digestat solide.....	46
6.	Assolements pratiqués.....	47
7.	Modalités et doses d'apport.....	49
7.1.	Période d'épandage .....	49
7.2.	Doses d'apports.....	51
8.	Autres apports organiques.....	55
9.	Bilans globaux des apports organiques à l'exploitation.....	55
10.	Suivi des épandages et enregistrement.....	56
11.	Analyse de l'incidence de l'épandage Et mesures prises pour les limiter .....	59
11.1.	Trafic routier.....	59
11.2.	Incidences sur la ressource en eau.....	59
11.2.1.	Eaux souterraines .....	59
11.2.2.	Eaux superficielles .....	60
11.3.	Incidences sur l'environnement naturel .....	60
11.3.1.	Natura 2000.....	60
11.3.2.	ZNIEFF.....	61
11.4.	Incidences des épandages de digestat sur les propriétés des sols (Source : Revue de littérature du GERES, A. REIBEL, 2018).....	61
11.4.1.	Effets sur les propriétés biologiques du sol.....	61
11.4.2.	Effet sur les propriétés physiques du sol .....	62
11.4.3.	Synthèse des effets sur le sol observés dans les essais au champ.....	63
11.5.	Les risques liés aux apports de minéraux.....	63
11.5.1.	Les nitrates .....	64
11.5.2.	Le phosphore.....	64
11.6.	Incidence sur les populations et le personnel.....	68
11.6.1.	Le bruit et les odeurs.....	68
11.6.2.	Les risques sanitaires.....	68

---



Conclusion .....	73
Annexes .....	74



## 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 .....	17
Tableau 5 : Principales données climatiques et bilan de l'eau dans les sols .....	20
Tableau 6 : Recensement des captages destinés à l'alimentation en eau potable .....	33
Tableau 7 : Recensement des zones de protection environnementales .....	37
Tableau 8 : Echelle d'aptitude à l'épandage .....	40
Tableau 9 : Aptitudes des UCS (RRP) à l'épandage .....	42
Tableau 10 : Aptitudes des sols à l'épandage .....	42
Tableau 11 : Echelle d'aptitude à l'épandage .....	43
Tableau 12 : Distances et délais minimaux de réalisation des épandages .....	44
Tableau 13 : Assolement sur 5 exploitations .....	47
Tableau 14 : calendrier d'épandage .....	50
Tableau 15 : Doses réglementaires et doses conseillées à l'automne pour le digestat solide .....	51
Tableau 16 : Doses réglementaires et doses conseillées à l'automne pour le digestat liquide .....	52
Tableau 17 : Exportation des cultures .....	53
Tableau 18 : Doses conseillées au printemps pour le digestat solide .....	53
Tableau 19 : Doses conseillées au printemps pour le digestat liquide .....	54
Tableau 20 : Apports azotés, phosphorés, potassiques .....	55
Tableau 21 : Essai au lycée agricole du Chesnoy .....	67
Tableau 22 : Effets du niveau de concentration de l'ammoniac sur l'homme .....	68
Tableau 23 : Recommandations concernant les teneurs atmosphériques en ammoniac selon la durée d'exposition .....	69
Tableau 24 : Paramètres permettant la réduction des germes pathogènes .....	70
Tableau 25 : Teneurs en composés traces organiques dans les digestats d'origine agricole .....	71
Tableau 26 : Teneurs en éléments traces métalliques des digestats en fonction de l'origine des déchets .....	72



## LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Localisation générale de la zone d'étude (en rouge) .....	17
Figure 2 : Localisation de la zone d'étude .....	18
Figure 3 : Répartition des précipitations sur le département du Loiret.....	19
Figure 4 : Histogrammes des températures et des précipitations à Orléans - Bricy (Météo France).....	21
Figure 5: Carte géologique de la zone d'étude.....	23
Figure 6 : Schéma lithostratigraphique synthétique des formations de Beauce (Source : SIGES CENTRE – BRGM).....	26
Figure 7: Piézométrie du système aquifère de Beauce – Basses eaux 1994 (Source : BRGM)	28
Figure 8: Piézométrie forage BSS000ZYXU situé à Epieds-en-Beauce (Source : ADES).....	29
Figure 9: Piézométrie du système aquifère de la Craie du Crétacé– Basses eaux 2008 (Source : BRGM) .....	30
Figure 10: Piézométrie forage BSS000ZXHZ situé à Arrou Commune-Nouvelle (Source : ADES) .....	30
Figure 11: Plan de situation des parcelles et des zones de protections environnementales ..	35
Figure 12 : Pendillards .....	46
<b>Figure 13 : Efficacité des différents moyens d'enfouissement du digestat, source Arvalis - Institut du végétal.....</b>	<b>46</b>
Figure 14 : Epandeur à table.....	47
Figure 15 : Effets de la fertilisation sur le vers de terre .....	62
Figure 16 : Effet du travail du sol (Source : Arvalis).....	65
Figure 17: Effet de la fertilisation sur les vers de terre .....	66
Figure 18 : Interactions biomasse microbienne et lombricienne.....	67



# 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 Loïs TAHON (*Hydrogéologue*), Cédric BERGER (*Conseiller Agro-Environnement / Pédologie*), et Hervé NEDELEC (*Pédologue/Cartographe certifié par l'Association Française pour l'Etude du sol*).

## 1.1. COORDONNEES DU PETITIONNAIRE

Société : SAS METHA DES TERRES BLANCHES

Nom, Prénom du président : PERDEREAU Guillaume

Adresse de la société : 395, rue du Bourg 45 310 ROUVRAY SAINTE CROIX

Adresse du site en projet : Climat de l'Ormeteau, 45 310 ROUVRAY SAINTE CROIX

Interlocuteur technique : Jean-Vincent FEREC

Mob : 06 12 10 03 92

Mail : jferec@fermedesarches.com

N° SIRET : 87908541300018

## 1.2. PRESENTATION DU PROJET

La société SAS METHA DES TERRES BLANCHES sera implantée à ROUVRAY SAINTE CROIX au lieu-dit « Climat de l'Ormeteau » sur une parcelle actuellement cultivée. Le projet a émergé des adhérents de la coopérative de la SAS Ferme des Arches qui produit et commerciale des oignons, échalotes pour ses adhérents. Engagé dans des démarches de filière qualité (HVE, AB...), les adhérents de cette coopérative ont souhaité poursuivre la transition de leurs exploitations en valorisant les déchets produits par la coopérative afin de produire de l'énergie verte.

Le gisement se compose exclusivement de végétaux type cultures énergétiques produites sur les exploitations inscrites dans la SAS et d'effluents d'élevage.

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
<b>CIVE hiver</b>	Exploitation agricole	26,8	6 700 T
<b>Cannes maïs</b>	Exploitation agricole	6,7	1 675 T
<b>Fumier porcin</b>	Exploitation agricole	8	2 000 T
<b>Fumier équin</b>	Exploitation agricole	25	6 250 T
<b>Déchets de silo</b>	Coopérative agricole	6,7	1 675 T
<b>Déchets oignons</b>	FDA et autres producteurs locaux	10	2 512 T
<b>Pulpe betteraves</b>	Sucrierie	10	2 512 T
<b>Tontes</b>	Accotements routes	6,7	1 675 T
<b>Total</b>		100	24 999 T

**Le gisement est de 68,5 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 12/08/2010 modifié par l'arrêté du 17 juin 2021 présenté en annexe 1).

La volonté des porteurs de projet sur ce site est de pouvoir normaliser le digestat afin de pouvoir le commercialiser. Le choix du gisement s'est donc porté sur un mélange de déchets répondant à la norme DIGAGRI soit un minimum de 33 % d'effluents d'élevage et 60 % avec les déchets végétaux. L'arrêté du 22 octobre 2020 régissant la mise sur le marché du digestat comme matière fertilisante est joint en annexe 2. Une attention particulière sera portée sur les quantités et qualités du gisement afin de répondre à cette norme.

Pour le bon fonctionnement du processus de digestion une recirculation du digestat liquide sera nécessaire pour diluer le taux de matière sèche et favoriser la dégradation du digestat. Les volumes en recirculation seront de 33 000 m<sup>3</sup>. 9 000 m<sup>3</sup> de volumes d'eau auront le même rôle.

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 14 904 t/an de digestat liquide et de 14 147 t/an de digestat solide qui seront épandus annuellement. Le total de digestat liquide produit sera supérieur sachant qu'une partie sera réutilisée pour réalimenter le digesteur.





▪ **Phase liquide :**

Elle est à 5,5 % de MS, représente 51 % 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	14 904 t
Densité	1,00 t/m <sup>3</sup>
MS	5,5 %
pH	8
C / N	6
N Total	4,2 kg/m <sup>3</sup>
N ammoniacal	2,9 kg/m <sup>3</sup>
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1,6 kg/m <sup>3</sup>
K <sub>2</sub> O	8,5 kg/m <sup>3</sup>

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 résiduels organiques.

▪ **Phase solide :**

Elle est à 28 % 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	14 147 t
Densité	0,7 t/m <sup>3</sup>
MS	28 %
pH	8
C / N	15
N Total	6,3 kg/t
N ammoniacal	1,9 kg/t
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	3,2 kg/t
K <sub>2</sub> O	2,2 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).

Le choix d'un gisement répondant à la norme Digagri permet de s'abstenir d'avoir à réaliser un plan d'épandage. En effet, le digestat sera normalisé grâce à un processus, des analyses et un suivi bien précis pour pouvoir le commercialiser. Des agriculteurs ont d'ailleurs déjà fait part de leur intérêt pour récupérer une part de ce produit. Afin de prévoir le cas éventuel de lots ne répondant pas à la norme ou la nécessité de vider une partie des stockages, un plan d'épandage de substitution a été créé pour réceptionner une part éventuelle des digestats. Il s'agit d'un plan d'épandage de sécurité afin de tracer l'épandage de certains lots ponctuels en fonction des besoins.

### 1.3. COMMERCIALISATION DU DIGESTAT

La SAS envisage de commercialiser une partie de son digestat en tant que matière fertilisante. Pour cela, l'exploitant doit répondre aux prescriptions de l'arrêté du 20 octobre 2020 approuvant un cahier des charges pour la mise sur le marché et l'utilisation de digestats de méthanisation agricoles en tant que matières fertilisantes.

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

- *les matières suivantes de catégorie 2 issues d'élevages (...) : les lisiers, fumiers ou fientes, à savoir tout excrément et/ou urine d'animaux d'élevage autres que les poissons, avec ou sans litière, le contenu de l'appareil digestif sans son contenant et les eaux vertes d'élevage.*
- *Les sous-produits animaux de catégorie 3, sans emballage, suivants :*
  - *le lait ;*
  - *les produits issus du lait ou de la fabrication de produits laitiers (y compris le colostrum et les produits à base de colostrum), dont les eaux blanches de laiteries et de salles de traite (...) et les boues de centrifugeuses ou de séparateurs de l'industrie du lait (...);*
  - *les denrées alimentaires animales ou d'origine animale issues exclusivement des industries agroalimentaires (IAA), (...),*
  - *les anciens aliments pour animaux contenant des matières animales autres que crues, issues des industries agro-alimentaires (IAA) ou des élevages (fond de silo d'aliment non médicamenteux, (...);*
  - *les matières issues du traitement des eaux résiduaires des IAA exclusivement, y compris les graisses de flottation, à l'exception des boues brutes ou transformées, des résidus de dégrillage et des sous-produits animaux (...);*
  - *les matières végétales agricoles brutes, les jus d'ensilage ou les issues de silo (...);*



- *les biodéchets exclusivement végétaux issus de l'industrie agro-alimentaire, triés à la source (...);*
- *les sous-produits d'origine végétale issus exclusivement des IAA (...);*
- *les déchets végétaux issus de l'entretien des jardins et espaces verts (tontes, tailles, élagages, feuilles);*

*Les lisiers, fumiers ou fientes, eaux blanches et vertes d'élevage proviennent d'exploitations agricoles figurant dans le plan de maîtrise sanitaire de l'installation. Ils représentent au minimum 33 % de la masse brute des matières premières incorporées annuellement dans le méthaniseur. 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, 33 % des produits entrants sont des effluents d'élevage et 100 % si on y ajoute les matières végétales brutes.

L'exploitant devra répondre à l'arrêté que ce soit au niveau du procédé de fabrication, de la traçabilité et des analyses. L'objectif final est de pouvoir le commercialiser auprès d'agriculteurs locaux.

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. Le plan d'épandage a été bâti de façon à pouvoir épandre 20 % du digestat.

#### 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 une partie du digestat. Au total, 5 entités juridiques sont inscrites au plan d'épandage de substitution et disposent de 677,58 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 3).

Les exploitations concernées par le plan d'épandage sont :

- BRIANT Julie (84,40 ha)
- DOUVILLE Alain (73,34 ha)
- EARL Les Plantes (111,57 ha)
- EARL PERDEREAU Dominique (221,54 ha)
- HURALT Basile (186,74 ha)

Ces exploitations sont toutes orientées vers les cultures de céréales, de légumes et oléoprotéagineux et notamment en Agriculture Biologique. Dans le collectif autour de la création de cette unité, il était important de pouvoir inclure les exploitations orientées vers l'agriculture biologique et pouvoir fournir un engrais organique répondant aux normes de l'AB.



Les effluents d'élevage proviennent d'un élevage porcin sur paille. Il s'agit de l'exploitation de BOURBON Etienne. Il fait lui-même partie du plan d'épandage de l'unité de méthanisation de Bricy.

Les exploitants au sein de ce plan d'épandage fertilisent déjà leurs cultures via des effluents organiques. Ces apports de digestat, s'ils ont lieu, pourront venir se substituer à d'autres apports provenant d'effluents moins locaux.

## 1.5. ZOOM SUR LES CIVES

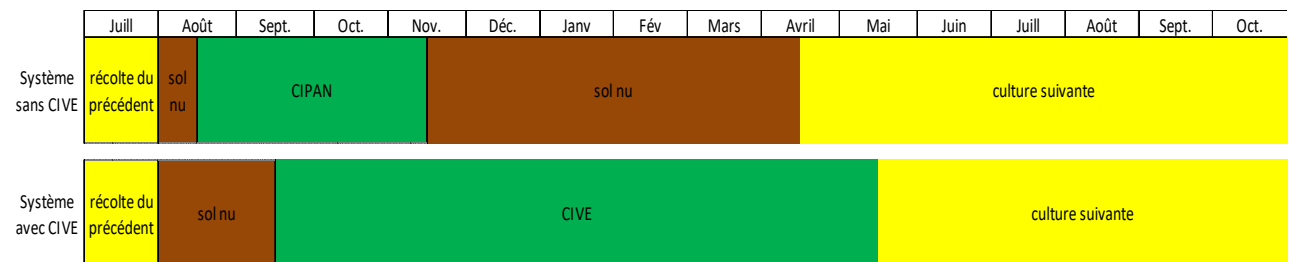
### 1.5.1. Principes généraux autour des CIVE

La CIVE (Culture Energétique à Vocation Energétique) est une culture qui a pour objectif d'être récoltée pour être utilisée à des fins de production d'énergie verte via la méthanisation. Cette CIVE est généralement intercalée entre deux cultures alimentaires.

Dans le cadre du projet de la SAS, la CIVE prendra cette place sans remplacer les cultures alimentaires. En effet, elle sera majoritairement positionnée avant une culture de printemps en la semant fin septembre et en la récoltant mi-mai pour ensuite semer la culture alimentaire dite de printemps.

Afin de garantir un volume suffisant de CIVE pour alimenter le méthaniseur, la SAS prévoira du stock avec 1 an d'avance. Ceci permettra de faire face à d'éventuelles aléas climatiques pouvant impacter la production de CIVE. Il pourra également être prévu de récolter les actuelles CIPAN, Cultures Intermédiaires Pièges à Nitrates, (qui continueront à être implantées avant les cultures d'orges de printemps notamment) en fonction des volumes qu'ils présentent, voire les cannes de maïs après récolte du grain pour la partie alimentaire. Beaucoup d'options sont envisagées afin de sécuriser le gisement.

**Comparaison des calendriers des successions culturales avec et sans CIVE**



Par rapport au système classique, le système avec CIVE permet d'avoir une couverture automnale et hivernale des sols. Le temps de présence de la culture est beaucoup plus long que celui des CIPAN. Les conditions climatiques estivales ne permettent pas toujours une bonne implantation des CIPAN. A contrario, des semis fin septembre permettent généralement d'éviter la période de sécheresse et d'avoir de meilleures levées. L'intégration de la CIVE nécessitera simplement un décalage de la date de semis de la culture de printemps d'environ 1 mois.

La période de sol nu permet, le plus souvent, de gérer les adventices le labour ou des déchaumages successifs. Il permet également de restructurer le sol en surface par l'effet du gel. En présence de CIVE, ces interventions sont possibles seulement avant les semis de la CIVE. Pour autant, la CIVE étant récoltée mi mai en plante entière, l'intégration de cette nouvelle culture permettra également de gérer les adventices grâce à la récolte de celles-ci. L'effet sur la structure du sol sera supérieur à l'effet du gel grâce à l'action des racines dans le sol. Les récoltes des CIVE peuvent par contre avoir l'effet inverse avec des phénomènes de tassement lorsque le sol n'est pas bien ressuyé.



## 1.5.2. Irrigation des Cives

Le secteur concerné par la production des CIVE est soumis à des quotas d'eau par exploitation permettant d'ajuster les prélèvements en eau souterraine (nappe de Beauce) en fonction des niveaux de cette dernière. Ces quotas d'eau sont revus annuellement. Chaque agriculteur doit alors adapter son système et cibler les cultures à irriguer sans dépasser ce quota.

### 1.5.2.1. BESOIN DES CIVE

Les CIVE d'automne (seigle / triticale / orge) sont implantées en septembre. Elles sont positionnées avant des cultures de printemps et remplaceront les CIPAN actuels pour majorité. Ces CIVE sont récoltées en vert courant mai afin d'y réimplanter une culture juste après. Les CIVE d'automne seront en place durant une période où les sols sont généralement nus l'hiver.

La RU des sols et les pluviométries sont souvent suffisantes pour des céréales récoltées en mai et ne nécessite pas d'apport d'eau par irrigation. Le mois de septembre présente généralement des périodes pluvieuses permettant l'implantation de la culture sans nécessité d'irriguer.

Les cas exceptionnels pourraient avoir lieu pour des grosses sécheresses printanières sur des sols séchant superficiels nécessitant un apport de 30 mm maximum mi avril. Les surfaces du plan d'épandage en sol séchant représentent 300 ha au total. Les surfaces de CIVE seront produites sur les surfaces appartenant au plan d'épandage. Sachant que les surfaces de CIVE représentent 15 % de la SAU, on peut estimer les prélèvements à 13 500 m<sup>3</sup> d'eau maximum (pour un apport de 30 mm). Les besoins sont très limités, seront fonction de la météo et représenteront au maximum 13 500 m<sup>3</sup> les années de sécheresses printanières. Un outil d'aide à la décision (Net'Irrig) pourra être utilisé afin de piloter au mieux les apports d'eau et n'apporter que si les besoins sont réels. Ces prélèvements ne viendront pas en supplément des prélèvements actuels puisque des quotas sont attribués chaque année.

### 1.5.2.2. IMPACT SUR LA CULTURE SUIVANTE

Les récoltes de CIVE au mois de mai nécessitent un décalage de semis de la culture de printemps (un maïs grain implanté généralement mi-avril sera implanté mi-mai). Un semis plus tardif nécessite une levée rapide. Une irrigation après le semis de 25 mm peut être nécessaire en fonction des pluviométries printanières et sera encore une fois fonction de la météo.

Pour autant, les semis étant plus tardifs, les besoins d'eau pendant la période estivale interviennent plus tard donc le déclenchement de l'irrigation également. Les variétés choisies pour des semis plus tardifs seront des variétés plus précoces, ce qui veut dire que le nombre de jours entre le semis et la récolte est plus court que pour des variétés avec des indices élevés. Ces indices plus courts sont souvent moins productifs mais permettent de s'assurer que la culture viendra bien à maturité pour procéder à la récolte et que l'humidité du grain ne soit pas trop élevée pour limiter le séchage (frais de séchage déduit du prix d'achat du grain). Du fait d'un indice plus court, la culture va « rattraper son retard » par rapport à des semis plus tôt en saison et donc avoir besoin de moins d'eau sur la période de son cycle qui est plus court.

Période	Semis de début avril à mi avril	Semis de mi-mai post CIVE
Semis	Pas nécessaire	25 mm <i>(selon pluviométrie)</i>
Stade 10 feuilles à remplissage des grains	Irrigation <i>(selon pluviométrie)</i> du 15/06 au 20/08	Irrigation <i>(selon pluviométrie)</i> du 01/07 au 25/08



L'expérience de l'an dernier chez certains agriculteurs du Loiret fait état de 2 irrigations en moins de 25 à 30 mm chacune entre un semis classique et un semis post CIVE. Un outil de pilotage est nécessaire pour ajuster au mieux cette irrigation.

## 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 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 1/250 000<sup>ème</sup> du Loiret et de l'Eure et Loir 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.

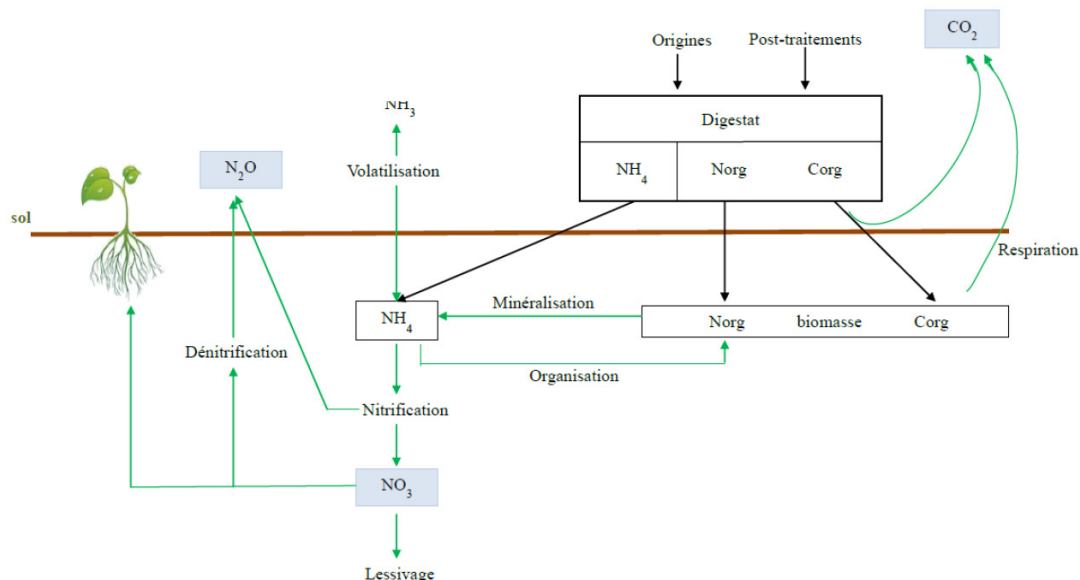
➤ **Gestion des apports organiques et minéraux :**

- 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<sub>4</sub><sup>+</sup>).

Le digestat produit contient en 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<sub>4</sub><sup>+</sup>) 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.



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<sub>3</sub><sup>-</sup>) 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

Le plan d'épandage de substitution se trouve à cheval sur les départements du Loiret et d'Eure et Loir.

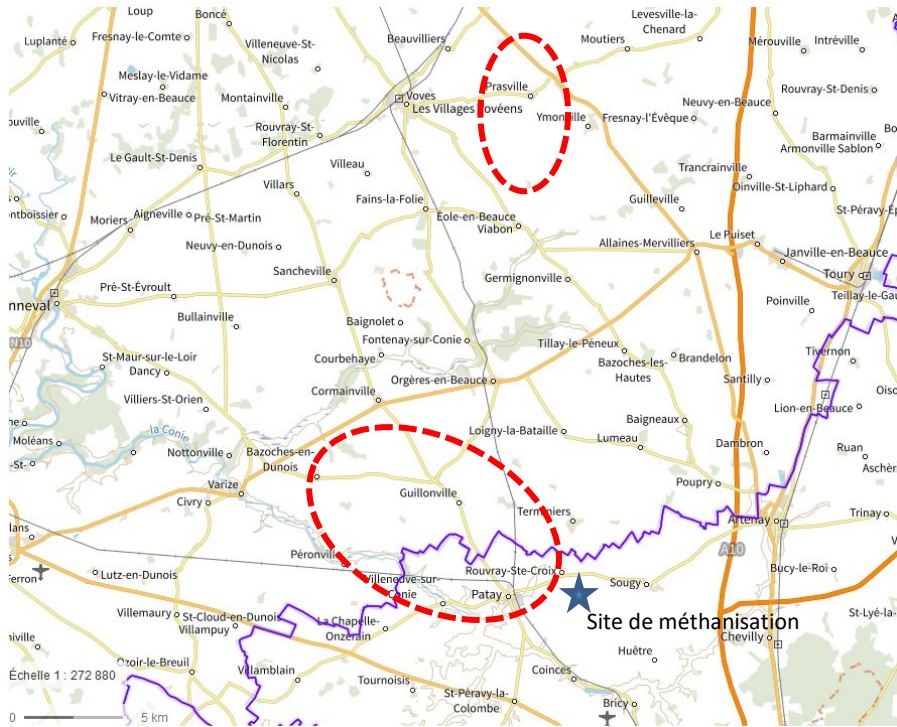


Figure 1 : Localisation générale de la zone d'étude (en rouge)

La majorité des parcelles d'épandage se situe de 5 à 15 km au Nord Ouest du site projeté. Plus précisément, la quasi-totalité des parcelles d'épandage se situe entre Patay et Bazoche en Dunois.

Une dernière exploitation au Nord se situe à environ 25 km sur la commune de Prasville. (cf localisation des parcelles ci-dessous).

Les surfaces inscrites au plan d'épandage (PE) sont situées sur 6 communes listées ci-après :

Tableau 4 : Localisation des parcelles d'épandage

Commune	SAU (ha)
<b>BAZOCHE EN DUNOIS (28)</b>	73
<b>BOISVILLE LA SAINT PERE (28)</b>	21,36
<b>COINCES (45)</b>	11,51
<b>GUILLONVILLE (28)</b>	332,72
<b>MOUTIERS (28)</b>	14,50
<b>PATAY (45)</b>	73,34
<b>PRASVILLE (28)</b>	150,88
<b>VILLENEUVE SUR CONIE (45)</b>	0,28
<b>Total</b>	<b>677,59</b>



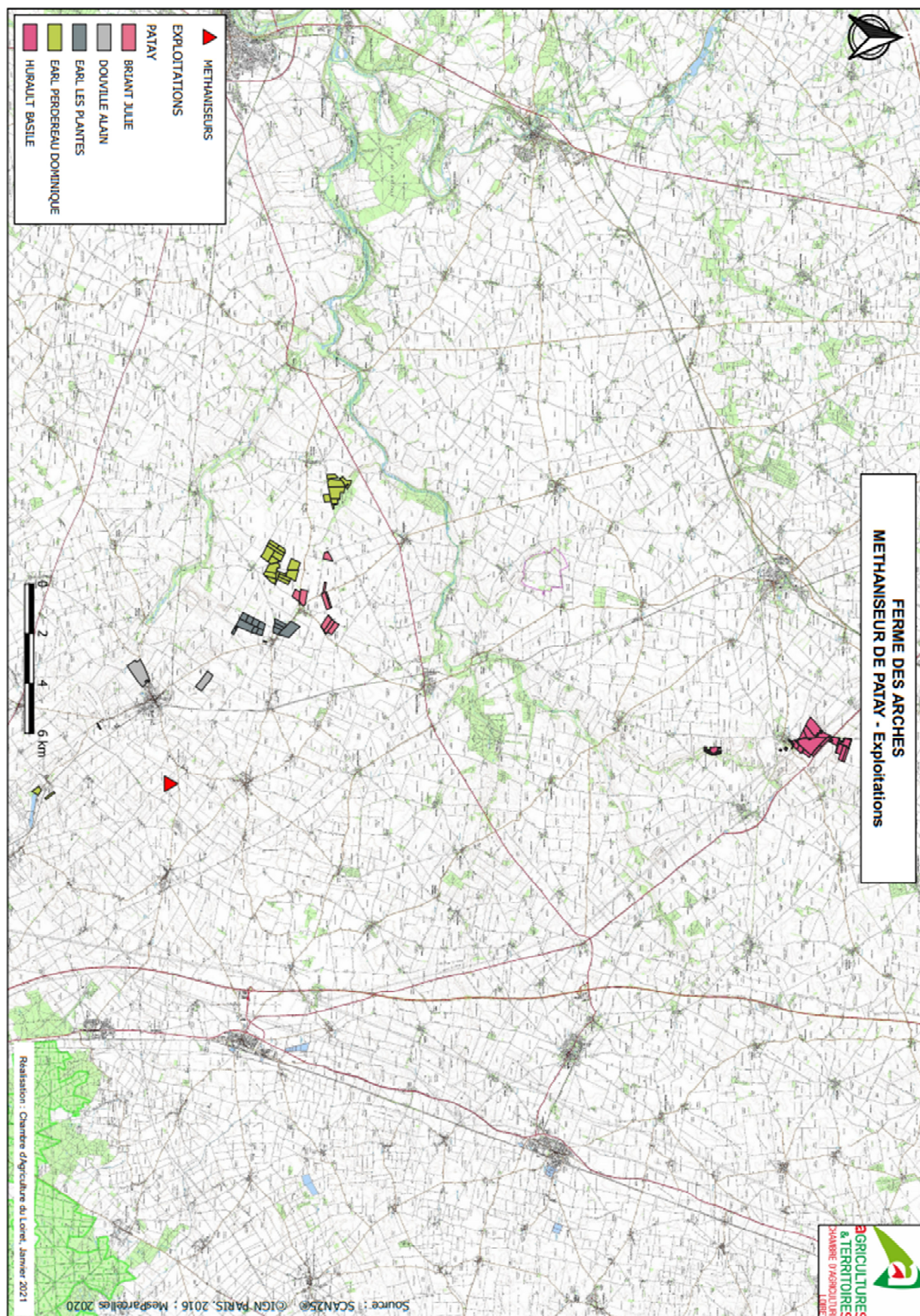


Figure 2 : Localisation de la zone d'étude



### 3.1.2. Milieu naturel

Les communes concernées sont majoritairement localisées dans la région naturelle de la **Petite et Grande Beauce du Loiret** pour la très grande majorité.

La Beauce est une région naturelle réputée pour la fertilité de ses sols et sa vocation agricole. Elle s'étend sur environ 600 000 ha répartis sur 5 départements dont environ 114 000 ha sur le Loiret. Le plateau de Beauce fait partie de la structure géologique du bassin parisien et est caractérisé par un affleurement des calcaires recouvert par des limons argileux plus ou moins profond. Ce secteur se caractérise par son paysage largement ouvert profitant aux espèces inféodées aux territoires de plaine et notamment l'avifaune (Busards, Oedicnème Criard, Caille des blés ...). La présence d'arbres et bosquets est historiquement plutôt rare. L'agriculture céréalière y est largement représentée, profitant de sols plutôt sains, fertiles avec l'accès à l'eau via la nappe de Beauce permettant le recours à l'irrigation. Ces caractéristiques permettent d'avoir des diversités de culture importantes (céréales, oléagineux, betteraves sucrières, pomme de terre, oignon, cultures porte-graines...).

### 3.1.3. Topographie

Le périmètre d'étude se situe sur le plateau de Beauce (Petite Beauce et Grande Beauce). Ce secteur est marqué par un relief faiblement vallonné. Les variations altimétriques sont modérées et visibles essentiellement au niveau de quelques talwegs. Sur les communes du plan d'épandage, l'altitude moyenne est de 124 m. Elle varie entre 105 m sur la commune de Bucy-Saint-Liphard et 138 m sur la commune de Chevilly. Les pentes sont faibles à moyennes, et en tout état de cause toujours inférieures à 7%.

## 3.2. CONTEXTE CLIMATOLOGIQUE

Le climat du département du Loiret et d'Eure et Loir est tempéré, de type océanique séquanien. Ce département présente un gradient de précipitations d'est en ouest (cf. figure ci-dessous). Ainsi, sur le secteur d'étude, le cumul annuel des précipitations peut varier entre 625 mm et 775 mm par an.

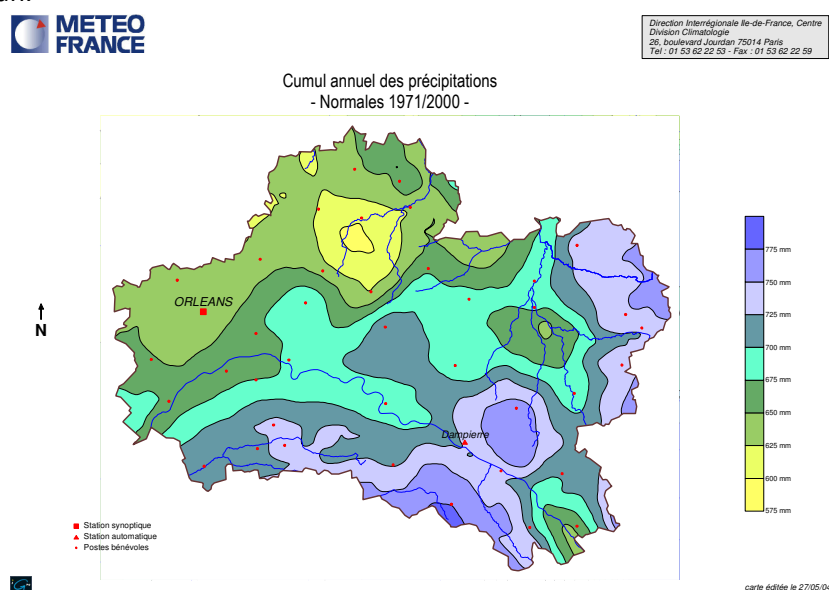


Figure 3 : Répartition des précipitations sur le département du Loiret

La station météorologique la plus proche prise comme référence est celle située à Orléans - Bricy (Météo France). Les cumuls annuels de précipitations y atteignent 643 mm en moyenne sur la période 1981-2010, puis 672 mm en moyenne sur la période 1991-2020. Les précipitations mensuelles les plus abondantes surviennent en mai, en juillet, puis d'octobre à décembre pour amorcer la recharge des nappes phréatiques. Les précipitations mensuelles maximales ne sont pas extrêmes puisque les moyennes se situent autour de 64 mm par mois.

**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)	12,4	7,7	4,9	4,4	5,0	8,0	10,7	14,3	17,6	19,9	19,8	16,1	<b>11,7</b>
Précipitations (mm) (1)	63	62	64	51	48	48	47	64	54	65	51	56	<b>672</b>
ETP PENMAN (mm)	38	13	9	11	20	52	81	110	128	140	125	76	<b>803</b>
Temp. minimale < - 0° (jours) (1)	3,4	5,9	11,3	11,1	11,1	7,3	3,0	1,0	-	-	-	-	<b>54,1</b>
Temp. minimale < - 5° (jours) (1)	-	2,3	2,6	3,1	3,3	2,4	-	-	-	-	-	-	<b>13,7</b>
Temp. maximale < - 0° (jours) (1)	-	2,5	2,7	3,3	3,5	-	-	-	-	-	-	-	<b>12,0</b>
Neige (jours)	0,1	0,9	2,0	2,8	4,2	1,3	0,6	-	-	-	-	-	<b>11,9</b>
P - ETP (mm)	25	49	55	40	28	-4	-34	-46	-74	-75	-74	-20	<b>-131</b>
<u>Sols ayant une RU de 50 mm</u>													
RU	25	50	50	50	50	46	12	0	0	0	0	0	
Déficit hydrique (mm)								34	74	75	74	20	<b>277</b>
Drainage interne (mm)		<b>23</b>	<b>55</b>	<b>40</b>	<b>28</b>								<b>146</b>
<u>Sols ayant une RU de 100 mm</u>													
RU	25	74	100	100	100	96	62	16	0	0	0	0	
Déficit hydrique (mm)									58	75	74	20	<b>227</b>
Drainage interne (mm)			<b>29</b>	<b>40</b>	<b>28</b>								<b>97</b>
<u>Sols ayant une RU de 150 mm</u>													
RU	25	74	129	150	150	146	112	66	0	0	0	0	
Déficit hydrique (mm)									8	75	74	20	<b>177</b>
Drainage interne (mm)				<b>19</b>	<b>28</b>								<b>47</b>

RU - Réserve Utile en eau du sol      ETP - Evapo-Transpiration Potentielle

(Données issues de la station Météo France d'Orléans-Bricy, 1991-2020 (1) et 1981-2010)

Le climat est doux et tempéré, le nombre de jours de gel est faible (54 jours par an). Les risques de fortes gelées (<-5°C) sont limités à 14 jours par an, parmi lesquels 10 jours par an marqués par des températures inférieures à -10°C. 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 123 jours de précipitations (≥1mm) par an, dont 50 jours par an caractérisés par des précipitations supérieures à 5mm et 27 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.

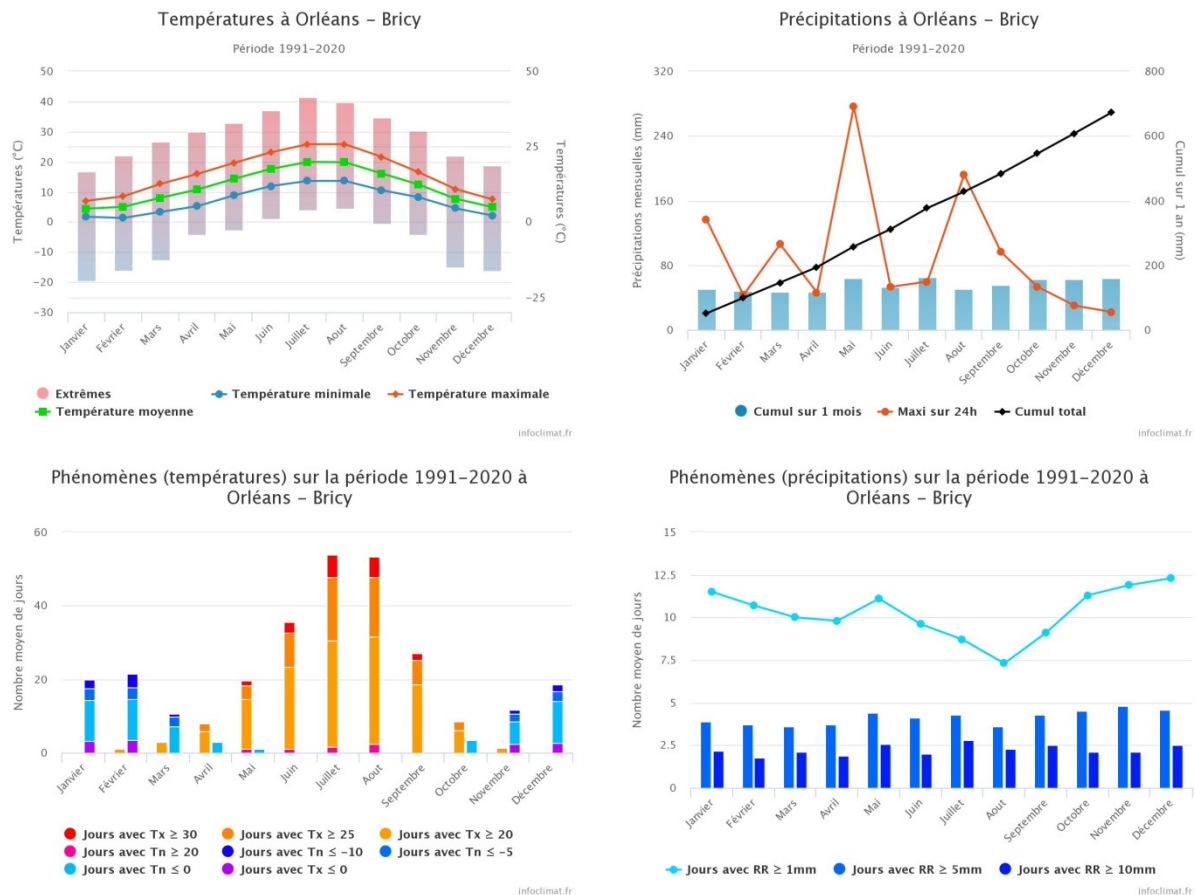


Figure 4 : Histogrammes des températures et des précipitations à Orléans - Bricy (Météo France)

### 3.2.1. Contexte Géologique

Les parcelles d'épandage se situent sur le même secteur géographique. Ce contexte a pu être défini grâce aux cartes géologiques d'Orgères-en-Beauce (n°326) de Patay (n°362) et de Châteaudun (n°325) réalisées par le BRGM et de leurs notices associées. L'histoire géologique du secteur peut être résumée comme suit :

Les montagnes hercyniennes ayant été pénéplainées, 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 à 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 retrait de la mer et le retour à un domaine de sédimentation continental qui a entraîné la formation de l'Argile à silex (matériau d'altération de la craie non recouverte).



A l'Eocène inférieur, au Sparnacien, les fleuves s'écoulant depuis Massif central déposèrent des dépôts détritiques faits de sables et d'argiles. A l'Eocène moyen, le Lutétien, un climat chaud à précipitations aussi fortes qu'irrégulières s'est mis en place sur cette partie du Bassin Parisien. Il s'est individualisé sur le secteur une grande étendue d'eau faiblement profonde, le lac de Morancez encerclant le dôme émergé d'Ouzouer-Le-Marché. Sur les zones émergées, l'érosion intensive de la craie a alimenté dans le lac, une sédimentation calcaire de type essentiellement chimique.

A l'Oligocène, la transgression marine du Stampien n'a pas atteint le territoire de la zone d'étude.

Au Miocène inférieur, à l'Aquitaniens, un lac plus étendu que le précédent lac de Morancez a recouvert et débordé les dépôts du Lutétiens. Ce lac respectant toutefois les îlots d'Ouzouer et d'Ourcis, reliefs résiduels du Crétacé. Le climat était vraisemblablement subtropical, semi-aride, avec alternance de saisons plutôt sèches et de saisons plutôt pluvieuses.

Cette vaste étendue plate et monotone de l'Aquitaniens était à la saison sèche, recouverte de boue séchée et parsemée d'étangs. A la saison des pluies, la submersion de la zone était rapide, ne laissant pointer que quelques îlots correspondant aux dômes anticlinaux. Des rivières temporaires venaient se jeter dans ce lac que la décrue transformait en une vaste étendue marécageuse aux rivages flous et entrecoupés de chenaux. Les conditions de vie devaient être particulièrement défavorables, la faune et la flore était très réduites avec quelques mollusques, algues et herbes. La sédimentation était de type calcaire biochimique.

L'épaisseur maximale de la formation de Beauce se rencontre au centre du lac dans les cuvettes de Pithiviers et de Sologne. Les conditions de dépôt et l'épaisseur de cette formation révèlent l'importance de la subsidence à l'Aquitaniens.

Au Burdigalien, la région fut de nouveau alimentée par des matériaux sableux issus de l'érosion du Massif central, tandis que dans de petits lacs temporaires se déposaient les formations dites des Marnes de l'Orléanais et du Calcaire de Montabuzard.

Après la pénéplaination qui a eu lieu au Pliocène et qui a arasé la région, c'est à la dernière glaciation du Würm que la Beauce, recouverte de fines poussières éoliennes, voit se constituer la couverture limoneuse à laquelle elle doit son actuelle richesse agricole.



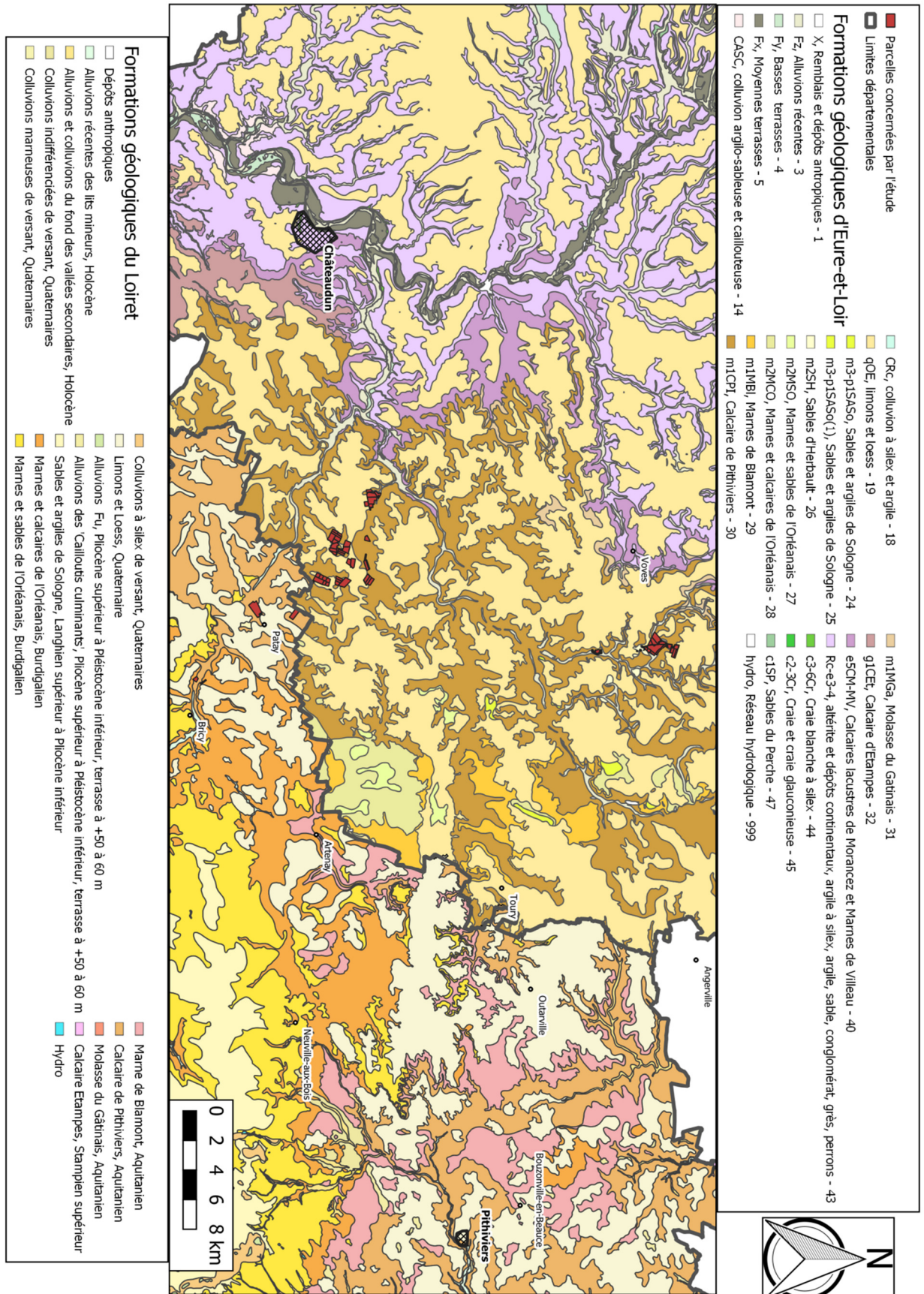


Figure 5: Carte géologique de la zone d'étude



Les formations géologiques suivantes ont été identifiées sur le secteur d'étude (Figure ). Celles-ci seront en grande partie responsables des sols qui en ont émergé 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 – C6Cr : Craie blanche à silex, Cénomaniens à Sénoniens**

Cette série crayeuse qui n'est reconnue que sur différents sondages sur le secteur d'études comporte en partie supérieure un ensemble de craie blanche à silex plus ou moins abondant, la matrice est parfois légèrement argileuse, dont l'âge est comprise entre le Turonien et le Sénonien (Coniacien, Santonien, Campanien). Cet ensemble s'est développé sur plusieurs centaines de mètres d'épaisseur.

En dessous de la formation Séno-Turonienne, la formation du Cénomaniens est caractérisée par une craie marneuse dont l'épaisseur n'est pas précisée mais sans doute inférieure à 100 mètres.

La différence entre les terrains du Cénomaniens et du Turonien ne peut être faite directement à l'œil nu, la datation des horizons est donc effectuée à l'aide de fossiles caractéristiques de ces âges.

#### **TERTIAIRE :**

##### ▪ **e1-4. Argile à silex, Eocène.**

Il s'agit d'une formation composée de formations d'altération liées à la période de continentalisation post-crétacée. Cette formation offre un faciès bien uniforme : d'un brun-ocre rouillé, à passées ferrugineuses rouge sombre ou charbonneuses noires, elle contient de nombreux silex anguleux ou légèrement émoussés, noir fumé, blanc hyalin ou orangé; elle présente une composition minéralogique constante, comprenant de la kaolinite, de la montmorillonite et de l'illite.

Dans les sondages réalisés plus à l'Ouest de la région d'étude l'épaisseur de cette formation est de 5 mètres vers Nottonville, en se déplaçant plus vers l'Est cette couche s'épaissit pour tendre vers une épaisseur d'une vingtaine de mètres.

En affleurement comme en sondage elle repose sur la craie sénonienne et est recouverte par les marnes lutésiennes du Morancez dont elle est potentiellement séparée par un poudingue sparnacien, en effet la répartition de cette formation plus sporadique. Ayant la valeur d'une formation stratigraphique, l'argile à silex a été notée (e1-4) sur sa zone d'affleurement.

La formation des argiles à silex, épaisse de 15 à 25 m, est comprise entre les marnes pulvérulentes blanches du Calcaire de « Morancez » et la craie du Campanien.

##### ▪ **e5. « Marne » de Villeau / Calcaire de Morancez, Lutésien**

Entre l'Argile à silex et le Calcaire de Beauce est présente une « marne » blanche à ocre, pulvérulente, farineuse, totalement azoïque et aphytique. La fraction argileuse ainsi que la forme des cristaux de calcite, la distinguent nettement des marnes blanches qui existent localement au sommet des affleurements du Calcaire de Beauce.

L'absence de microfaunes crétacées remaniées et la structure cristalline particulière font que ce faciès ne peut pas être considéré comme résultant d'un simple lessivage de la craie, mais plutôt comme une précipitation chimique dans une eau saturée après dissolution de la craie voisine.

Les sondages profonds traversent cette formation sur une épaisseur de 3 à 10 mètres. Elle n'est vraiment affleurante que dans la partie Ouest de la zone d'étude où existaient d'anciennes carrières actuellement comblées. Ailleurs, elle est atteinte par les sondages réalisés à la tarière sous une couche de limons allant de 0,4 à 1,5 m d'épaisseur.





Le sommet des marnes blanches est caractérisé par une passée d'argile verte plus ou moins discontinue.

En auréole autour d'Ouzouer-le-Marché, cette formation lacustre semble ne s'être jamais déposée sur le sommet de l'anticlinal crétacé, qui doit être considéré comme une île dans la paléogéographie des lacs tertiaires.

▪ **g1 : Formations lacustres et marines, Oligocène**

L'Oligocène marin (Stampien) n'est pas connu sur le secteur d'étude.

▪ **m1 a : Calcaire de Beauce, Aquitanien**

Le Calcaire de Beauce constitue la majeure partie du soubassement de la zone d'étude; il est recouvert par quelques lentilles constituées des sables burdigaliens et sur tout le reste de la zone par un placage de limon des plateaux (LP). Les zones d'affleurements de cette formation sont situées dans les dépressions drainées par les Conies, l'Aigre et les Mauves. Il reste cependant difficile d'ordonner de manière cohérente les différentes formations géologiques qui constituent cet ensemble des calcaires de Beauce. Toutefois, sur la zone d'étude, on peut suivre la succession suivante, de bas en haut:

- Un calcaire beige à gris clair graveleux à fossiles lacustres indéterminables (Lamellibranches et Gastéropodes). Les lames minces montrent un microfaciès de calcaire cryptocristallin à Microcodium, fantômes de Lamellibranches, de Gastéropodes et d'Algues;

- Un calcaire pisolithique gris à patine violette, à galets finement détritiques entourés d'Algues encroûtantes et niveau sporadique de calcaire silicifié, rubané;

- Un calcaire sublithographique gris clair à beige rosé souvent vacuolaire et vermiculé, avec un niveau lumachellique à fantômes de Lamellibranches, Gastéropodes et Algues non déterminables spécifiquement;

- En surface, un calcaire en petits bancs fendillés, ayant l'aspect d'une «vieille muraille» ou une marne blanche ( tuf» des Beaucerons), résultat d'un phénomène de gélifraction quaternaire.

Cependant c'est sur une surface topographique bien modelée et érodée que se sont déposés les limons, montrant une tendance très nette à envoyer le flanc des dômes, exposé au Nord. Le Calcaire de Beauce apparaît donc sous son manteau terreux, aussi bien à la faveur des dépressions érodées par le ruissellement, qu'à celle d'un pointement à travers sa couverture.

Dans la masse des calcaires de Beauce, qui est en effet une roche fracturée, s'est installé un important réseau karstique menant à de nombreux avens. Les diaclases et fissures du Calcaire de Beauce s'orientent selon une direction principale de N 150 à 180°E, et suivant deux directions secondaires faisant un angle de 110° avec la direction principale de fracturation.

Les sondages profonds indiquent que cette formation a en moyenne 45 m de puissance et peut atteindre 60 m d'épaisseur par endroit. En bordure des affleurements lutétiens, elle a moins de 30 m de puissance.

▪ **M1b : Marnes et Sables de l'Orléanais, Burdigalien.**

Cette formation n'est pas très développée sur le secteur d'étude, cette formation est beaucoup plus fréquente dans le secteur de la forêt d'Orléans. Sur la zone d'étude il n'en existe que quelques petites lentilles témoins à l'Est de Lumeau, au Sud de Sevestreville et de Gommiers.

Ces sables de l'Orléanais ont été reconnus en sondages sur une épaisseur de 7,5 m et atteints sous le limon (LP) en sondages à la tarière au Sud de Gommiers. Cet horizon est fossilifère comme pouvait en témoigner la carrière qui existait autrefois près de Lumeau.



Le faciès de cette formation faciès s'exprime par un sable jaune, fin, plus ou moins pur à passées plus grossières, mêlé d'argiles sableuses bleues et ocre, montrant des stratifications entrecroisées et des chenaux. Ces dépôts sont souvent accompagnés de débris lourds comme la staurotide, la tourmaline, l'épidote, l'hématite, avec des traces d'andalousite, de disthène, de sillimanite, d'anatase, de rutile, de zircon et de monazite.

#### QUATERNAIRE :

##### ▪ **LP : Limons des plateaux**

Les limons des Plateaux recouvrent d'un placage discontinu l'ensemble du territoire de l'étude d'une épaisseur variant de quelques décimètres à 2 mètres. Cette formation est notée LP lorsque sa puissance excède 0,8 m et qu'ils recouvrent le Calcaire de Beauce.

Le limon est très homogène, d'une teinte brune à brun-rouge, souvent argileux et très peu calcaire (calcite: 5 %) et très fin. Au Sud de Patay, une lentille de limon sableux a été distinguée des limons purs et cartographiée LPs. Il est vraisemblable que du sable du Burdigalien soit reconnu sous ce limon sableux.

#### HYDROGEOLOGIE :

##### ➤ **Aquifères en présence :**

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

- Calcaire de Beauce (Calcaires de Pithiviers et de l'Orléanais),
- Calcaire d'Etampes ou du Gâtinais,
- Craie du Crétacé.

La dénomination « nappe de Beauce » englobe les calcaires de l'Orléanais, marnes de Blamont, calcaires de Pithiviers et d'Etampes séparés par la molasse du Gâtinais quand elle existe (Figure ).

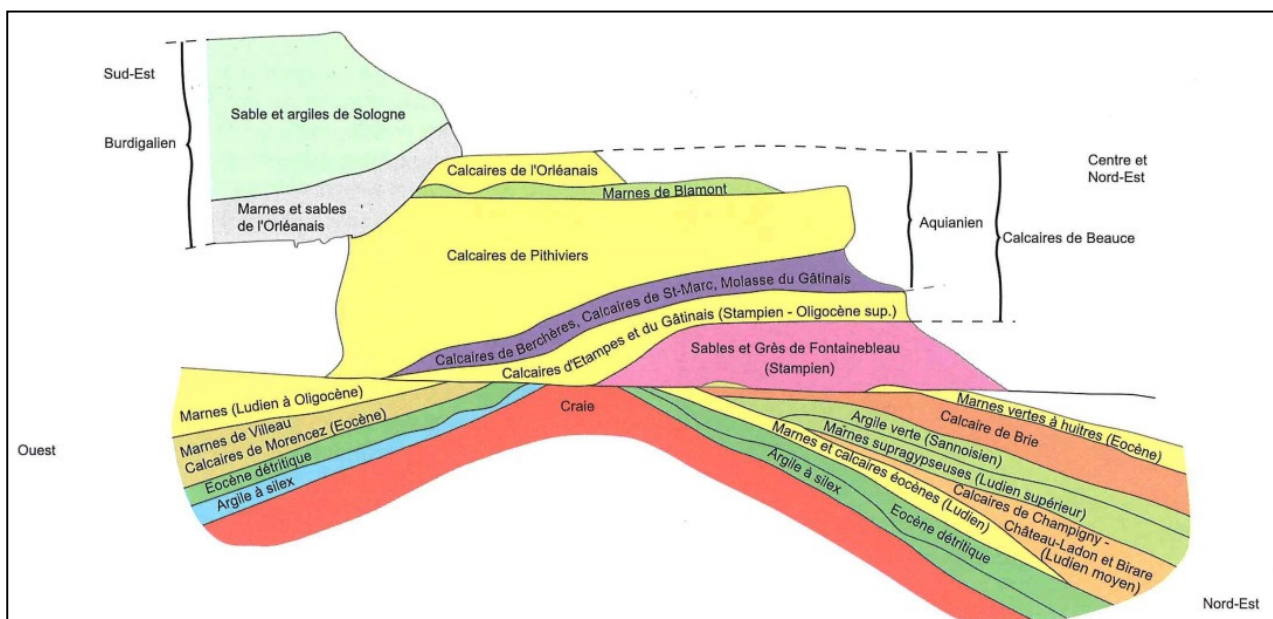


Figure 6 : Schéma lithostratigraphique synthétique des formations de Beauce  
(Source : SIGES CENTRE – BRGM)



Au droit de la zone concernée, la nappe de Beauce est matérialisée en grande partie par la formation du Calcaire de Pithiviers à l'affleurement ou sub-affleurant à la différence du Calcaire d'Etampes qui est sous recouvrement de la Molasse du Gâtinais. Dans la partie Ouest de la zone d'étude le toit de la nappe de la craie Séno-Turonienne est plus proche de la surface, à la faveur de traits structuraux.

▪ **Nappe des Calcaires de Pithiviers :**

Une grande partie de la surface de la zone d'étude concerne le calcaire de Pithiviers. Cette formation carbonatée intensément fissurée et karstifiée a permis la mise en place d'une nappe d'eau souterraine continue comprise dans la « nappe de Beauce ». Le calcaire de Pithiviers ainsi que les calcaires de l'Orléanais constituent la partie supérieure du système aquifère de la nappe de Beauce.

La nappe étant sub-affleurante, elle est assez sensible vis-à-vis des pollutions diffuses provenant du lessivage des sols. Sa puissance est de l'ordre du 25 à 30 m et elle est observée soit à l'affleurement (souvent sous couverture des Limons de Plateaux peu épais) mais aussi sous recouvrement des Marnes de Blamont d'une épaisseur maximale de 5 m.

La productivité de l'aquifère est bonne, de l'ordre de 100 m<sup>3</sup>/h/m et est donc principalement utilisée pour l'irrigation. Autrefois utilisée pour l'alimentation en eau potable, la sensibilité aux pollutions diffuses a causé un progressif abandon de cette ressource. La cote piézométrique s'établit autour de 110 mNGF avec des variations annuelles et pluri-annuelles importantes (de l'ordre de 5 m) puisque la recharge de l'aquifère se fait au travers de la pluie efficace tombant sur le plateau en automne et en hiver. Suivant les conditions climatiques, cette nappe peut se retrouver dénoyée.

▪ **Nappe des Calcaires d'Etampes :**

Aquifère inférieur de la « nappe de Beauce », celui-ci est séparé des calcaires de Pithiviers par la Molasse du Gâtinais. La structure des calcaires du gâtinais est identique aux calcaires de la formation supérieure à savoir des calcaires très fissurés et karstifiés.

L'aquifère des calcaires d'Etampes peut-être captif sous la Molasse du Gâtinais à l'orée de la forêt d'Orléans et apporte ainsi une certaine protection de l'aquifère sans toutefois être imperméable. Ainsi des échanges ont lieu entre les deux nappes au travers de la Molasse.

L'aquifère est présent à environ 35 m sous la surface du sol. Là aussi, la productivité est bonne et la protection de la Molasse permet une utilisation pour l'alimentation en eau potable.

▪ **Nappe de la Craie du Séno-Turonien :**

A l'Est du Loir, au niveau des vallées de Châteaudun et de Bonneval, sous recouvrement des formations lacustres ou éocènes, les ressources sont très nettement supérieures, en relation avec une perméabilité secondairement acquise, de type karstique.

Le Loir et la Conie sont des drains naturels pour la nappe de la craie, avec présence de sources de piedmont, telles que l'émergence de Donnemain-Saint-Mamès (source Beaulieu).

L'aquifère est sub-affleurant dans le secteur de Châteaudun et Bonneval puis plonge progressivement vers l'Est en dessous des formations de la couche d'altération de la craie, les argiles à Silex et des calcaires de Beauce.



➤ **Description des complexes aquifères**

Il a pu être identifié deux complexes aquifères majeurs d'extension régionale. Il s'agit de deux aquifères superposés pouvant être apparentés à des aquifères continus répondant en partie aux lois d'écoulement de Darcy. Leurs écoulements respectifs peuvent ainsi être caractérisés par des différences de gradients hydrauliques déterminés par des mesures piézométriques sur différents forages (piézomètres, puits, forages agricoles). Il s'agit des nappes des calcaires de Pithiviers et des calcaires d'Etampes.

En marge Ouest du secteur d'étude la nappe de la Craie du Séno-Turonien est également présente sous les formations Tertiaire et quaternaires. Cette nappe pouvant également être considérée comme un aquifère d'extension régionale, mais peu sollicitée dans la partie Est car surmontée par les deux nappes citées ci-dessus.

▪ **Aquifère tertiaire de Beauce**

A titre général, la nappe de la Beauce s'écoule vers le bassin de la Seine ou vers celui de la Loire. La crête piézométrique se situe sensiblement sous la bordure Nord de la forêt d'Orléans et remonte très au Nord, au Sud de Rambouillet. Ces observations peuvent être effectuées sur la carte piézométrique en basses eaux de 1994 réalisée par le BRGM (Figure ).

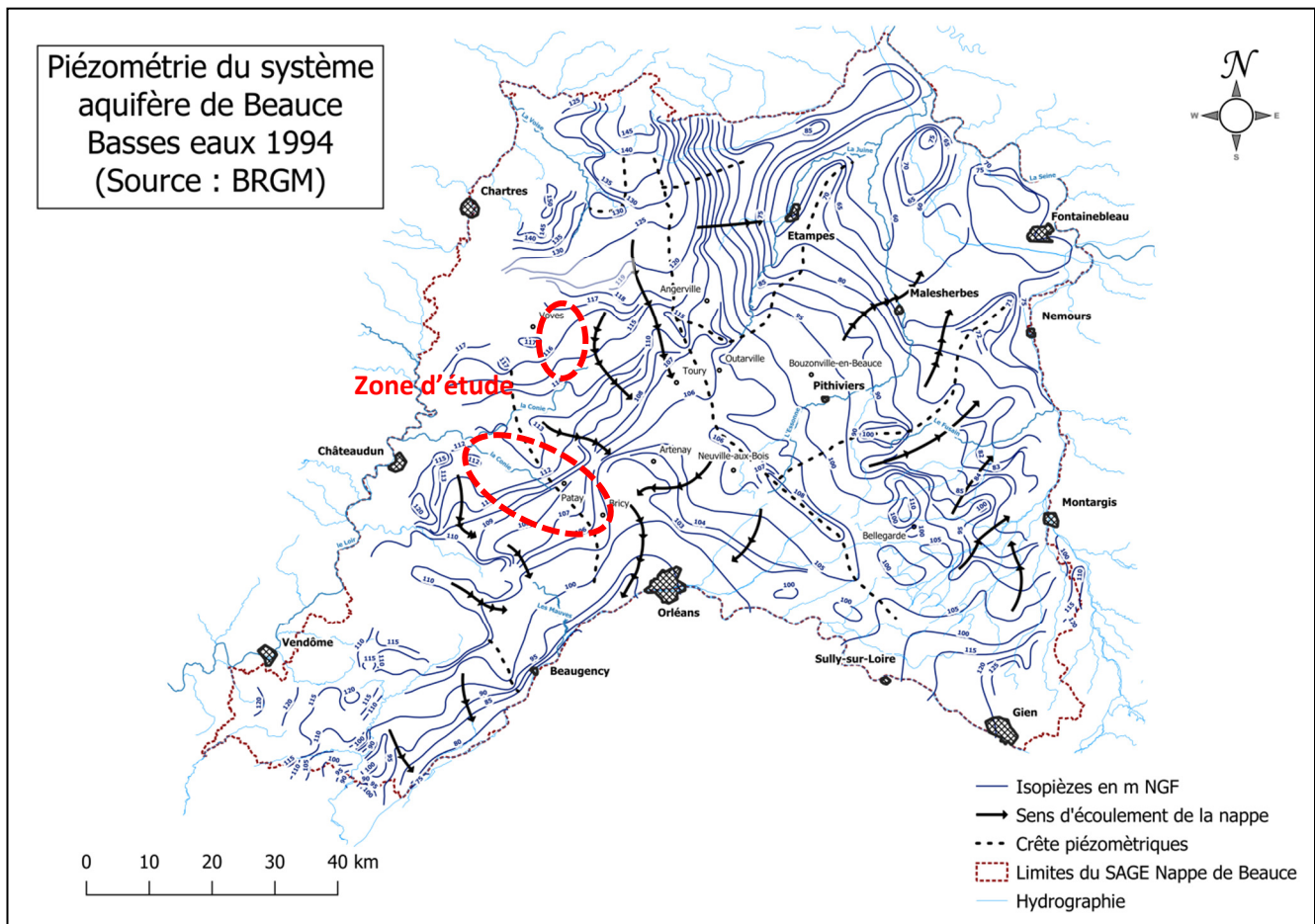


Figure 7: Piézométrie du système aquifère de Beauce – Basses eaux 1994 (Source : BRGM)



Deux campagnes piézométriques régionales ont été menées en 1994 et en 2002. La première a été réalisée en basses-eaux (automne) par le BRGM et semble caractériser l'oligocène soit seulement les calcaires d'Etampes. Quant à la seconde réalisée en hautes-eaux (mars-avril) par la DREAL Centre, elle semble concerner l'ensemble de la nappe de Beauce. Mais rappelons que ces nappes sont en communication et difficiles à distinguer.

La zone d'étude intègre la zone drainée par la Loire. Les écoulements ont une direction Nord-Ouest/Sud-Est et se font en direction de la Loire qui draine naturellement la nappe. Le gradient piézométrique de la nappe est ici très faible de l'ordre de 1‰. A l'Est la zone est présente une ligne de partage des eaux entre le bassin de la Loire et le bassin de la Seine entraînant des gradients encore plus faibles.

Ci-dessous est représenté la chronique piézométrique (Figure ) relevé au niveau d'Epieds-en-Beauce de la nappe de Beauce entre 1965 et aujourd'hui. Cette chronique montre tout d'abord des variations pluriannuelles fortes avec une différence maximale de quelques mètres. Puis, étant en présence d'une nappe libre, on note très clairement les variations saisonnières : recharge en hiver et vidange en été, les variations saisonnières varient entre 50 cm et 1 m.

S'agissant des variations récentes, après avoir atteint un niveau assez bas en été 2012. Il est observé une forte recharge durant les hivers 2012-2013, 2013-2014, printemps 2016, hiver 2020 avec alternances de faibles vidanges avant 2015 et en 2016 et fortes vidanges en 2015, 2017, 2018, 2019 et 2020.

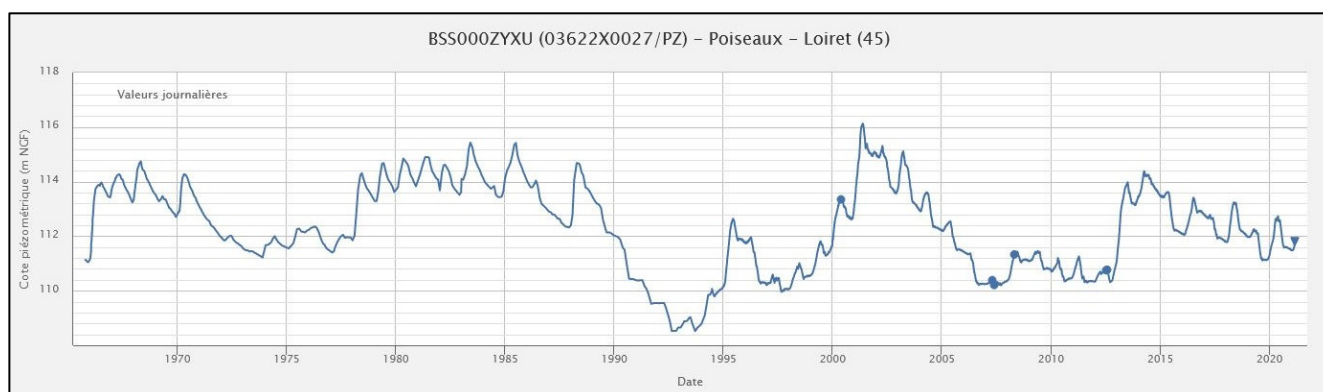


Figure 8: Piézométrie forage BSS000ZYXU situé à Epieds-en-Beauce (Source : ADES)

▪ **Aquifère de la Craie Séno-turonienne:**

A titre général, la nappe de la craie s'écoule vers le bassin du Loir. La connaissance de la piézométrie de la Craie du Crétacé est assez faible sur le secteur d'étude (absence de points captant cette ressource), cependant les écoulements s'effectuent de manière Est-Ouest en direction des drains que constitue le réseau hydrographique du secteur (Loir, Ozanne, Conie). Ces observations peuvent être effectuées à partir de la carte piézométrique établie en période de basses eaux en 2008 par le BRGM (Figure ).



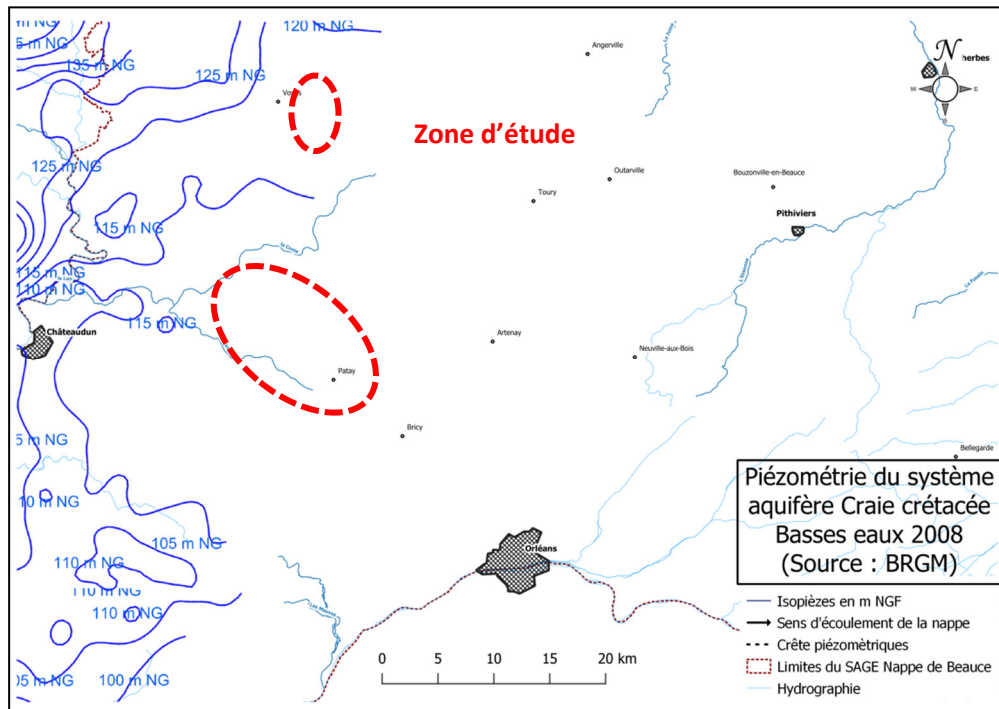


Figure 9: Piézométrie du système aquifère de la Craie du Crétacé– Basses eaux 2008 (Source : BRGM)

La zone d'étude intègre pour partie la zone drainée par le Loir. Les écoulements ont une direction majoritairement Est-Ouest sur la rive Est du Loir et se font en direction du Loir et de ses affluents qui drainent naturellement la nappe. Le gradient piézométrique de la nappe est ici de l'ordre de 2,5 ‰ en rive Est du Loir.

Ci-dessous est représentée la chronique piézométrique (Figure ) relevé au niveau de d'Arrou en Eure-et-Loir de la nappe de la Craie entre 1993 et aujourd'hui en 2021. Cette chronique montre tout d'abord quelques variations pluriannuelles avec une différence maximale de quelques mètres. Puis, étant en présence d'une nappe libre, on note très clairement les variations saisonnières : recharge en hiver et vidange en été, les variations saisonnières varient entre 1 et 3 m.

S'agissant des variations récentes, après avoir atteint un niveau assez bas en été 2012. Il est observé une forte recharge durant les hivers 2012-2013, 2013-2014, printemps 2016, hiver 2017-2018 et 2019-2020 avec des vidanges régulières en période d'étiage. Le fonctionnement de la nappe semblait être pluriannuel entre 1998 et 2008, avec des périodes de recharge et de vidange couplé à une recharge globale sur plusieurs années. Le fonctionnement depuis 2008 semble plutôt tendre vers quelque chose d'annuel avec période de vidange et de recharge. Chaque période de recharge permettant globalement à la nappe de revenir à l'état de recharge de l'année précédente avant la période d'étiage.

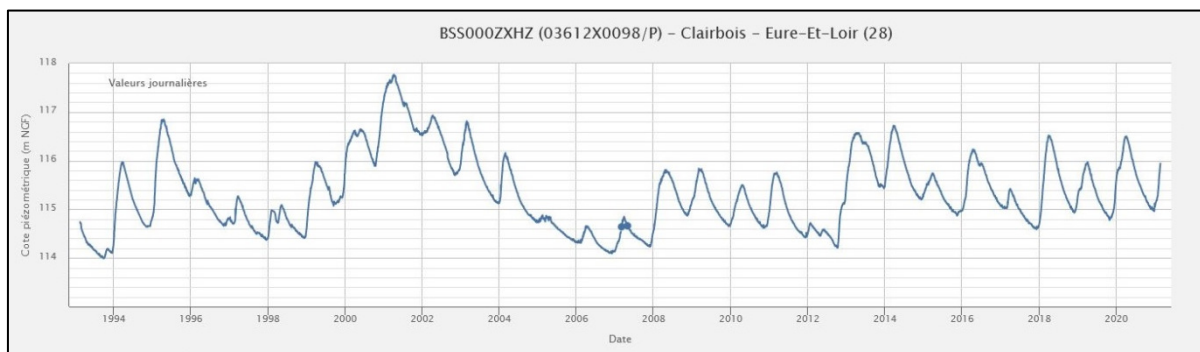


Figure 10: Piézométrie forage BSS000ZXHZ situé à Arrou Commune-Nouvelle (Source : ADES)

## 3.2.2. Conformité aux SDAGE

### 3.2.2.1. GENERALITES

L'objectif d'un SDAGE est d'atteindre, de façon pragmatique sur l'ensemble du bassin, un bon état des eaux. 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 de leviers transversaux. Ces derniers constituent les orientations fondamentales du SDAGE pour une gestion équilibrée de la ressource en eau et permettant d'atteindre les objectifs environnementaux.

« Cette gestion vise la préservation des milieux aquatiques et la protection du patrimoine piscicole et prend en compte les adaptations aux changements climatiques ».

Les parcelles d'épandage sont toutes situées sur le territoire du SDAGE Loire-Bretagne.

### 3.2.2.2. SDAGE LOIRE BRETAGNE 2016-2021

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 (2016 – 2021), 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 dans le bassin Loire-Bretagne. 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 chapitres. Ces derniers constituent les orientations fondamentales du SDAGE pour une gestion équilibrée de la ressource en eau et permettant d'atteindre les objectifs environnementaux. Les grands chapitres identifiés dans le SDAGE sont les suivants :

1. Repenser les aménagements de cours d'eau
2. Réduire la pollution par les nitrates
3. Réduire la pollution organique et bactériologique
4. Maîtriser et réduire la pollution par les pesticides
5. Maîtriser et réduire les pollutions dues aux substances dangereuses
6. Protéger la santé en protégeant la ressource en eau
7. Maîtriser les prélèvements d'eau
8. Préserver les zones humides
9. Préserver la biodiversité aquatique
10. Préserver le littoral
11. Préserver les têtes de bassin versant
12. Faciliter la gouvernance locale et renforcer la cohérence des territoires et des politiques publiques
13. Mettre en place des outils réglementaires et financiers
14. Informer, sensibiliser, favoriser les échanges



Ces chapitres sont déclinés en orientations et en dispositions.

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

■ **Chapitre 2 - Réduire la pollution par les nitrates**

- 2B – Adapter les programmes d'actions en zones vulnérables sur la base des diagnostics régionaux

Les porteurs de projet ne sont pas directement impliqués dans la révision des programmes d'actions de la Directive Nitrates. Ils devront veiller à respecter la réglementation au fur et à mesure de leurs mises à jour. L'enjeu du secteur est de limiter le lessivage des nitrates vers la nappe de Beauce. Une attention particulière devra être portée sur le bon pilotage de l'azote sur les cultures.

■ **Chapitre 3 - Réduire la pollution organique et bactériologique**

- 3B – Prévenir les apports de phosphore diffus → Lutte contre la sur-fertilisation
  - 3B-1 – Réduire les apports et les transferts de phosphore diffus à l'amont plans d'eau

Les apports de fertilisants organiques seront réalisés au plus proche des besoins des cultures en accord avec les doses et les périodes d'épandage du 6<sup>ème</sup> programme d'action de la directive nitrate.

■ **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.

Les rapports hydrogéologiques ont été consultés en préalable à la réalisation du plan d'épandage tout comme les arrêtés de déclaration d'utilité publique.

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

Le référencement des captages se trouve dans la partie suivante.

### 3.2.3. Conformité au SAGE Nappe de Beauce

La Nappe de Beauce est divisée en zones de gestion dont les parcelles de la zone d'étude appartiennent toutes à la Beauce centrale. L'enjeu de préservation de la ressource en eau est l'objectif principal du SAGE. L'épandage des digestats est en conformité avec l'action 8 du SAGE Nappe de Beauce qui définit cette action ainsi :

- Promotion et valorisation des effluents agricoles, industriels et domestiques.

La valorisation agronomique des digestats permettra de limiter les consommations d'engrais minéral. Comme c'est le cas pour le SDAGE, le respect du programme d'action de la Directive Nitrates et une bonne gestion des épandages iront dans le sens des objectifs du SAGE.





### 3.2.4. Hydrologie, hydrographie

#### 3.2.4.1. HYDROLOGIE

Aucun cours d'eau n'a été identifié sur les communes du plan d'épandage. Seule la Conie passe sur une commune voisine à 1, 3 km de la parcelle la plus proche. Aucune masse d'eau de type étang ou fossés n'est présente. Seuls des bassins proches de la base aérienne de Bricy sont présents sur la commune de Coinces. L'épandage sur l'ensemble des parcelles présentes à proximité très proche de cours d'eau doit se faire à plus de 35 m hormis si une bande boisée ou enherbée de plus de 10 m est présente auquel cas l'épandage pourrait se faire à 10 m. Les mêmes mesures ont été prises pour l'ensemble des masses d'eau.

#### 3.2.4.2. 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. Sur les 6 communes concernées par les parcelles d'épandage et la commune d'implantation du projet, 3 possèdent un captage ou des périmètres de protection de la ressource en eau. Pour les répertorier, nous nous sommes basés sur le site de l'ARS Centre Val de Loire <https://www.centre-val-de-loire.ars.sante.fr>. Ils sont répertoriés dans le tableau et cartographiés ci-dessous.

**Tableau 6 : Recensement des captages destinés à l'alimentation en eau potable**

Nom	Commune	Code SISE	Code BSS	Etat	Ilots concernés
LES COULINIERES F2	COINCES	045002286	03624X0144	Actif	Aucun
LES PERRIERES F1	GUILLONVILLE	028002216	03266X0119		Pas de DUP
LES PERRIERES F2		028003528	03266X0120		Pas de DUP
LE MOULIN DE PIERRE F1	PRASVILLE	028003546	003XKNM		Pas de DUP
LE MOULIN DE PIERRE F2		028003883	003XKOA		Pas de DUP



Les captages situés sur l'Eure et Loir ne disposent pas d'arrêté de Déclaration d'Utilité Publique. A ce titre, aucun périmètre de protection n'est défini autour de ces captages.

Au sein de la zone d'étude, aucun PPC n'intercepte des parcelles d'épandage. L'un des captages sur Guillonville est à proximité de parcelles de l'EARL Les Plantes. Cette exploitation est en agriculture biologique et une distance d'épandage 50 m sera respectée conformément à la réglementation.

Sur la commune voisine de Terminiers, un captage d'eau potable est présent et une aire d'alimentation de captage (AAC) est en cours de délimitation afin de préserver la qualité de l'eau du captage destinée à l'alimentation humaine. A ce jour, les contours de cette AAC ne sont pas arrêtés définitivement. Cette aire pourrait s'étendre sur les communes de Terminiers, Loigny la Bataille et Orgères en Beauce. Aucune des parcelles d'épandage n'est présente au sein de ces communes.



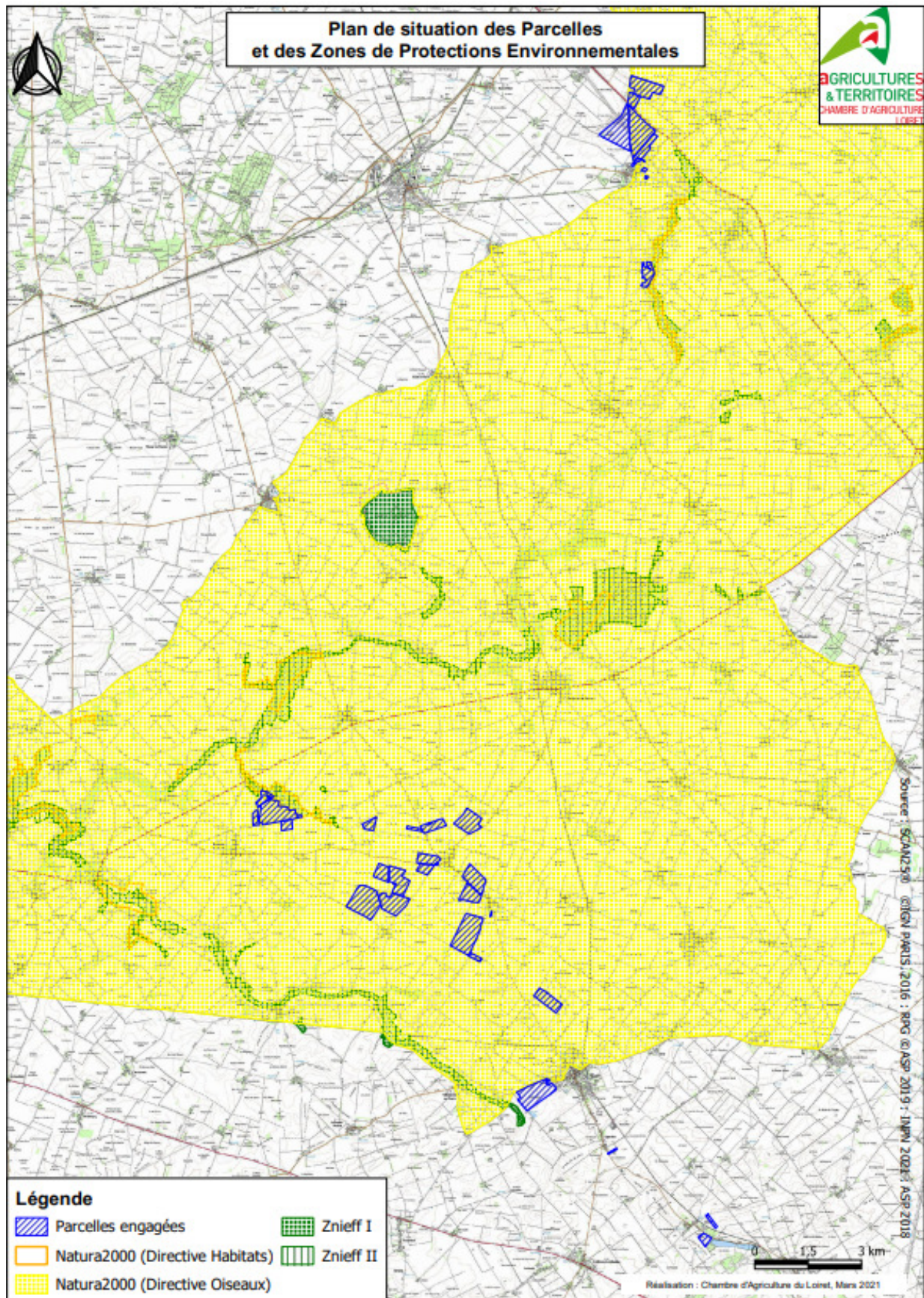


Figure 11: Plan de situation des parcelles et des zones de protections environnementales



### 3.3. ZONES DE PROTECTION ENVIRONNEMENTALES

#### 3.3.1. Définition des zones de protection environnementales

##### 3.3.1.1. LES ZNIEFF

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.

##### 3.3.1.2. NATURA 2000

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.

#### 3.3.2. Recensement des sites environnementaux

Les sites environnementaux ont tous été recensés sur les communes du plan d'épandage. Ils sont listés dans le tableau suivant :



**Tableau 7 : Recensement des zones de protection environnementales**

Type	Identifiant	Nom	Communes	Distance relative par rapport aux parcelles d'épandage les plus proches
ZNIEFF I	240000032	Mouillère des sources de la Conie	VILLENEUVE SUR CONIE	150 m de l'îlot 1 de DOUVILLE Alain
ZNIEFF I	240030441	Pelouse de la vallée de Bazoches	BAZOCHES EN DUNOIS	Proximité immédiate de l'îlot n°9 de EARL PERDEREAU Dominique
ZNIEFF I	240001104	Pelouses d'Ymonville	PRASVILLE	Proximité immédiate de l'îlot n°10 de HURAUULT Basile
ZNIEFF II	240001106	Vallée de la Conie Sud Près Péronville	VILLENEUVE SUR CONIE	150 m de l'îlot 1 de DOUVILLE Alain
ZNIEFF II	240001101	Vallée de la Conie du bois d'en bas à Secouray	BAZOCHES EN DUNOIS	Proximité immédiate des îlots n°8, 9 de EARL PERDEREAU Dominique
SITE NATURA 2000 DIRECTIVE OISEAUX	FR2410002	Beauce et vallée de la Conie	PATAY - SOUGY - TERMINIERS	<b>Intercepte 563,22 ha sur les 677,59 ha du plan d'épandage</b>
SITE NATURA 2000 DIRECTIVE HABITATS	FR2400553	Vallée du Loir et affluents aux environs de Chateaudun	BAZOCHES EN DUNOIS	Proximité immédiate des îlots n°8, 9 de EARL PERDEREAU Dominique et de l'îlot 10 de HURAUULT Basile

Focus sur la ZPS « Beauce et vallée de la Conie »

Les deux ZNIEFF sur Villeneuve sur Conie se superposent au plus proche des parcelles d'épandage. Ces zones concernent l'exsurgence de la nappe des calcaires de Beauce. Au sein de cette zone, autour de l'exsurgence, la zone est cultivée. L'impact des épandages en amont de cette zone sera limité. La réglementation sur les épandages devra être scrupuleusement respectée pour éviter les transferts de nitrates par lessivage ou ruissellement vers la nappe résurgente à proximité.

Les autres ZNIEFF sur l'Eure et Loir et le site Natura 2000 de la Vallée du Loir et affluents se superposent également au plus proche des parcelles d'épandage. Il s'agit majoritairement de pelouses et zones boisées non cultivées. Les épandages à proximité du site n'auront aucun impact sur la qualité de l'habitat, sa faune et sa flore présente. Les risques de transfert de nitrates sont très limités. La réglementation sur les épandages devra être scrupuleusement respectée.

Pour les zones précédemment citées, aucune parcelle n'est incluse au sein de ces zones classées.

La zone Natura 2000 Beauce et Vallée de la Conie étant concernée par 83 % des surfaces inscrites au plan d'épandage, nous avons choisi de davantage détaillé cette zone et les éventuels impacts des épandages. Le détail des sites de protection est présent en annexe 4.



### 3.3.3. Focus sur la ZPS « Beauce et vallée de la Conie »

#### 3.3.3.1. DESCRIPTION DU SITE

La zone Natura 2000 (directive « Oiseaux ») intercepte 563,22 ha du plan d'épandage. Sur les communes concernées par le plan d'épandage, seule la commune de Coinces n'est pas concernée par ce zonage.

Ce site majoritairement situé dans le département d'Eure-et-Loire concerne un territoire d'une superficie totale de 71 652 ha, réparti sur 56 communes. Il est traversé par les vallées de la Conie et pour une petite partie du Loir qui présentent à la fois des milieux humides et des pelouses sèches sur calcaire, apportant ainsi des cortèges d'espèces supplémentaires. Des zones de boisement présentes sur environ 6 000ha du site permettent de compléter la diversité des milieux fortement appréciée des passereaux.

Le maintien de l'avifaune de plaine est en particulier tributaire de la disponibilité en ressources alimentaires (produits végétaux, insectes, micro-mammifères, ...) et en couvert végétal, que le projet de méthanisation faisant l'objet de cette étude aura tendance à favoriser via l'implantation de cultures intermédiaires à vocation énergétique (CIVE) et la diversification des assolements des exploitations agricoles associées au projet.

L'intérêt du site repose essentiellement sur la présence en période de reproduction des espèces caractéristiques de l'avifaune de plaine (80% de la zone sont occupées par des cultures) : Oedicnème criard, alouettes (dont l'Alouette calandrelle, espèce en limite d'aire de répartition), Cochevis, Bruants, Perdrix grise, Caille des blés, mais également les rapaces typiques de ce type de milieux (Busards cendré et Saint-Martin).

La vallée de la Conie, qui présente à la fois des zones humides (cours d'eau et marais) et des pelouses sèches sur calcaire apporte un cortège d'espèces supplémentaire, avec notamment le Hibou des marais (nicheur rare et hivernant régulier), le Pluvier doré (en migration et aussi en hivernage) ainsi que d'autres espèces migratrices, le Busard des roseaux et le Martin-pêcheur d'Europe (résidents), et plusieurs espèces de passereaux paludicoles (résidents ou migrants).

Enfin, les quelques zones de boisement accueillent notamment le Pic noir et la Bondrée apivore.

#### 3.3.3.2. EFFETS LIES AU PLAN D'EPANDAGE SUR LA ZPS « BEAUCE ET VALLEE DE LA CONIE »

La période la plus critique pour les espèces correspond à la période de reproduction. La période la plus sensible pour les espèces prioritaires s'étale globalement d'avril à juillet. Le mois de mars et les mois de septembre-octobre sont d'enjeu moindre car tous les individus peuvent voler (sauf exception). Les mois d'octobre et novembre sont cependant sensibles pour les espèces car ils correspondent à une période pré-migratrice, qui implique pour les oiseaux d'avoir la possibilité de se rassembler et de constituer des réserves alimentaires suffisantes.

Les espèces hivernantes constituent des sensibilités moindres car la reproduction des espèces n'est pas en jeu. Il est cependant nécessaire pour les espèces de disposer de nourriture et d'espaces suffisants pour les dortoirs.

Sur les 563,22 ha au sein du plan d'épandage, seulement 513,59 ha seront épandables. Les parcelles d'épandage qui seront utilisées peuvent potentiellement accueillir des individus nicheurs affectionnant des habitats de type cultureux.



Des dérangements d'espèces pourront donc potentiellement survenir. Les épandages sont prévus principalement sur les périodes de février à avril, de mai sur terres nues post récolte de CIVEs et en août/septembre après moisson.

Les épandages de février à avril se situent en dehors des périodes de nidification sur culture en place de céréales d'hiver ou sur terres nues.

Les épandages courant mai se feront après la récolte de CIVE sur des restes de cultures ensilées ou sur sol. Ces surfaces nécessiteront une préparation de sol pour semer la culture suivante et enfouir le digestat. Les épandages pourront ponctuellement avoir lieu sur sol nu avant l'implantation de cultures de printemps implantées tardivement (mai). En effet, en agriculture biologique, les semis tardifs sur un sol suffisamment chaud ont l'avantage de permettre une levée rapide des graines et limiter l'ensalissement des parcelles. Vu les assolements de chacun des exploitants, les épandages à cette période représenteront environ 70 ha par an.

Les épandages d'août-septembre seront réalisés post moisson sur sols nécessitant un enfouissement post épandage.

Les épandages sont assurés avec du matériel ne remuant pas le sol. Le risque de destruction est très limité puisque simplement lié aux roues des engins motorisés et que la majorité des épandages se situent soit avant la période de nidification, soit quand les oisillons sont volants. L'avifaune aura la visibilité pour s'envoler avant le passage des engins agricoles. Les épandages sont le plus souvent positionnés avant le semis de cultures. Ces semis (déjà présent sans méthanisation) nécessitent le plus souvent une préparation du sol qui permettra par la même occasion d'enfouir le digestat et limiter sa volatilisation. Cet enfouissement est réglementairement imposé pour limiter la volatilisation de l'azote. Ces préparations de sol post épandage se font à vitesse modérée permettant à l'avifaune de s'envoler avant le passage des engins.

L'épandage sur une campagne culturale ne concernera jamais l'ensemble des parcelles mises à disposition, mais fera l'objet d'une rotation. Ainsi, l'avifaune de plaine, déjà adaptée à des pratiques agricoles existantes, ne sera visiblement pas impactée par une pratique présentant des nuisances limitées. L'épandage sur les parcelles survient généralement en amont ou en aval de la période de nidification des espèces sensibles (en lien avec l'assolement) ou sur terres nues. Les épandages, en tant que tel, ne devraient pas avoir d'influence sur l'avifaune.

Il est prévu de normer l'ensemble du digestat sur le site de méthanisation. Il s'agit ici d'un plan d'épandage de substitution en cas de lots non conformes pour environ 20 % du digestat total produit.

### 3.4. 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 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 5).

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 6.

Cette typologie permet de classer les sols selon leur sensibilité au lessivage comme mentionné dans le tableau ci-dessous.

**Tableau 8 : 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 sur la zone pédologique dite de la Petite et Grande Beauce sur les départements d'Eure-et-Loir et du Loiret. Nous retrouvons la typologie simplifiée ci-dessous. La détermination des types de sols est issue de la carte pédologique 1/50 000 de Patay, (Richer de Forges A., et al ; CA45, 2003) et du Référentiel Régional Pédologique d'Eure-et-Loir (G. GIROT, 2009. (Etude n°25028) ; CA28).

#### Beauce

Unités 21a : Sols bruns lessivés profonds (> à 90cm de prof.) limoneux à limono-argileux puis argilo-limoneux à argileux, sur calcaire pulvérulent ou matériaux cryoturbés de Beauce





**B2 Limons peu argileux (18-22 % d'argile), battants, profonds sur calcaire à plus d'un mètre, parfois légèrement humide.**

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

Unités 20 : Sols bruns saturés profonds (> à 90-100cm de prof.) limono-argileux à argilo-limoneux, plus ou moins hydromorphes, sur calcaire ou matériaux cryoturbés de Beauce

**B3 Limons argileux sains (23 à 30 % d'argile), profonds, sur calcaire à plus d'un mètre.**

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

Unité 3a : Sols alluvio-colluviaux argilo-limoneux, des vallées sèches

**B4 Argiles limoneuses (30 à 45 % d'argile), profondes, sur calcaire à plus d'un mètre.**

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

**B5 (a,b,c ou d) Sols bruns calcaires (argilo-calcaires).**

Sols à texture limono-argileuse ou argilo-limoneuse en surface (plus ou moins caillouteux) reposant sur du calcaire à profondeur variable :

Unités 16 : Sols calcaires peu épais argilo-limoneux à limono-argileux, sur calcaire dur de Beauce (localement pulvérulent ou marneux)

**B5a calcaire (ou tuf) à 25 cm**

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

Unités 17 et 19 : Sols bruns calcaires (17) ou calciques (19) modaux limono-argileux à argilo-limoneux, sur calcaire dur de Beauce

**B5c calcaire (ou tuf) à 60 cm**

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

## 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 A L'ÉPANDAGE

Grâce à la typologie des sols et de leur aptitude à l'épandage, il a été possible de déterminer les surfaces représentées par chacun des types de sols et de ressortir la part que représente chacun d'entre eux.

**Tableau 9 : Aptitudes des UCS (RRP) à l'épandage**

UCS	Aptitude à l'épandage	sur la surface totale	
		(ha)	(%)
16ak	1	1,94	0,3
16a	1	79,70	11,8
17a	2	394,60	58,2
19a	2	3,33	0,5
20a	3	72,65	10,7
20c	3	0,96	0,1
21a	3	116,75	17,2
3a	3	7,66	1,1

**Tableau 10 : Aptitudes des sols à l'épandage**

Sols	Aptitude à l'épandage	sur la surface totale	
		(ha)	(%)
B5a	1	81,64	10,1
B5c	2	397,93	58,7
B2, B3, B4	3	198,02	29,2



**Tableau 11 : Echelle d'aptitude à l'épandage**

Sensibilité au lessivage	Aptitude à l'épandage	Part sur la surface totale
Peu sensible 3	Bonne	29,2 %
Moyennement sensible 2	Moyenne en automne hiver Bonne au printemps	58,7 %
Sensible 1	Faible en automne hiver Bonne au printemps	10,1 %

Les sols sont pour un tiers de la surface (29,2 %) peu sensibles au lessivage et présentent une bonne aptitude à l'épandage. Ce sont des sols épais, supérieurs à 90 cm, limono-argileux à argilo-limoneux sur calcaire de Beauce) Seuls 10,1 % (sols calcaires superficiels ou moyens sur calcaire de Beauce) sont sensibles au lessivage à l'automne mais leur aptitude à l'épandage est bonne au printemps. L'aptitude de ces sols nécessite une attention particulière pour limiter le lessivage. Des mesures comme la limitation des tonnages à l'hectare, le choix des cultures réceptrices ou encore le choix du bon matériel d'épandage 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 des zones homogènes pour effectuer les prélèvements.

Il a donc été réalisé au total 5 analyses soit une analyse pour 120 ha environ, celles-ci ayant été réalisées sur des parcelles susceptibles de recevoir le digestat. Le pH doit être nécessairement supérieur à 6,0. Les analyses de sols en métaux lourds seront comparées aux normes en vigueur afin de voir l'aptitude des sols à être épandus.

Les prélèvements ont été effectués et les analyses sont en cours de traitement au laboratoire. Dès réception des résultats, ceux-ci seront synthétisés et transmis à l'administration.

### 5.4. DISTANCES ET CONDITIONS D'ÉPANDAGE

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 12 août 2010.



**Tableau 12 : 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 conchylicoles)	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 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 677,59 ha de SAU inscrits dans le plan d'épandage, seulement 615,50 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 en gel fixe et d'une parcelle utilisée pour l'extraction de calcaire. 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 7.

**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'EPANDAGE

### 5.5.1. Stockage du digestat liquide

Le stockage du digestat liquide, après séparation de phase, sera assuré par 3 poches de stockage de 5 000 m3 chacune.

Ces 15 000 m3 permettront le stockage du digestat liquide en dehors des périodes d'interdiction d'épandage. Il y aura plus d'un an d'autonomie de stockage du digestat liquide prévu au total sur le site de production. Ceci permettra de faire face aux aléas climatiques et de fournir à l'exploitant une sécurité vis-à-vis des épandages.



### 5.5.2. Stockage du digestat solide

Le stockage du digestat solide se fera via une plate-forme bétonnée de 2 260 m<sup>2</sup> au niveau du site de production (autonomie d'environ 9 mois) et via de la mise en dépôt temporaire de 48 h maximum sur les parcelles avant épandage

L'arrêté du 12/08/2010 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 1er octobre au 31 janvier soit 4 mois. Ici la capacité de stockage sera supérieure.

### 5.5.3. Épandage du digestat liquide

L'azote dans le digestat liquide se retrouve majoritairement sous forme d'azote ammoniacal. Cette forme très volatile se transforme très rapidement dans le sol pour se rendre disponible pour les plantes. Elle est donc très intéressante pour la nutrition des plantes et peut s'apparenter à un apport d'engrais chimique dans son fonctionnement. Sa forme lui confère a contrario un effet volatil qui nécessite des adaptations afin de limiter les risques d'évaporation dans l'air.

L'épandage via des tonnes à lisier avec des buses palettes ou via des enrouleurs a été proscrit par la réglementation à cause de la volatilité de l'azote et donc sa faible efficacité. L'épandage du digestat liquide sera donc réalisé avec des équipements rampe et pendillards ou enfouisseurs à disques afin de permettre une bonne répartition du produit et une limitation de la volatilisation. Tout l'enjeu de ces épandages est d'apporter les doses de nutriments nécessaires à la croissance des plantes sans excès, ni perte par volatilisation. Pour réduire l'impact du tassement du sol, des pneus basses pressions seront utilisés. Ces épandages seront réalisés par l'exploitant ou un prestataire de service.



Figure 12 : Pendillards

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 % :

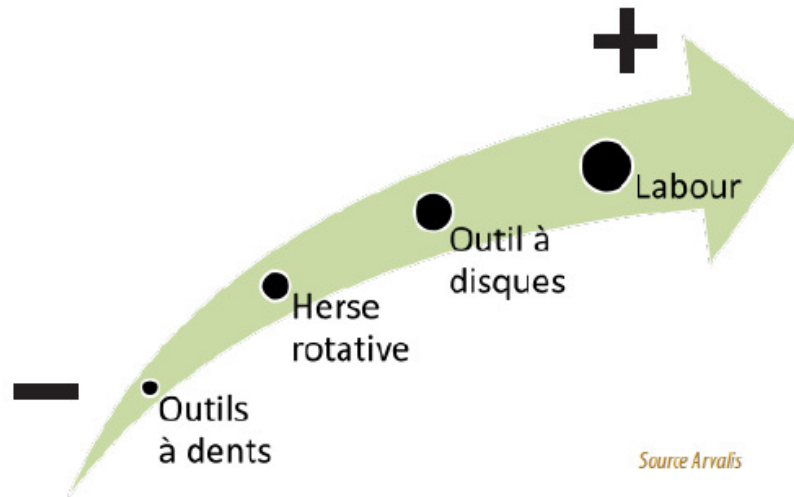


Figure 13 : Efficacité des différents moyens d'enfouissement du digestat, source Arvalis - Institut du végétal

► Épandre 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.

#### 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 à l'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 14 : Épandeur à table

Sachant que le digestat sera commercialisé, ces épandages seront réalisés par les agriculteurs eux-mêmes ou par une entreprise.

## 6. ASSOLEMENTS PRATIQUES

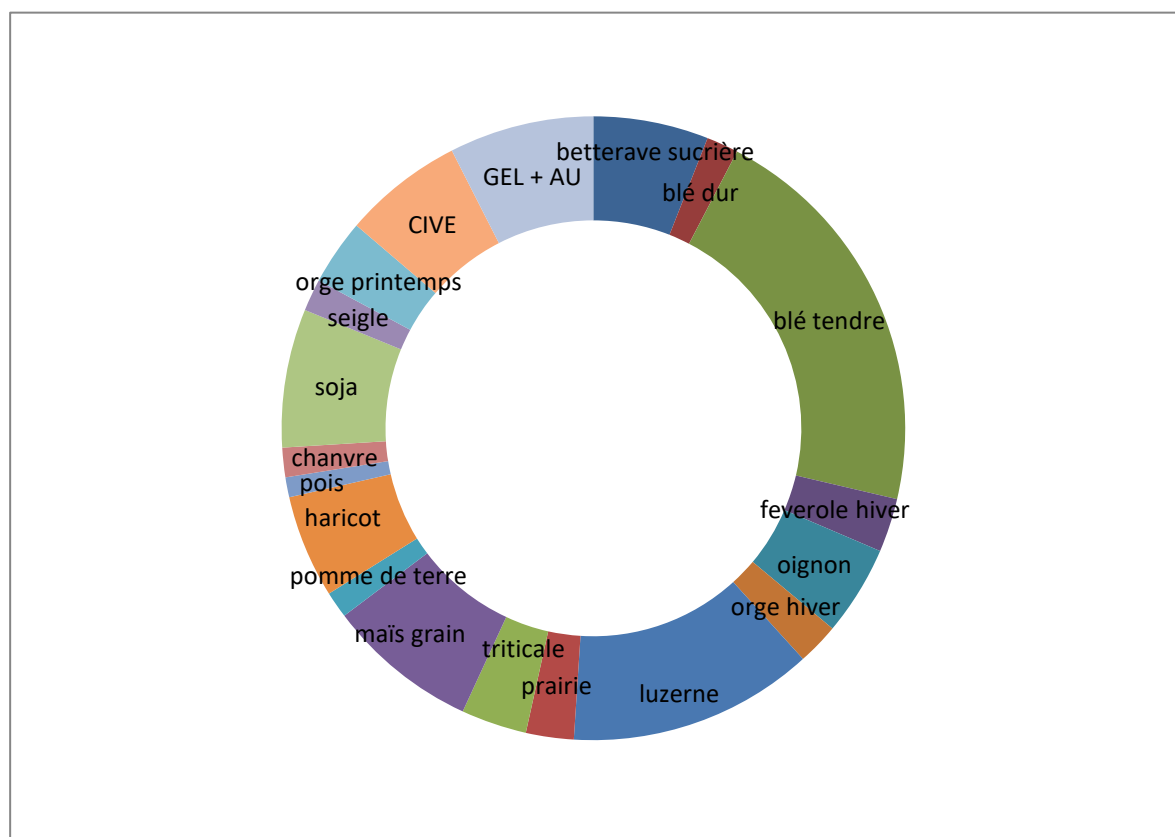
Sur le secteur d'étude, les cultures majoritaires sont le maïs, le blé et la luzerne. Cependant une diversité importante de cultures y est présente. Il n'y aura pas d'épandages avant légumineuses (soja, féverole,...). L'assolement moyen sur les 678 ha de SAU est le suivant :

Tableau 13 : Assolement sur 5 exploitations

Culture	Surface en ha	Part sur la surface totale
betterave sucrière	43,09	6,36
blé dur	12,00	1,77
blé tendre	151,98	22,43
feverole hiver	20,10	2,97
oignon	33,67	4,97
orge hiver	15,60	2,30
luzerne	92,02	13,58
prairie	17,99	2,65
triticale	24,53	3,62
maïs grain	56,76	8,38
pomme de terre	9,94	1,47



haricot	38,63	5,70
pois	7,44	1,10
chanvre	11,00	1,62
soja	51,96	7,67
seigle	12,00	1,77
orge printemps	24,65	3,64
CIVE	45,00	6,64
GEL + AU	54,23	8,00
<b>Total hors CIVE</b>	<b>677,59</b>	<b>100</b>
<b>Total</b>	<b>722,59</b>	<b>107</b>



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 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.

Les exploitations inscrites au sein du plan d'épandage sont toutes en agriculture biologique, ce qui explique la part importante de légumineuses et notamment la part de luzerne dans l'assolement afin de fournir de l'azote et gérer l'ensaillement éventuel des parcelles.





## 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'ÉPANDAGE

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,
- 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 raisonnées 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 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.

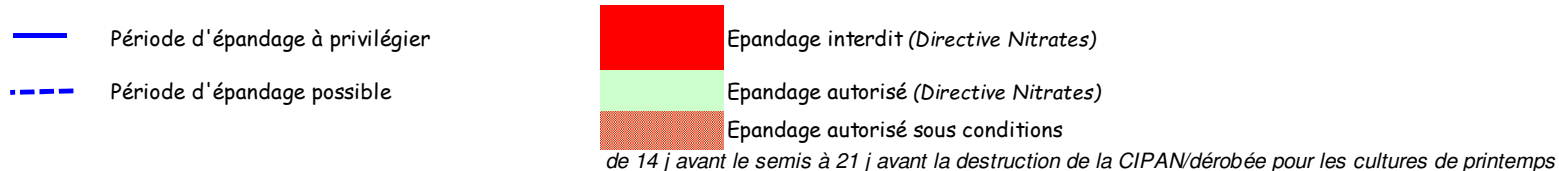
A contrario, certaines parcelles pourront bénéficier de plusieurs apports (en diminuant les doses par hectare) dans le cours d'une même campagne. L'objectif de cette technique est de piloter les apports d'azote au plus près des besoins de la culture. Par exemple pour une CIVE d'hiver, un apport au mois de septembre peut être envisagé avant le semis et ensuite un 2<sup>ème</sup> apport (février) pour favoriser la pousse au moment du tallage.



Tableau 14 : calendrier d'épandage

Digestat (type II)

	Janv	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
<u>Colza</u>												
<u>Culture de printemps avec CIPAN</u>	Red	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
<u>Culture de printemps avec CIVE</u>	Red	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
<u>Céréales d'hiver</u>	Red	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
<u>Prairie</u>	Red	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green



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<sup>er</sup> novembre.

## 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 15 : Doses réglementaires et doses conseillées à l'automne pour le digestat solide**

Culture	CIPAN/Dérobées		Blé		Colza/Prairie	
	DR	DC	DR	DC	DR	DC
<b>Tonnage/ha</b>	26,4	15	31,7	12	37	22
<b>N total en kg/ha</b>	166	95	200	76	233	139
<b>N efficace en kg/ha</b>	50	28	60	23	70	42
<b>P2O5 total en kg/ha</b>	84	48	101	38	118	70
<b>P2O5 disponible en kg/ha</b>	80	46	96	36	112	67
<b>K2O total en kg/ha</b>	58	33	70	26	81	48

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 et dérobée qui offrent une capacité d'absorption largement supérieure au blé à cette période.

**Tableau 16 : Doses réglementaires et doses conseillées à l'automne pour le digestat liquide**

Culture	CIPAN/Dérobées		Blé		Colza/Prairie	
	DR	DC	DR	DC	DR	DC
<b>Tonnage/ha</b>	17	12	20,4	10	23,8	20
<b>N total en kg/ha</b>	71	50	86	42	100	84
<b>N efficace en kg/ha</b>	50	35	60	29	70	59
<b>P2O5 total en kg/ha</b>	27	19	33	16	38	32
<b>P2O5 disponible en kg/ha</b>	26	18	31	15	36	30
<b>K2O total en kg/ha</b>	145	102	173	85	202	170

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 en annexe 5 un coefficient d'équivalence engrais de 30 % pour le digestat solide et de 70 % pour le digestat liquide (voir annexe 8). 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 17 : Exportation des cultures

Cultures	Rendements	Exportation d'azote en kg/ha	Exportation de P2O5 en kg/ha	Exportation de K2O en kg/ha
Maïs grain	90 qx/ha	108	54	50
Blé tendre	50 qx/ha	90	33	25
Orges	45 qx/ha	68	29	25
Blé dur	40 qx/ha	84	34	18
Triticale	45 qx/ha	72	29	25
Betterave sucrière	70 t/ha	77	35	126
Oignon	60 t/ha	138	42	120
Féverole	25 qx/ha	-	30	33
Luzerne	9 t/ha	-	52	286
CIVE	25 t/ha	91	17	114

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-dessus sur les doses d'apport, nous notons que les apports d'azote efficace sont inférieurs aux exportations par les grains. Les apports d'azote liés au digestat ne répondront qu'à une partie des besoins des cultures. Pour les apports de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et K<sub>2</sub>O, il est possible de raisonner la fertilisation sur l'ensemble de la rotation sachant que ces éléments sont peu sensibles au lessivage.

➤ **Epandages 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 argilo-calcaire à limono argileux avec des profondeurs variables. Les épandages seront privilégiés à cette période notamment pour les argilo calcaire superficiels offrant le plus souvent 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 18 : Doses conseillées au printemps pour le digestat solide

Culture	Betterave / Maïs
Doses	DC
Tonnage/ha	25
N total en kg/ha	158
N efficace en kg/ha	47
P2O5 total en kg/ha	80
P2O5 disponible en kg/ha	76
K2O total en kg/ha	55



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 19 : Doses conseillées au printemps pour le digestat liquide**

Culture	Betterave / Maïs	Blé	CIVE d'hiver
Doses	DC	DC	DC
Tonnage/ha	25	15	15
N total en kg/ha	105	63	63
N efficace en kg/ha	74	44	44
P2O5 total en kg/ha	40	24	24
P2O5 disponible en kg/ha	38	23	23
K2O total en kg/ha	213	128	128

Le plan prévisionnel de fertilisation permettra de garantir de ne pas dépasser les besoins des cultures. En culture biologique, les besoins en azote ne sont couverts qu'avec des apports organiques. En fonction des besoins, les apports pourront être légèrement plus élevés afin de répondre aux besoins des plantes pour atteindre leur potentiel de rendement.

➤ **Conclusions :**

Ici le produit sera normé et commercialisé. Les conseils ci-dessus s'appliqueront autant aux agriculteurs faisant partie du plan d'épandage qu'au futur preneur de cet effluent normé. Les apports d'azote liés au digestat viendront se substituer aux apports d'engrais chimique ou organique déjà épandus. A titre d'exemple, en se basant pour le digestat liquide sur 70 % de l'azote total produit (62,6 tonnes) en azote efficace à l'année n, on peut considérer une économie de 43,8 tonnes d'azote chimique pour l'année, soit une équivalence de 130 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.

Concernant les engrais de fond (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et K<sub>2</sub>O), 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 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 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 bilans de fertilisation et les bilans azotés pour chacune des exploitations sont présentés en annexe 9.

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

Au total, sur les 615 ha épandables inscrits dans le plan d'épandage, il est prévu d'épandre chaque année le digestat sur 330 ha. Ce plan d'épandage de substitution a été conçu pour le cas de lots non conformes. Il est bâti de manière à pouvoir épandre environ 20 % du digestat total. 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 notamment en agriculture biologique, 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 avant l'implantation des cultures de printemps et sur céréales d'hiver 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 au maximum de 52 unités d'azote donc loin de la limite des 170 kg d'azote organique / ha de SAU imposé par la directive Nitrates.

## 8. AUTRES APPORTS ORGANIQUES

Les exploitations au sein de ce plan d'épandage assurent la fertilisation de leurs cultures bio avec des engrais organiques normés ne nécessitant pas de plan d'épandage. La priorité sera mise sur l'apport de digestat produit localement et qui présente un intérêt fort pour les cultures grâce à son relargage rapide de l'azote plus facile à piloter.

Il s'agit ici d'un plan d'épandage de substitution donc les effluents ne seront pas forcément disponibles tous les ans. Les exploitants pourront alors s'alimenter grâce à du digestat normé ou par le biais d'autres apports organiques normés. Dans tous les cas, le plan prévisionnel de fertilisation devra être établi afin de ne pas dépasser les capacités d'absorption des plantes.

## 9. BILANS GLOBAUX DES APPORTS ORGANIQUES A L'EXPLOITATION

Le plan d'épandage est basé sur l'épandage de 20 % du digestat produit. Le produit sera normé et le site n'est pas soumis à plan d'épandage. Le dossier présenté prévoit l'épandage de digestat non normé dans le cas où ceux-ci ne répondraient pas à la norme.

Le tableau suivant récapitule l'ensemble des apports azotés, phosphorés et potassiques organiques, et les compare aux exportations sur les exploitations inscrites au plan d'épandage. Ces chiffres sont repris dans l'annexe 9 qui elle-même reprend les bilans de chaque exploitation.

**Tableau 20 : Apports azotés, phosphorés, potassiques**

	Apport Total/ha SPE			Exportations/ha SPE			Rapport apport export			
	Kg de N/ha	Kg de P2O5/ha	Kg de K2O/ha	Kg de N/ha	Kg de P2O5/ha	Kg de K2O/ha	N	P2O5	P2O5 dispo	K2O
Moyenne	60	23	122	94	60	155	64%	38%	36%	79%

En moyenne les apports organiques équilibreront à hauteur de 64% les exportations en azote et à 38% ceux en phosphore. Des apports en éléments organiques ou minéraux complémentaires seront donc nécessaires pour satisfaire les besoins des cultures en 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 la plante 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**

Il est prévu des analyses régulières du digestat afin de répondre à l'arrêté du 23 octobre 2020 pour pouvoir commercialiser le digestat. Il sera réalisé à minima :

- Digestats solides : 3 analyses valeur agro + 3 ETM + 3 CTO
- Digestats liquides : 3 valeurs agro + 3 ETM + 3 CTO

Pour chacun des digestats, 3 analyses des critères agronomiques, microbiologiques et éléments traces métalliques seront réalisées soit 6 analyses au minimum. Ces analyses seront à fournir à chaque lot. Chaque lot correspond au stockage entre 2 périodes d'épandage dans la lagune pour le digestat liquide et sur la plateforme bétonnée pour le digestat solide. Les analyses seront à réaliser avant chaque période d'épandage soit avant février, avril et août. Chaque lot représentera environ 3 000 à 5 500 tonnes.

Des analyses supplémentaires seront réalisées autant que de besoin pour vérifier la conformité des digestats.





« Les analyses réalisées conformément aux méthodes mentionnées dans le « Guide pour la constitution des dossiers de demande d'homologation matières fertilisantes – supports de cultures » en vigueur et mis à disposition sur le site internet de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail, permettent de mesurer les critères des teneurs maximales en ETM et valeurs seuils en micro-organismes pathogènes » extrait de l'annexe IV-I de l'arrêté du 13 juin 2017. Ces analyses seront fournies régulièrement aux agriculteurs.

Dans le cas d'épandage de digestat non normé, 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 12/08/2010) :

- 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. Il comportera pour chacune des parcelles (ou îlots) réceptrices épandues (annexe I-g de l'arrêté du 12/08/2010) :

- 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.

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 chimique 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<sup>er</sup> 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 12/08/2010):

- 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 12/08/2010): 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'EPANDAGE ET MESURES PRISES POUR LES LIMITER

### 11.1. TRAFIC ROUTIER

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. Le produit étant normé et commercialisé, les digestats seront exportés sur les parcelles dont disposera le client sans avoir la possibilité de les définir en amont.

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 se trouvent dans un axe Nord Ouest entre 4 et 13 km de l'unité. Seuls des îlots se situent à 25 km au Nord du projet.

Le transport sera assuré par l'exploitant avec des camions ou des tracteurs-bennes. On peut estimer le trafic pour les 5 832 m<sup>3</sup> prévus à l'épandage au sein de ce plan d'épandage de substitution à 195 véhicules de 30 m<sup>3</sup> pour le digestat liquide (densité de 1). Ce trafic sera réparti tout au long de l'année, soit environ 0,5 véhicules par jour en moyenne.

L'ensemble des digestats seront commercialisés durant l'année de production donc le trafic sera plus élevé. Avec la logique ci-dessus, nous pouvons estimer le trafic routier à 497 véhicules de 30 m<sup>3</sup> pour le digestat liquide et à 674 véhicules de 30 m<sup>3</sup> pour le digestat solide soit environ 3 véhicules par jour avec des pics lors des périodes d'épandages en février-mars, mai et août.

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.

### 11.2. 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. Aucun PPC n'intercepte des parcelles d'épandages.

Pour l'ensemble des parcelles d'épandage, un respect strict de la directive Nitrates permettra de limiter les risques de lessivage de l'azote.

### **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.

Les surfaces épandables doivent se situer dans une bande de 35 mètres de part et d'autre des cours d'eau. Cela limite considérablement la dégradation de la qualité des cours d'eau adjacents. Ici, aucun cours d'eau n'est présent à proximité des parcelles. Les épandages ne vont pas engendrer d'eutrophisation des cours d'eau et ne vont pas altérer la qualité piscicole des différentes rivières.

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**

L'étude a mis en évidence la présence d'espèces d'intérêt communautaire sur et à proximité du secteur étudié : SITE NATURA 2000 DIRECTIVE OISEAUX « BEAUCE ET VALLEE DE LA CONIE » (FR2410002) interceptant les îlots n°1, 2, et 183 de la SARL D'OUVENT.

Aucune incidence directe ne ressort de l'analyse des impacts de l'épandage des digestats de la future unité de méthanisation. En effet, les épandages réalisés aux périodes adaptées et en respectant les contraintes agronomiques ne seront pas de nature à perturber les équilibres biologiques du secteur. L'évitement des périodes de nidification et rassemblement est une mesure calendaire simple à mettre en œuvre, mais pouvant être localement contraignante.

L'impact des épandages sur l'avifaune de plaine sera négligeable vu les périodes et cultures épandues. Ces épandages interviendront avant ou après les périodes de nidification hormis pour les épandages post récolte de CIVEs d'hiver (épandage en mai) mais ceux-ci seront réalisés juste après les récoltes sur des sols nécessitant un travail du sol pour réimplanter la culture de printemps.

Les espèces d'intérêt communautaire, susceptibles d'utiliser le site de quelque manière que ce soit, ne devraient pas subir d'incidences significatives suite à la mise en place des épandages.

Les épandages de digestats seront réalisés :

- exclusivement sur des parcelles agricoles exploitées en grandes cultures,
- 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.



### 11.3.2. ZNIEFF

Les surfaces potentiellement épandables de ce plan d'épandage sont situées en dehors de toute ZNIEFF qu'elle soit de type I ou II. L'épandage des digestats n'aura donc aucune incidence sur les zones naturelles.

## 11.4. 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.

### 11.4.1. 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.

En ce qui concerne l'activité des vers de terre, d'une manière générale et comme le montre ce graphique tiré de l'expérimentation de longue durée de Rothamsted en Angleterre, les parcelles qui ont reçu une fertilisation organique depuis plus de 140 ans ont une population lombricienne la plus importante.



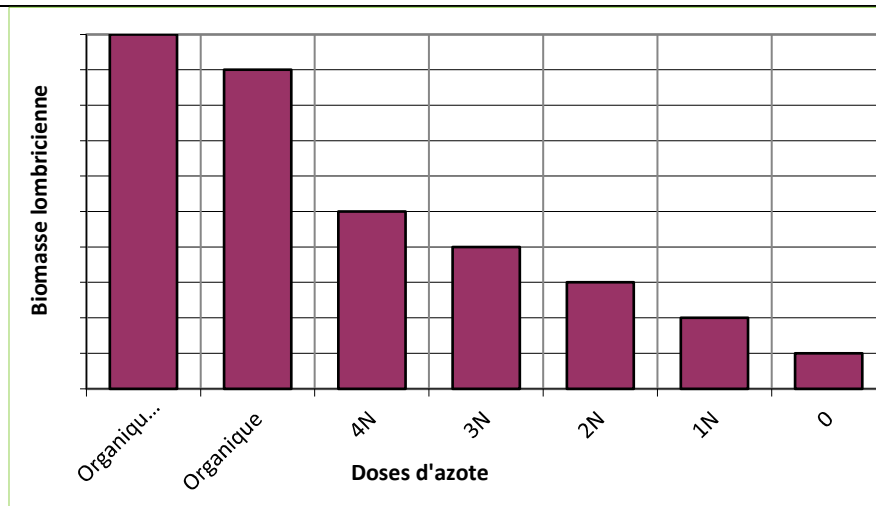


Figure 15 : Effets de la fertilisation sur le vers de terre

L'épandage de matières fertilisantes 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).

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*) préférerait 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,...).

#### 11.4.2. 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).

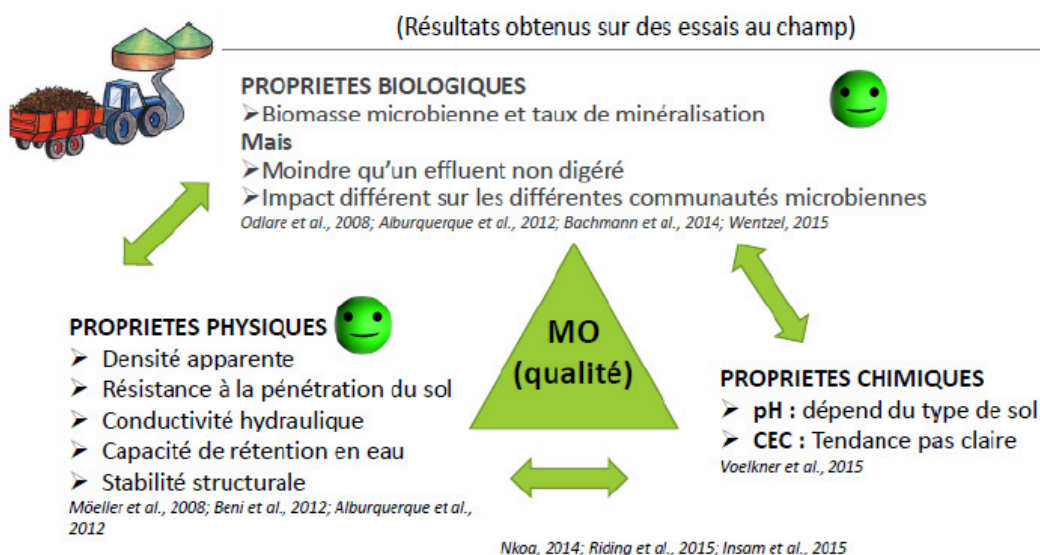
Voelkner et al. (2017) ont également rapporté une amélioration de la CRE après incorporation du digestat dans différents sols sableux et argileux – limoneux, et cela malgré leur postulat de base (la méthanisation produit comme intermédiaires des acides gras qui peuvent amplifier le caractère hydrophobe 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.

### 11.4.3. Synthèse des effets sur le sol 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. LES RISQUES LIES AUX APPORTS DE MINERAUX

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.

### 11.5.1. 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 ( $\text{NH}_4^+$ ), fugace dans les sols car elle se transforme rapidement en azote nitrique ( $\text{NO}_3^-$ ), 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 moyennement sensibles au lessivage l'automne.

Comme le montre la figure 15 et comme cité précédemment, 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*".

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 variera entre 16 et 52 kg N/ha SAU/an selon les exploitations, 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.

### 11.5.2. Le phosphore

➤ **Risque de transfert vers les eaux :**

Le phosphore peut engendrer des problèmes de pollution de l'eau.

Le phosphore 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 :

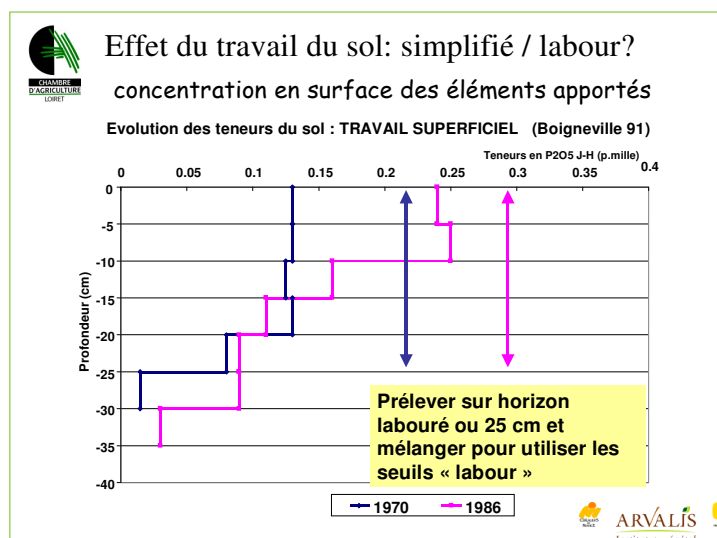


Figure 16 : Effet du travail du sol (Source : Arvalis)

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  $P_2O_5$  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 3 à 4 fois plus forte que le projet présenté, qui est au maximum de 115 kg par hectare et par an.

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

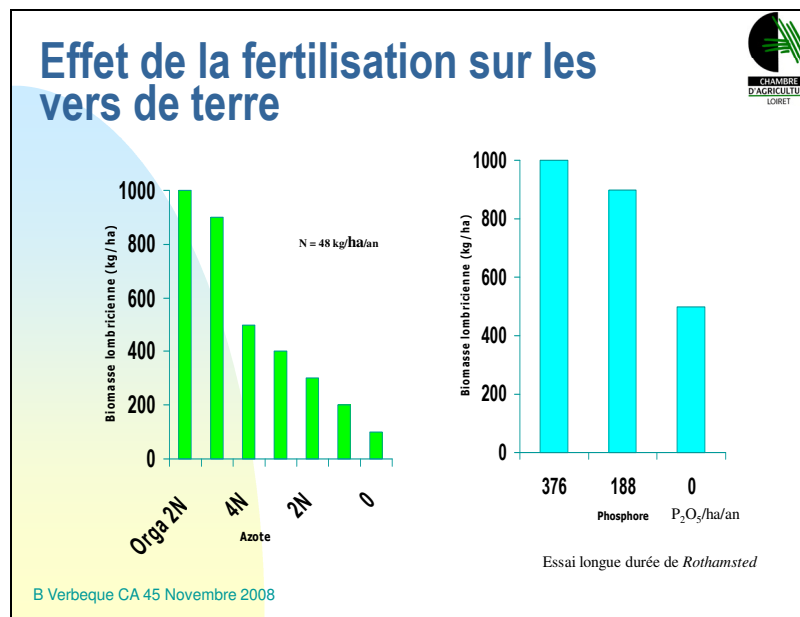


Figure 17: Effet de la fertilisation sur les vers de terre

Il y a une interaction positive avec la biomasse microbienne.



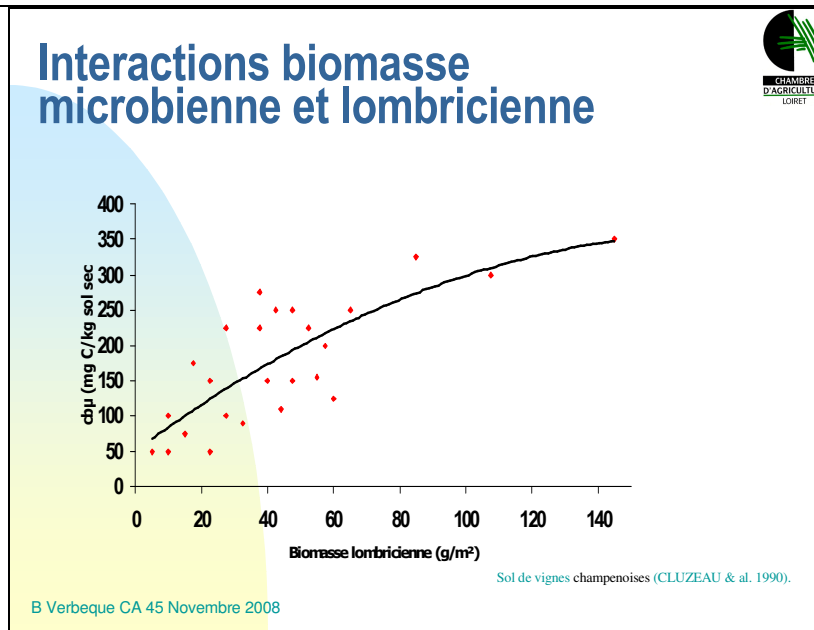


Figure 18 : Interactions biomasse microbienne et lombricienne

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 21 : Essai au lycée agricole du Chesnoy

	Dose annuelle	Apport total sur 19 ans	Export moyen annuel	Export sur 19 ans	Rapport apport export	Teneur 1967 P205 JH ppm	Teneur 1983 P205 JH ppm	Evolution stock biodisponible Kg /ha de P205
<b>P1</b>	60 kg/ha	1140 kg	52 kg / ha / an	986	115%	210	194	-43 kg par hectare
<b>P2</b>	120 kg/ha	2280 kg	52 kg / ha / an	994	229%	210	264	+146 kg /ha

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.

## 11.6. INCIDENCE SUR LES POPULATIONS ET LE PERSONNEL

### 11.6.1. 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.

### 11.6.2. 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.

#### 11.6.2.1. 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. Pour rappel, des épandages sont déjà réalisés avec des effluents d'élevage.

#### 11.6.2.2. L'AMMONIAC

Ces produits sont riches en ammoniac ( $\text{NH}_4^+$ ). Lors de l'épandage cet ammoniac peut se transformer en ammoniac gazeux ( $\text{NH}_3$ ) 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 22 : 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 23 : Recommandations concernant les teneurs atmosphériques en ammoniac selon la durée d'exposition**

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

### 11.6.2.3. 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 (Tableau 31). 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 *Corinobactetrium michiganense* (bactérie) et le *Globodera pallida* (nématode) sont totalement éliminés à 35°C.

**Tableau 24 : 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 déchets de catégories 3 (graisses...), sont hygiénisés en préalable à l'étape de méthanisation. Cet hygiéniseur permet une réduction des pathogènes grâce à l'effet pasteurisation qui se conduit à 70°C pendant 60 minutes.

Des études menées par Heinonen – Tanski en 2006 montrent que 90 % des salmonelles et E coli disparaissent au bout de 11,3 secondes à 68°C et que 90 % des *Mycobacterium paratuberculosis* (bactérie responsable de la tuberculose) disparaissent en 11,7 secondes à 71°C. Cette hygiénisation précède le procédé de méthanisation et renforce son effet sur les pathogènes.

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

#### 11.6.2.4. 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 32).

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



**Tableau 25 : 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 entrant 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.

#### 11.6.2.5. 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 de 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 26 : 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	<b>10</b>		<b>1000</b>		<b>1000</b>		<b>10</b>		<b>200</b>		<b>800</b>		<b>3000</b>	
Flux maximal autorisé en dix ans mg/m2	<b>15</b>		<b>1500</b>		<b>1500</b>		<b>15</b>		<b>300</b>		<b>1500</b>		<b>4500</b>	
Quantité de matière sèche possible kg/m2	<b>38</b>		<b>77</b>		<b>32</b>		<b>107</b>		<b>23</b>		<b>33</b>		<b>40</b>	
Quantité de matière sèche possible T /ha	<b>375</b>		<b>765</b>		<b>317</b>		<b>1071</b>		<b>234</b>		<b>327</b>		<b>397</b>	

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-déchet et déchets verts donnent des résultats toujours largement inférieurs aux autres substrats et très éloignés des valeurs maximales de référence autorisé pour ces produits. En prenant les résultats maximaux de biodéchet et les flux maximaux autorisé 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 22% de matière sèche du digestat solide il serait possible d'épandre 1064 t en dix ans. Il est prévu des doses de 12 à 25 tonnes environ tous les deux ans donc largement inférieur aux 1 064 t théorique maximal. Ceci sera conforté par les analyses et le suivi régulier réalisé lors du suivi du plan d'épandage.





## CONCLUSION

Le projet consiste à créer une unité de méthanisation qui permettra de recycler les matières organiques provenant essentiellement de bio-déchets, d'effluents d'élevage et de cultures énergétiques produits par les exploitations. Le digestat sera normé et commercialisé avant d'être destiné à être épandu sur des terres agricoles.

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

Sachant que le produit sera normé et répondra à la norme Digagri, il n'est pas nécessaire de réaliser un plan d'épandage. Pour autant, par sécurité, par rapport à des lots qui ne répondraient pas à la norme, un plan d'épandage de substitution a été créé pouvant recevoir l'équivalent de 20 % des productions totales de digestat.

Le plan d'épandage est composé majoritairement de surfaces en agriculture biologique. Il présente des bilans déficitaires en azote et phosphore. L'apport en azote/ha SAU lié aux apports de digestat représentera 36 unités d'azote organique/ha total.

Les épandages se feront en priorité 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 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 ne se situe au sein de périmètre de protection de captage.

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*



Sébastien BARON

## ANNEXES

ANNEXE 1 : ARRETE DU 12 AOUT 2010 MODIFIE PAR L'ARRETE DU 17 JUIN 2021

ANNEXE 2 : ARRETE DU 22 OCTOBRE 2020

ANNEXE 3 : CONVENTIONS D'EPANDAGE

ANNEXE 4 : DESCRIPTIF DES ZONAGES ENVIRONNEMENTAUX

ANNEXE 5 : EXTRAIT DU 6EME PROGRAMME DE LA DIRECTIVE NITRATES

ANNEXE 6 : TYPOLOGIE SIMPLIFIEE DES SOLS

ANNEXE 7 : CARTES D'APTITUDES ET TABLEAU D'APTITUDE A L'EPANDAGE

ANNEXE 8 : EXTRAIT DU REFERENTIEL EQUIVALENCE ENGRAIS

ANNEXE 9 : BILANS PAR EXPLOITATION



# ANNEXE 1



## ANNEXE 2



## ANNEXE 3



## ANNEXE 4



## ANNEXE 5



## ANNEXE 6





## ANNEXE 7



## ANNEXE 8



## ANNEXE 9

