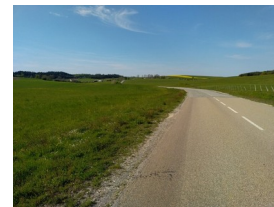


Étude de préfiguration de la gestion et de la valorisation des boues d'épuration domestiques dans le Doubs

Phase 2 : Définition et analyse de scénarios organisationnels de filières de gestion/valorisation des boues d'épuration domestiques



ALLIANCE ENVIRONNEMENT EXPLOITATION

Siège social

130, rue Clément Ader CS10500 – 34 400 Lunel
Tél. : 04 67 47 00 24

| | |
|-----------------------------|--|
| Affaire n° | AE_210017 |
| Rédacteur | Joël Pouget : 07 82 92 61 93 / j.pouget@agrosylva.eu |
| Validation / chef de projet | Camille Mouton : 06 19 28 10 92 / c.mouton@alliance-env.fr |
| Version et date | Version 2, décembre 2022 |



Sommaire

| | |
|--|----|
| Glossaire..... | 6 |
| I Préambule..... | 7 |
| I.1 Introduction..... | 7 |
| I.2 Synthèse de la phase 1..... | 7 |
| I.3 Analyse de la connaissance scientifique sur l'impact des épandages de boues domestiques..... | 7 |
| I.4 Cadre de l'étude..... | 8 |
| I.4.a Objectifs..... | 8 |
| I.4.b Limites..... | 8 |
| II Rappel du contexte et de l'actualité qui orientent cette étude..... | 9 |
| II.1 Aspects réglementaires..... | 9 |
| II.2 Retours des collectivités sur le contexte local..... | 9 |
| II.3 Contexte agricole..... | 9 |
| II.4 Situation de l'assainissement dans le Doubs..... | 11 |
| II.4.a Une tendance plutôt récente vers le regroupement des EU..... | 11 |
| II.4.b Les très petits équipements épuratoires (< 500 EH)..... | 12 |
| II.4.c Les petits équipements épuratoires (> 500 EH ; < 2 000 EH)..... | 13 |
| II.4.d Les équipements épuratoires de taille moyenne (> 2 000 EH ; < 10 000 EH)..... | 13 |
| II.4.e Les STEP de taille importante (> 10 000 EH)..... | 14 |
| II.5 Contexte forestier..... | 15 |
| II.5.a Place de la forêt dans le Doubs..... | 15 |
| II.5.b <i>Importance de la filière bois énergie dans le Doubs</i> | 16 |
| II.5.c Contexte réglementaire..... | 17 |
| II.5.d Retour d'expérience dans le Doubs..... | 18 |
| III Zonage du territoire..... | 20 |
| III.1 Objectif..... | 20 |
| III.2 Méthode du puzzle..... | 20 |
| III.2.a <i>Principe</i> | 20 |
| III.2.b <i>Méthodologie</i> | 20 |
| III.3 Évaluation du débouché agricole potentiel..... | 21 |
| III.3.a Contraintes prises en compte dans le cadre de la méthode puzzle..... | 21 |
| III.3.b Cahier des charges agricoles..... | 21 |
| III.3.c Surfaces non épandables du fait des distances d'isolement..... | 22 |
| III.3.d Surfaces exploitées avec des cultures inadaptées aux épandages..... | 23 |
| III.3.e Résultat et limites de la méthode puzzle..... | 23 |
| III.3.f <i>Prise en compte du taux d'acceptation des boues par les agriculteurs</i> | 24 |
| III.3.g Conclusion de la méthode puzzle..... | 25 |
| III.4 Équipements fixes de traitement des boues sur les stations d'épuration à boues récurrentes..... | 26 |
| III.5 Solutions de gestion externalisée et accès routiers..... | 30 |
| III.5.a Solutions de gestion externalisée..... | 30 |
| III.5.b Accès routiers..... | 31 |
| III.6 Bilan et sectorisation..... | 32 |
| IV Scénarios de gestion pour les boues récurrentes..... | 33 |
| IV.1 Prise en compte des projets actés par les EPCI..... | 33 |
| IV.1.a Réhabilitation / construction de STEP..... | 33 |
| IV.1.b Projets de gestion collective des boues..... | 34 |
| IV.2 Prise en compte de la qualité des boues et des contraintes réglementaires..... | 35 |
| IV.3 Prise en compte du pH des sols..... | 36 |
| IV.4 Arbre primaire de décision..... | 37 |
| IV.5 Gestion des boues récurrentes non conformes..... | 38 |
| IV.6 Valorisation agricole des boues récurrentes en secteur favorable aux épandages..... | 40 |
| IV.7 Gestion des boues récurrentes en secteur difficile..... | 42 |
| IV.7.a Arbre de décision..... | 42 |
| IV.7.b Aide à la prise de décision sur la formule à retenir pour la déshydratation sur un territoire homogène..... | 44 |
| IV.7.c Conséquence sur les gisements de boues pâteuses pour le secteur dit « menacé »..... | 45 |
| V Scénarios de gestion pour les boues ponctuelle..... | 46 |
| V.1 Arbre primaire de décision..... | 46 |

| | | |
|---------|---|----|
| V.2 | Gestion des boues ponctuelles non conformes..... | 47 |
| V.3 | Valorisation des boues ponctuelles en secteur favorable aux épandages..... | 48 |
| V.4 | Gestion des boues ponctuelles en secteur difficile..... | 50 |
| V.4.a | Localisation des STEP concernées..... | 50 |
| V.4.b | Arbre de décision..... | 51 |
| VI | Opportunité de création d'un outil commun de traitement des boues dans le Haut-Doubs..... | 53 |
| VI.1 | Faisabilité de la création d'une plate forme de compostage dans le Haut-Doubs..... | 54 |
| VI.1.a | <i>Contexte local et historique</i> | 54 |
| VI.1.b | <i>Localisation potentielle</i> | 54 |
| VI.1.c | <i>Dimensionnement de la plateforme de compostage</i> | 55 |
| VI.1.d | <i>Disponibilité des déchets verts</i> | 56 |
| VI.1.e | <i>Montage d'un projet</i> | 58 |
| VI.2 | Faisabilité du séchage des boues du Haut-Doubs, assisté par de la chaleur fatale..... | 59 |
| VI.2.a | <i>Technologies</i> | 59 |
| VI.2.b | <i>Disponibilité de la chaleur fatale</i> | 59 |
| VI.3 | Faisabilité d'un outil de chaulage commun des boues pâteuses du Haut-Doubs..... | 61 |
| VI.4 | Faisabilité de la valorisation calorifique des boues du Haut-Doubs..... | 63 |
| VII | Actions transversales..... | 64 |
| VII.1 | Principe..... | 64 |
| VII.2 | Structuration de la communication..... | 64 |
| VII.2.a | Soutien de la communication par l'ASCOMADE..... | 65 |
| VII.2.b | Exemples de supports de communication..... | 66 |
| VII.2.c | Réunions publiques..... | 67 |
| VII.2.d | Contenus et messages à véhiculer..... | 68 |
| VII.3 | Charte (inter)départementale des bonnes pratiques..... | 69 |
| VIII | Impact des scénarios sur le pouvoir d'achat..... | 70 |
| IX | Conclusion..... | 71 |
| X | Table des annexes..... | 72 |

Index des tableaux

| | |
|--|----|
| Tableau 1 : principales difficultés rencontrées sur le territoire des collectivités rencontrées en début de phase 2..... | 9 |
| Tableau 2 : Répartition de la SAU du département du Doubs en fonction des cultures exploitées..... | 9 |
| Tableau 3 : Importance de l’AOP Comté au sein des surfaces des plan d’épandages du Doubs..... | 10 |
| Tableau 4 : Répartition des toutes petites STEP du Doubs par type de file eau..... | 12 |
| Tableau 5 : Répartition des petites STEP du Doubs par type de file eau..... | 13 |
| Tableau 6 : Répartition des STEP de taille moyenne du Doubs par type de file eau..... | 13 |
| Tableau 7 : <i>Liste des STEP de plus de 10 000 EH de capacité nominale dans le Doubs.....</i> | 14 |
| Tableau 8 : <i>Résultat de la 1ère étape du traitement cartographique de la méthode puzzle.....</i> | 21 |
| Tableau 9 : <i>Résultat de la 2ème étape du traitement cartographique de la méthode puzzle.....</i> | 22 |
| Tableau 10 : <i>Résultat de la 3ème étape du traitement cartographique de la méthode puzzle – surface à priori apte aux épandages.....</i> | 23 |
| Tableau 11 : Surface totale des plans d’épandage de boues <i>issues du Doubs</i> avant covid..... | 25 |
| Tableau 12 : Liste des STEP dotées d’une solution de chaulage in-situ..... | 27 |
| Tableau 13 : Liste des STEP dotées d’un équipement de <i>déshydratation</i> | 28 |
| Tableau 14 : Liste des STEP équipées d’un outil d’épaississement statique ou dynamique seul..... | 29 |
| Tableau 15 : Solutions de gestion externalisée avec la capacité théorique de traitement de boues..... | 30 |
| Tableau 16 : Projets de réhabilitation ou de construction de nouvelles STEP recensés au cours de la phase 1..... | 33 |
| Tableau 17 : Projets de gestion collective des boues <i>portés à notre connaissance</i> au cours de l’étude..... | 34 |
| Tableau 18 : Nombre de non-conformités en cuivre des boues des STEP selon le projet de Socle Commun à partir des analyses de 2020..... | 35 |
| Tableau 19 : Solutions théoriques qui s’offrent aux boues non conformes, qui se trouvent dans un secteur proche du département du Doubs..... | 38 |
| Tableau 20 : Paramètres à surveiller avant de prévoir l’intervention d’une unité mobile de déshydratation..... | 39 |
| Tableau 21 : Aide à la prise de décision sur la formule à retenir pour la déshydratation mécanique des boues sur un territoire homogène..... | 44 |
| Tableau 22 : Gisements de boues par EPCI situées sur le secteur difficile en 2020 et projections 2035..... | 45 |
| Tableau 23 : <i>Point d’équilibre économique entre la filière épandage direct et compostage externalisé de boues ponctuelles</i> | 49 |
| Tableau 24 : Liste des STEP en secteur difficile pour la gestion de boues ponctuelles..... | 50 |
| Tableau 25 : Tentatives de création de plateformes de compostage dans le département du Doubs..... | 54 |
| Tableau 26 : Gisement de boues en 2035 <i>sur le secteur difficile</i> | 55 |
| Tableau 27 : Plateforme de compostage de <i>déchets verts</i> existantes dans le Doubs..... | 56 |
| Tableau 28 : <i>EPCI compétents pour la collecte des déchets verts</i> | 56 |
| Tableau 29 : Différentes formules possibles pour le montage d’un projet de compostage de boues..... | 58 |
| Tableau 30 : <i>Collectivités</i> ayant adhéré pour la compétence assainissement (au moins) au sein de l’ASCOMADE..... | 65 |
| Tableau 31 : Proposition de contenus et messages à faire passer <i>au sein des supports de communication</i> | 68 |

Index des figures

| | |
|---|----|
| Figure 1 : Principales sources d'énergies renouvelables en Bourgogne-Franche-Comté en 2017..... | 16 |
| Figure 2 : Localisation des hangars de stockage de plaquettes forestières en 2020 en Bourgogne-Franche-Comté..... | 16 |
| Figure 3 : Chaufferies bois collectives en fonctionnement au 1 ^{er} janvier 2022 en Bourgogne-Franche-Comté..... | 16 |
| Figure 4 : Évolution des consommations de bois par grand types de chaufferies en Bourgogne-Franche-Comté..... | 16 |
| Figure 5 : Résultats des enquêtes GRAPE-RITTMO auprès des producteurs de boues..... | 18 |
| Figure 6 : Extrait du registre de délibération de l'Union régionale des associations des communes forestières de Franche-Comté..... | 19 |
| Figure 7 : Schémas expliquant le principe de la méthode puzzle..... | 20 |
| Figure 8 : Graphiques de l'évolution des prix des engrais au cours des deux dernières années - Engrais azotés..... | 24 |
| Figure 9 : Graphiques de l'évolution des prix des engrais au cours des deux dernières années - Engrais phosphorés..... | 24 |
| Figure 10 : Silo de stockage de boues et lits de séchage non plantés (Source Agrosylva)..... | 26 |
| Figure 11 : Table d'égouttage (Source EMO)..... | 26 |
| Figure 12 : Centrifugeuse (Source EMO)..... | 26 |
| Figure 13 : Dispositif de dévoutage d'un système de chaulage in situ (Source Agrosylva)..... | 26 |
| Figure 14 : Carte accès routiers dans le Doubs (Source : Geoportail)..... | 31 |
| Figure 15 : Représentation cartographique des gisements de boues (période actuelle) et débouchés agricoles locaux potentiels théoriques par EPCI..... | 32 |
| Figure 16 : Carte pH des sols du département du Doubs..... | 36 |
| Figure 17 : Arbre primaire de décision quant à la stratégie de gestion des boues récurrentes..... | 37 |
| Figure 18 : Arbre de décision pour la gestion des boues récurrentes non conformes..... | 38 |
| Figure 19 : Gisement de boues brutes en fonction de leur <i>siccité</i> pour un gisement de 2 TMS..... | 39 |
| Figure 20 : Arbre de décision de la gestion des boues récurrentes en secteur favorable..... | 41 |
| Figure 21 : Arbre de décision de la gestion des boues récurrentes en secteur difficile..... | 42 |
| Figure 22 : Arbre primaire de décision pour la gestion des boues ponctuelles..... | 46 |
| Figure 23 : Arbre de décision pour la gestion des boues ponctuelles non conformes..... | 47 |
| Figure 24 : Arbre de décision pour la gestion des boues ponctuelles en secteur favorable..... | 48 |
| Figure 24 : Arbre de décision pour la gestion des boues ponctuelles en secteur difficile..... | 51 |
| Figure 25 : Schéma des solutions alternatives à l'épandage de boues brutes étudiées dans le cadre de la phase 2..... | 53 |
| Figure 26 : Techniques de séchage mutualisé de boues dans le Haut-Doubs..... | 59 |
| Figure 27 : Besoin en énergie extérieure (chaleur fatale)..... | 60 |
| Figure 28 : Faisabilité de la création d'un outil de chaulage commun des boues pâteuses du Haut-Doubs..... | 61 |
| Figure 29 : Différentes possibilité de valorisation calorifique des boues du Haut-Doubs..... | 63 |
| Figure 30 : Localisation des adhérents d'ASCOMADE autour du département du Doubs..... | 65 |
| Figure 31 : Carte prix moyen de l'assainissement collectif par commune (Source : eaufrance.fr)..... | 70 |

Glossaire

| | |
|-------|--|
| AB | Agriculture Biologique |
| AC | Assainissement Collectif |
| AEP | Alimentation en Eau Potable |
| AERMC | Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse |
| ANC | Assainissement Non Collectif |
| AOC | Appellation d'Origine Contrôlée |
| AOP | Appellation d'Origine Protégée |
| BA | Bilan Agronomique |
| BAAP | Boues Activées Action Prolongée |
| BAC | Boues ACTivées |
| BCAE | Bonnes Conditions Agricoles et Environnementales |
| BL | Boues liquides |
| CIGC | Comité Interprofessionnel de Gestion du Comté |
| CN | Capacité Nominale |
| COFIL | COMité de PILotage |
| COTEC | Comité TEChnique |
| CTO | Composés Traces Organiques |
| DB | Disque Biologique |
| DBO5 | Demande Biologique en Oxygène pendant 5 jours |
| DCE | Directive Cadre Eau |
| DCO | Demande Chimique en Oxygène |
| DD | Décanteur Digesteur |
| EH | Équivalent Habitant |
| EPCI | Etablissement Public de Coopération Intercommunale |
| ETM | Eléments Traces Métalliques |
| EU | Eaux Usées |
| FPR | Filtre Planté de Roseaux |
| FRCL | Fédération Régionale des Coopératives Laitières |
| IGP | Indication Géographique Protégée |
| INSEE | Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques |
| MV | Matières de Vidange |
| LB | Lit Bactérien |
| LDS | Lit De Séchage |
| LSPR | Lits de Séchage Plantés de Roseaux |
| NYMBY | Abréviation de « Not In My BackYard » (<i>pas dans ma cours</i>) : reflète le rejet de chacun de subir l'implantation d'une installation de Traitement de boues (ou de déchets) dans son voisinage |
| PAN | Programme d'Action National |
| PAR | Programme d'Action Régional |
| PE | Plan d'Épandage |
| PPE | Planning Prévisionnel d'Épandage |
| PFC | Plateforme de Compostage |
| RPG | Registre Parcellaire Graphique |
| SAU | Surface Agricole Utile |
| SBR | Sequencing Batch Reactor |
| STEP | Station d'EPuration |
| T MB | Tonnes de Matière Brute |
| T MS | Tonnes de Matière Sèche |

I Préambule

I.1 Introduction

La filière boue connaît des changements sans précédent causés par l'évolution de l'agriculture et surtout de la réglementation. C'est pour faire face à ces modifications profondes, qui vont jusqu'à remettre certains choix de filières en question, que le Département du Doubs a souhaité entreprendre une étude prospective de la gestion des boues d'épuration domestiques et des matières de vidange, en accord avec les EPCI du territoire et la Préfecture du Doubs. Cette étude est cofinancée par l'Agence de l'eau RMC, l'ADEME et la Banque des territoires.

La situation actuelle de la gestion des boues à l'échelle nationale est préoccupante, en raison des difficultés engendrées par la crise sanitaire COVID (interdiction d'épandage des boues non hygiénisées) et des interrogations liées aux évolutions réglementaires à venir. À cela s'ajoutent des difficultés issues du contexte local du Doubs, en lien notamment avec la révision du cahier des charges de l'AOP Comté (interdiction des épandages de boues sur sa zone d'influence), mais aussi avec la typologie même du parc épuratoire (beaucoup de stations en boues liquides non chaulées).

L'objectif est donc à la fois de répondre à des problématiques rencontrées actuellement, mais également de se projeter sur le moyen terme (15-20 ans).

Le plan d'actions ainsi dégagé devra alors proposer des solutions pérennes et de secours pour les boues de station d'épuration et les matières de vidange produites sur le territoire, en intégrant les particularités locales et en préservant la gestion de proximité.

Cette étude doit permettre d'apporter les outils et solutions opérationnels visant à assurer une gestion pertinente des boues et des matières de vidange sur le département, dans le respect de la réglementation et dans des conditions techniques et économiques optimales.

Cette étude se voudra donc un véritable outil d'aide à la décision et document de référence en termes de gestion des boues et matières de vidange du territoire.

Elle se décompose en trois phases :

- Phase 1 : État des lieux ;
- **Phase 2 : Définition et analyse des divers scénarii de gestion des boues ;**
- Phase 3 (optionnelle) : Étude d'avant-projet du scénario organisationnel retenu.

I.2 Synthèse de la phase 1

Les volumes de boue du Doubs sont en augmentation depuis 4 ans. L'évolution de la réglementation en cours (socle commun) et les arrêtés « hygiénisation » liés à la période COVID modifient les conditions de traitement des boues d'épuration :

- Que ce soit à court terme, actuellement avec l'hygiénisation obligatoire des boues qui impacte la filière ;
- Ou à plus long terme avec l'évolution des limites en éléments traces métalliques : à priori il n'y a pas de problème vis-à-vis des seuils réglementaires à venir même si le cuivre devra être surveillé.

L'impact de l'évolution du cahier des charges de l'AOP Comté avec l'interdiction des épandages de boue semble être une problématique mineure (12 à 15% du gisement de boue concerné) mais n'est pas à négliger localement notamment vis-à-vis des petites STEP dont les plans d'épandage risquent d'être fragilisés.

I.3 Analyse de la connaissance scientifique sur l'impact des épandages de boues domestiques

L'analyse de la connaissance scientifique actuelle de l'incidence des épandages de boues urbaines sur le milieu naturel ou sur la santé est faite au sein d'un rapport réalisé par Alliance Environnement et compilé en annexe 22.

I.4 Cadre de l'étude

I.4.a Objectifs

L'objectif de cette étude est de pouvoir proposer aux maîtres d'ouvrage en charge de l'assainissement collectif et aux vidangeurs collectant les matières de vidange de l'assainissement non collectif un schéma global de gestion de ces diverses matières, optimisé à l'échelle du territoire du Doubs.

I.4.b Limites

Cette étude de préfiguration ne concerne que les boues issues de stations de traitement des eaux usées.

Le périmètre de l'étude se bornera au territoire du département du Doubs, en tenant compte toutefois des échanges interdépartementaux et des interactions avec les territoires limitrophes.

Suite aux COTECS du 13/06/22 et 12/12/2022, la méthanisation des boues est écartée des scénarios étudiés en phase 2, car elle ne résout pas la problématique d'acceptation des boues en secteur difficile. Or, le besoin de solutions des maîtres d'ouvrages est immédiat (interdiction de l'épandage de boues brutes, compostées ou méthanisées en AOP Comté).

II Rappel du contexte et de l'actualité qui orientent cette étude

Il convient de rappeler les éléments de contexte et d'actualité qui justifient les orientations de cette étude.

II.1 Aspects réglementaires

Les orientations données dans le cadre de cette étude sont établies en tenant compte :

- D'un maintien de la possibilité de réaliser des épandages agricoles de boues non compostées ;
- De la mise en application obligatoire de la réglementation sur le Socle Commun (dont le contenu reste flou au moment de la rédaction de ces lignes) ;
- De l'impossibilité d'épandre des boues compostées ou non sur des parcelles en AOP Comté (ce qui n'est pas encore le cas au moment de la rédaction de ces lignes).

II.2 Retours des collectivités sur le contexte local

Ponctuellement, Agrosylva s'est porté à la rencontre de quelques collectivités du Doubs afin de mieux s'imprégner du contexte local. A chaque fois, une visite de STEP était prévue en marge des échanges avec la personne rencontrée.

Questionnées sur les difficultés rencontrées sur leur territoire, les responsables des collectivités rencontrées par Agrosylva, bureau d'études en charge de la phase 2, se sont exprimés de la manière suivante :

| EPCI | Grand Besançon Métropole | CC Frasne Drugeon | Pays de Montbéliard Agglomération |
|---------------------|--|--|--|
| Problématique | COVID sur les petites STEP qui n'ont pas la possibilité de chauler | - AOP Comté - COVID car pas la possibilité de chauler | COVID sur les petites STEP qui n'ont pas la possibilité de chauler |
| Principaux souhaits | - Maintenir la filière d'épandage - Renforcer la communication | - Maintenir la filière d'épandage | - Maintenir la filière d'épandage - Faire un PE unique pour PMA72 |

Tableau 1 : principales difficultés rencontrées sur le territoire des collectivités rencontrées en début de phase 2

Nous insistons sur le fait que le travail de phase 2 a fait l'objet d'une démarche de concertation importante, complémentaire à celle qui avait été portée dans le cadre de la phase 1. Ce rapport ne constitue pas un copier/coller d'une autre étude similaire, mais se veut au contraire, fidèle à la réalité de terrain qui est celle du département du Doubs.

II.3 Contexte agricole

L'analyse du RPG 2019 du Doubs offre les résultats suivants (agglomérés) :

| Catégories | Types de cultures | SAU dans le Doubs (ha) | % SAU totale |
|-------------------------------------|--------------------------|------------------------|--------------|
| Cultures facilement épandables | Grandes cultures | 28 754 | 12,8% |
| Cultures épandables sous conditions | Prairies & parcours | 195 764 | 86,9% |
| Cultures à priori non épandables | Légumes, fleurs, vergers | 263 | 0,1% |
| Cultures non indiquées | « autres » | 376 | 0,2% |
| | TOTAL | 225 157 | 100% |

Tableau 2 : Répartition de la SAU du département du Doubs en fonction des cultures exploitées

L'écrasante majorité (87%) des surfaces agricoles du département du Doubs sont exploitées en prairies permanentes ou non, fauchées ou non.

Comme le montre la carte en annexe 1, la répartition des cultures n'est pas du tout homogène sur le département. Les parcelles en grandes cultures sont de plus en plus rares en allant vers l'est/sud-est du département où elles sont quasi-inexistantes.

Pour des raisons techniques, les grandes cultures sont celles où l'épandage est le plus aisé :

- Il s'agit le plus souvent de cultures annuelles ou bis-annuelles semées, laissant la parcelle nue après récolte, facilitant de ce fait la pratique de l'épandage (pas d'écrasement de culture) ;
- Les besoins agronomiques sont souvent élevés.

Les cultures à priori non épandables le sont pour des raisons réglementaires (délai d'isolement pour les cultures maraîchères), techniques (espacement entre les rangs de vergers) ou agronomiques (exportations très faibles).

Les prairies et les parcours (surfaces de pâturage non fauchés) entrent dans la catégorie des cultures épandables *sous conditions* (hors celles, réglementaires, s'appliquant à toutes les cultures recevant des boues) pour les raisons suivantes :

- La possibilité d'épandre des boues sur des parcelles en AOP Comté est *conditionnée* à la suspension hypothétique de l'interdiction d'épandage prévue dans le projet de cahier des charges (non validé à la date de rédaction de ces lignes) ;

- L'épandage de boues pâteuses ou de compost grossier sur les prairies est mal-aisé du fait de risques de souillures ;

- Lorsque les prairies sont pâturées ou bien sont amendées avec du fumier, les besoins agronomiques de la culture sont réduits.

Ces contraintes supplémentaires sont à prendre en compte car elles concernent une majorité de la SAU du département.

A titre informatif, le suivi des épandages des boues du Doubs réalisé par la CIA25-90 (carte en annexe 2) donne les renseignements suivants :

| Parcelles des plans d'épandage du Doubs | SAU (ha) | % SAU totale |
|---|---------------|--------------|
| En AOP Comté | 22 166 | 62,8% |
| Hors AOP Comté | 13 133 | 37,2% |
| TOTAL | 35 299 | 100% |

Tableau 3 : Importance de l'AOP Comté au sein des surfaces des plans d'épandages du Doubs

Il s'agit de la SAU intégrée dans des plans d'épandage (suivis par la CIA25-90) des boues du Doubs valorisées dans le Doubs et hors département.

On constate donc que la problématique de l'AOP Comté vis à vis des épandages est importante alors qu'une partie non négligeable (6% de la SAU en PE suivis par la CIA25-90) des boues du Doubs est déjà valorisée hors département. Citons par ailleurs le recours en surfaces agricoles extérieures au département pour la valorisation des boues de Port Douvot (70 % de la SAU du plan d'épandage se trouvant en Haute Saône).

II.4 Situation de l'assainissement dans le Doubs

II.4.a Une tendance plutôt récente vers le regroupement des EU

Composé pour l'essentiel de roches calcaires, alternant avec des couches marneuses, le sous-sol du département du Doubs est caractérisé par l'abondance des systèmes karstiques avec dolines, gouffres (Puits de Poudrey), grottes, sources, pertes et résurgences.

Au regard de la fragilité des milieux karstiques, une déclinaison départementale des exigences du SDAGE relatives aux rejets de l'assainissement collectif a été établie et validée par la MISEN du Doubs en mars 2016 (dite « doctrine karst »). Ce document-cadre propose sur le secteur d'étude (classé en zone karstique ou dont les cours d'eau présentent des assècs et des pertes) des valeurs maximales de rejets pour tous les paramètres « classiques » et pour toutes les STEP (modulées selon la nature des équipements de traitement). S'agissant d'une doctrine, elle n'est pas réglementaire mais les seuils de rejet proposés ont vocation à être repris à mesure de la réfection des STEP ou de la réactualisation des AP de rejet dans le milieu.

Une des conséquences est que, pour les maîtres d'ouvrages disposant de la compétence assainissement, le regroupement des usagers vers une STEP importante peut, dans certains cas*, être plus pertinent que de multiplier les toutes petites unités de moindre performance.

Une des difficultés réside dans la rareté des milieux récepteurs superficiels sur certains secteurs karstiques et de la capacité de ces derniers à recevoir les effluents traités. Par ailleurs, en lien avec la doctrine karst, la DDT est de plus en plus exigeante vis-à-vis des normes de rejets.

Le rapport de phase 1 montre que les projets de construction et de réhabilitation de stations prévus d'ici à 2027 représentent une capacité épuratoire de 48 579 EH (hors STEP privées) venant en remplacement des ouvrages vieillissants. L'augmentation de la capacité épuratoire des STEP sous maîtrise d'ouvrage publique est de 9 000 EH environ, d'ici à 2027.

** Notons à ce niveau que les contraintes de rejets peuvent parfois être largement contrebalancées, dans le processus du choix épuratoire, par les avantages procurés par les filières rustiques peu énergivores et produisant peu de boues, telles que les FPR, par exemple.*

II.4.b Les très petits équipements épuratoires (< 500 EH)

En dépit de la tendance au regroupement expliquée au chapitre précédent, on trouve encore dans le Doubs un certain nombre de très petits équipements épuratoires. Les toutes petites STEP (< 500 EH) sont localisées sur la carte en annexe 3. On observe que ce type d'équipement est plutôt rare dans le sud et l'est du département, soit sur les agglomérations qui disposent d'une grosse STEP, ainsi que sur les secteurs de plateau avec fromageries.

La répartition de ces toutes petites unités par typologie de technologie de traitement de l'eau est la suivante :

| | Filtres à sable | FPR/lagunages | Décanteur Digesteur | Lit Bactérien | Boues activées | Disques biologiques | TOTAL |
|------------------------------------|-----------------|---------------|---------------------|---------------|----------------|---------------------|-------|
| STEP de moins de 200 EH | 34 | 29 | 25 | 14 | 5 | 2 | 109 |
| STEP comprises entre 200 et 500 EH | 2 | 44 | 4 | 9 | 16 | 4 | 79 |

Tableau 4 : Répartition des toutes petites STEP du Doubs par type de file eau

Les filtres à sable comprennent une fosse de décantation en guise de pré-traitement. Les boues qui sont produites se rapprochent le plus souvent des matières de vidange et sont, la plupart du temps, gérées comme telles (dépotage en tête de STEP).

Les filtres plantés de roseaux et les lagunages produisent des boues dites « ponctuelles ». Il faut les gérer au moment du curage, c'est à dire une fois tous les 10 ans en moyenne. De plus, les boues de filtres plantés de roseaux se trouvent déjà dans un état solide au moment du curage.

La problématique de la gestion des boues pour les petits équipements est plus prégnante (car récurrente) pour les autres catégories de STEP. D'ailleurs, toutes sont liquides d'après les retours des questionnaires, ce qui laisse supposer l'absence d'utilisation des lits de séchage existants.

Malgré la tendance au regroupement (plutôt récente), on observe que 61 % des STEP du Doubs sont des « toutes petites STEP » dont la capacité nominale de traitement est inférieure à 500 EH. La problématique boues est la plus forte au niveau des STEP à boues « récurrentes ».

II.4.c Les petits équipements épuratoires (> 500 EH ; < 2 000 EH)

Nous entrons dans cette catégorie les STEP dont la capacité nominale de traitement est comprise entre 500 et 2 000 EH. Elles sont localisées en annexe 4.

Dans le département du Doubs, on en trouve 73 unités seulement, soit 25 % du parc épuratoire total.

| | Filtres à sable | FPR/lagunages | Décanteur Digesteur | Lit Bactérien | Boues activées | Disques biologiques | TOTAL |
|--------------------------------------|-----------------|---------------|---------------------|---------------|----------------|---------------------|-------|
| STEP comprises entre 500 et 2 000 EH | 1 | 17 | 0 | 1 | 53 | 1 | 73 |

Tableau 5 : Répartition des petites STEP du Doubs par type de file eau

Les STEP à boues activées prennent une place dominante (73% des installations de cette catégorie). La proportion de STEP à boues ponctuelles chute à 23 %. Les STEP à boues activées sont celles qui offrent les meilleurs rendements épuratoires tout en tolérant les charges *spécifiques* issues des effluents des fromageries (riches en DCO notamment dure, selon les témoignages recueillis). La plupart des STEP de cette catégorie produit encore aujourd'hui des boues liquides. Dans les zones où l'épandage de boues est remis en cause par la modification du cahier des charges de l'AOP Comté, il y a donc un enjeu très fort, à l'échelle départementale.

II.4.d Les équipements épuratoires de taille moyenne (> 2 000 EH ; < 10 000 EH)

Le nombre de STEP de taille moyenne dans le Doubs n'est plus que de 37 unités, soit 12 % du parc épuratoire total. Elles sont localisées en annexe 5. La quasi-totalité des STEP de cette catégorie est de type boues activées, probablement pour les raisons évoquées au chapitre précédent :

| | Filtres à sable | FPR/lagunages | Décanteur Digesteur | Lit Bactérien | Boues activées | Disques biologiques | Physico-chimique | TOTAL |
|---|-----------------|---------------|---------------------|---------------|----------------|---------------------|------------------|-------|
| STEP comprises entre 2 000 et 10 000 EH | 0 | 0 | 0 | 1 | 35 | 0 | 1 | 37 |

Tableau 6 : Répartition des STEP de taille moyenne du Doubs par type de file eau

On trouve également :

- Une STEP de type physico-chimique : STEP de Métabief ;
- Une STEP de type lit bactérien : STEP de Levier.

Seulement 32 % des STEP de cette catégorie disposent d'une solution de déshydratation fixe. Ce qui n'était pas un problème dans un contexte d'épandage facilité, ne l'est plus du tout en période covid et surtout avec la remise en cause des épandages sur parcelles AOP Comté.

L'enjeu pour ces STEP est donc important du fait de la production et des volumes de boues liquides difficilement gérables au-delà des circuits courts que représentent aient les épandages. Pour cette raison, plusieurs collectivités ont d'ores et déjà projeté d'équiper certaines STEP de taille moyenne avec un outil de déshydratation fixe.

II.4.e Les STEP de taille importante (> 10 000 EH)

Le département du Doubs ne compte que 8 installations de plus de 10 000 EH. Elles sont localisées sur la carte en annexe 6. La plupart disposent d'un outil de déshydratation fixe :

| Nom | EPCI | CN (EH) | Déshydratation fixe ? |
|----------------|---|---------|-----------------------|
| Port Douvot | Grand Besançon Métropole | 178 000 | Oui |
| Arbouans | Pays de Montbéliard Agglomération | 71 667 | Oui |
| Sainte Suzanne | Pays de Montbéliard Agglomération | 58 350 | Oui |
| Pontarlier | Communauté de Communes du Grand Pontarlier | 53 083 | Oui |
| Bavans | Pays de Montbéliard Agglomération | 19 800 | Oui |
| Valdahon | Communauté de Communes des Portes du Haut Doubs | 15 800 | Non |
| Vercel | Communauté de Communes des Portes du Haut Doubs | 15 500 | Non |
| Morteau | Communauté de Communes du Val de Morteau | 13 640 | Non |

Tableau 7 : Liste des STEP de plus de 10 000 EH de capacité nominale dans le Doubs

Celles qui n'en n'ont pas vont certainement se retrouver confrontées à une grande problématique si l'impossibilité d'épandre les boues sur les parcelles en AOP Comté est confirmée. Notons néanmoins à ce niveau qu'un grand nombre de collectivités ont eu recours à de la déshydratation mobile de leurs boues pendant la période covid.

II.5 Contexte forestier

II.5.a Place de la forêt dans le Doubs

La forêt du Doubs s'étend sur 228 000 ha (taux de boisement de 43% qui place le Doubs à la 3ème place régionale sur ce paramètre).

Alors que les forêts régionales se composent majoritairement de feuillus, l'essence dominante dans le Doubs est le résineux, présent dans 53 % de la ressource. Ces résineux sont composés pour moitié de sapins pectinés et pour moitié d'épicéas communs.

Les 3/4 de la récolte de bois (852 100 m³/an en moyenne sur la période 2011-2015) sont constitués de bois d'oeuvre contre 60 % dans l'ensemble de la région.

Les forêts publiques sont majoritaires dans le département, avec 55 % des surfaces forestières.

II.5.b Importance de la filière bois énergie dans le Doubs

Source principale d'information dans cette partie : FIBOIS Bourgogne-Franche-Comté



La filière bois énergie est très importante en Bourgogne-Franche-Comté. Elle se place très nettement à la 1^{ère} place du mix des énergies renouvelables :

PRINCIPALES SOURCES D'ÉNERGIES RENOUVELABLES EN BOURGOGNE-FRANCHE-COMTÉ EN 2017 :

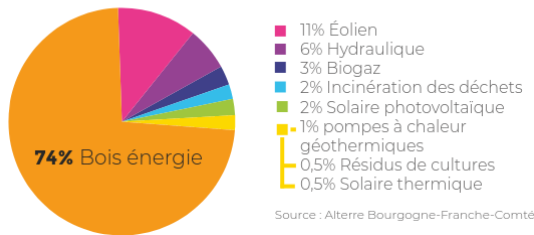
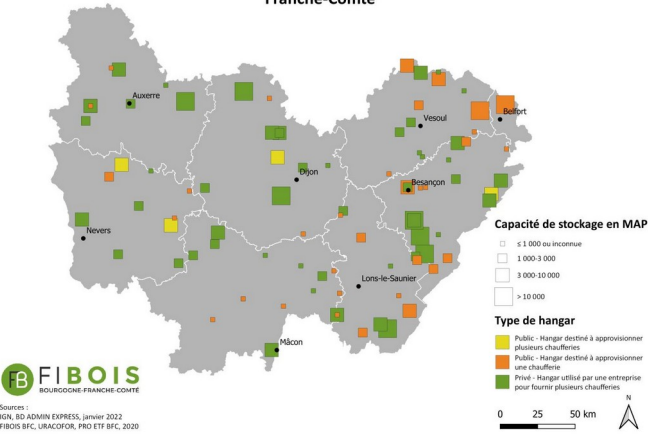


Figure 1 : Principales sources d'énergies renouvelables en Bourgogne-Franche-Comté en 2017

La filière bois énergie est particulièrement importante dans le département du Doubs qui dispose :

- De 4 entreprises spécialisées dans le broyage de plaquettes forestières ;
- De 18 hangars de séchage/stockage de plaquettes forestières ;
- De très nombreuses chaufferies collectives, dont 3 de plus de 5 MW.h.

Localisation des hangars de stockage de plaquettes forestières en 2020 en Bourgogne-Franche-Comté



Chaufferies bois collectives en fonctionnement au 1er janvier 2022 en Bourgogne-Franche-Comté

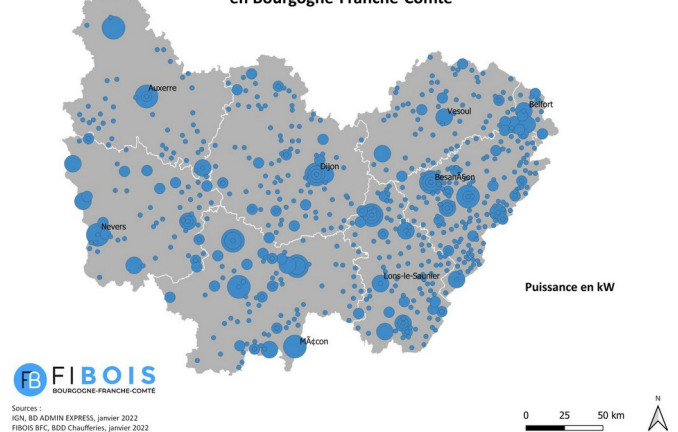


Figure 2 : Localisation des hangars de stockage de plaquettes forestières en 2020 en Bourgogne-Franche-Comté
Figure 3 : Chaufferies bois collectives en fonctionnement au 1^{er} janvier 2022 en Bourgogne-Franche-Comté

La filière bois énergie ne cesse de se développer en Bourgogne Franche Comté :

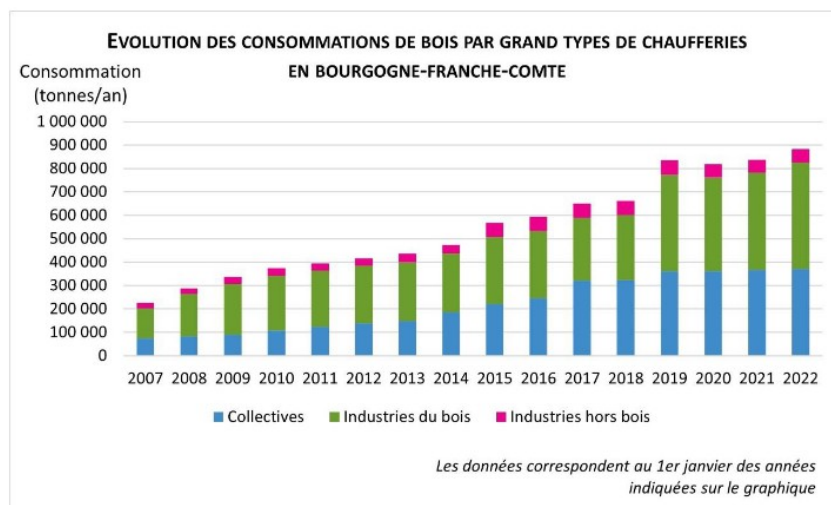


Figure 4 : Évolution des consommations de bois par grand types de chaufferies en Bourgogne-Franche-Comté

Il est à noter que les plus grosses chaufferies représentent seulement 13 % du nombre total régional pour près de 90 % de la consommation de bois énergie totale !

II.5.c Contexte réglementaire

L'article R211-44 du code de l'environnement précise que l'arrêté du 8 janvier 1998 s'applique aux parcelles boisées, publiques ou privées, à conditions que :

- Aucune accumulation excessive de substances indésirables ne puisse avoir lieu dans le sol ;
- Le risque pour le public fréquentant les espaces boisés, notamment à des fins de loisir, de chasse ou de cueillette, soit négligeable ;
- Aucune contamination de la faune sauvage ne soit causée directement ou indirectement par les épandages ;
- Aucune nuisance ne soit perçue par le public.

Dans l'attente de l'arrêté ministériel (prévu depuis 1997), les épandages en forêt font l'objet d'une autorisation spéciale, même pour les opérations qui relèvent normalement de la déclaration au titre de la rubrique 2.1.3.0 de l'article R214-1 du code de l'environnement.

En d'autres termes, même les épandages qui impliquent moins de 800 TMS/an doivent faire l'objet d'une demande d'autorisation. Cette demande doit comprendre la description d'un protocole expérimental et d'un protocole de suivi.

Remarque : il existe un guide de « recommandations pour la conception et le suivi de dispositifs expérimentaux dans le cadre d'épandages expérimentaux de boues sur parcelles boisées » coordonné par JM. Carnus (INRA). Ce guide s'adresse particulièrement aux maîtres d'ouvrage qui ont les ambitions et les moyens financiers pour un suivi environnemental fin qui sera partagé avec l'ensemble des acteurs du réseau national (ERESFOR).

Dans tous les cas, il est recommandé de garder une bande témoin sans apport, pour au moins juger de l'effet sylvicole (selon les essences, croissance en hauteur ou en diamètre).

Le suivi de l'expérimentation se fera au minimum sur 3 niveaux :

- Suivi des boues (analyses selon l'arrêté du 8 janvier 1998) ;
- Suivi des sols (analyses sur points de référence selon l'arrêté du 8 janvier 1998) ;
- Suivi du peuplement forestier (état sanitaire, biodiversité du sous-bois...).

Le contexte réglementaire de l'épandage de boues en forêt n'est pas favorable. On n'y a recours qu'en de très rares occasions, généralement lorsque les débouchés agricoles font défaut et que des opportunités en sylviculture existent.

II.5.d Retour d'expérience dans le Doubs

En 2011, les départements du Doubs et du Jura ont co-conduit une expérimentation d'épandages de boues en zones boisées via Rittmo et le Grape (Groupe Régional Agronomie Pédologie Environnement).



Avec le soutien financier



Six sites expérimentaux répartis sur les départements du Doubs, du Jura et de la Haute Saône ont été mis en place et ont fait l'objet d'un suivi régulier pour évaluer l'apport des boues sur :

- La croissance, la nutrition et la santé des peuplements ;
- La qualité des sols ;
- La biodiversité de la strate herbacée ;
- La bioaccumulation des éléments traces métalliques par les champignons comestibles.

Les principales conclusions de cette expérimentations ont été les suivantes :

- L'apport de boues a augmenté la croissance des arbres des parcelles épandues, dans deux sites correspondants à un taillis de chênes âgés de 18 ans et un taillis à courte rotation de frêne. Dans les autres sites, aucun effet bénéfique n'a été observé sur la croissance des très jeunes arbres.

- Au niveau de la strate herbacée, l'apport de boues modifie légèrement la biodiversité l'année qui suit l'épandage avec principalement l'apparition de pieds de tomate. Par la suite (un ou deux ans), les parcelles épandues présentent un état de biodiversité semblable aux parcelles témoins. Par contre, la biomasse de la strate herbacée a augmenté systématiquement dans tous les sites épandus. L'augmentation de la biomasse est observée pendant les 2 ou 3 années qui suivent l'épandage.

- Le suivi de l'accumulation des ETM par les champignons n'a pas permis de déterminer l'effet direct de l'apport des boues ;

- Aucun effet de dépérissement n'a été observé sur l'ensemble des sites.

Ainsi, l'apport de boues en parcelles boisées ne semble pas présenter de risques pour l'environnement, même si les effets sur l'accumulation des ETM par les champignons restent à étudier. **Les doses d'apports doivent cependant être déterminées selon les besoins des peuplements et calculées au cas par cas par des spécialistes forestiers.** Au niveau technique, l'épandage des boues en parcelles boisées nécessite une préparation adéquate de la parcelle et doit être anticipé au moins une année avant sa réalisation.

Au delà des résultats de cette expérimentation, le GRAPE ainsi que RITTMO ont mené des enquêtes auprès de 280 producteurs de boues au cours de l'hiver 2010. Les principaux résultats sont les suivants :

Les producteurs de boues se sont majoritairement (54%) déclarés intéressés par la pratique d'épandage en forêt. Certains (12%) sont intéressés mais émettent des réserves quant à l'accessibilité des zones à épandre et les difficultés techniques. 27 % des producteurs de boues se déclarent non intéressés (14 %) du fait des grandes difficultés techniques ou du manque de recul sur la filière et 13 % sont hostiles à la filière d'épandage en forêt pour des raisons diverses :

- Concurrence avec la filière de recyclage agricole qui, à l'époque de l'enquête, fonctionnait bien ;
- Présence de périmètre de protection des captages en forêt ;
- Mauvaise image de marque ;
- Préservation du milieu naturel et de la biodiversité ;
- Simple alignement avec l'opposition de l'ONF.

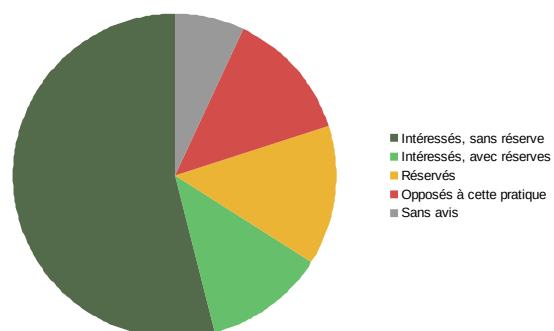


Figure 5 : Résultats des enquêtes GRAPE-RITTMO auprès des producteurs de boues

Ainsi, en 2010, avant la réalisation de l'étude d'expérimentation de l'épandage en forêt, les producteurs de boues accordaient à cette filière alternative **un intérêt important**, pouvant être freiné par les difficultés techniques, le manque de connaissances (auquel l'expérimentation a pu, justement, pallier en partie), et l'image de marque dont souffre aussi l'épandage agricole des boues.

Partant des conclusions de l'expérimentation, le 16/06/2011, l'Union Régionale des Associations des Communes Forestières de Franche-Comté a clairement délibéré en faveur de l'épandage de boues en forêt, selon un cahier des charges strict mais note toutefois que les surfaces potentiellement éligibles aux épandages sont faibles (1 % de la surface forestière totale).

2011-06-16-d72

EXTRAIT DU REGISTRE DE DELIBERATION
DE L'UNION REGIONALE DES ASSOCIATIONS
DES COMMUNES FORESTIERES DE FRANCHE-COMTE

CONSEIL D'ADMINISTRATION DU 16 JUIN 2011

Nombre de membres en exercice : 16
Nombre de membres présents : 10

Date de la convocation : 24/05/11

Figure 6 : Extrait du registre de délibération de l'Union régionale des associations des communes forestières de Franche-Comté

En dépit des difficultés techniques et du contexte réglementaire défavorable, l'épandage en forêt ne doit donc pas être écarté totalement, pour les raisons suivantes :

- Sur certains secteurs, la filière d'épandage est elle-aussi devenue très compliquée (AOP) ;
- En période Covid, l'épandage agricole des boues est lui aussi devenu défavorable ;
- Les producteurs de boues étaient, en 2010 (période où l'épandage agricole ne connaissait pas les difficultés actuelles), plutôt favorables aux épandages. Si l'enquête était menée actuellement, avec les connaissances apportées par l'expérimentation de GRAPE et RITTMO, il est très probable qu'ils seraient davantage intéressés ;
- En effet, cette expérimentation a démontré l'absence d'impact négatif de l'épandage de boues en forêt mais au contraire, un effet bénéfique sur la strate herbacée (pouvant intéresser donc des actions de sylvopastoralisme). En revanche, s'il n'y a jamais de réduction de la croissance ou de maladie, les effets positifs sur la croissance des arbres n'apparaissent pas très clairement.

Dans ces conditions, si l'épandage de boues en parcelle boisée ne doit pas être écarté, cette filière ne doit être considérée que comme complémentaire et à la marge, à la filière principale de valorisation, du fait des contraintes, fortes, évoquées plus haut.

III Zonage du territoire

III.1 Objectif

Le zonage du territoire est une démarche assez classique dans le cadre de la réalisation des schémas départementaux. Elle consiste à identifier des zones homogènes compte tenu de différents facteurs qui les caractérisent et qui permettent de proposer des scénarios de gestion cohérents.

III.2 Méthode du puzzle

III.2.a Principe

La démarche suivante consiste à estimer la surface agricole qui peut être éligible aux épandages de boues compte tenu des contraintes réglementaires (distances d'isolement, cf rapport de phase 1), et des changements des pratiques agricoles (impossibilité d'épandre des boues sur des parcelles en agriculture biologique et en AOP).

III.2.b Méthodologie

La méthode du puzzle consiste à partir de la SAU totale du département du Doubs et de retirer toutes les surfaces à priori non éligibles :

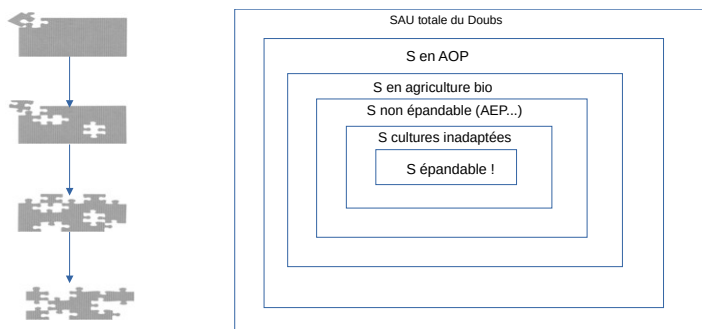


Figure 7 : Schémas expliquant le principe de la méthode puzzle

L'objectif est de pouvoir comparer la SAU *potentiellement éligible aux épandages* à la SAU totale du Doubs afin d'évaluer, pour chaque territoire homogène, le niveau de solidité de la filière d'épandage agricole.

Remarque : La SAU totale du département du Doubs est donnée par le RPG2019. Les couches SIG *Parcelles AOP* et *Parcelles en agriculture biologique* ont été communiquées par la CIA25/90.

III.3 Évaluation du débouché agricole potentiel

III.3.a Contraintes prises en compte dans le cadre de la méthode puzzle

Le département du Doubs compte une SAU d'environ 225 157 ha selon le RPG 2019. Si toutes ces parcelles étaient épandables, le potentiel d'écoulement des boues serait d'au moins 225 157 TMS/an (valeur repère sur la base de 2 TMS/ha/2 ans).

Or, bien évidemment, ce n'est pas le cas. Au-delà de la volonté (ou non) de l'agriculteur de recevoir des boues sur ses terrains (paramètre important, mais variable en fonction de la conjoncture et du territoire), il existe un certain nombre de contraintes qui réduisent fortement le nombre de parcelles éligibles aux épandages (quels que soient les ouvrages d'épuration), avec, entre autres :

- Parcelles exploitées en AOP (une fois l'interdiction d'épandage confirmée)
- Parcelles exploitées en Agriculture Biologique
- Parcelles situées sur un périmètre de protection de captage
- Parcelles situées à proximité (< 35 m) de cours d'eau ou de plans d'eau
- Parcelles exploitées en cultures maraîchères ou légumineuses strictes et pérennes
- Vergers ...

III.3.b Cahier des charges agricoles

Certaines productions agricoles sont (ou seront bientôt) soumises à des cahiers des charges restrictifs concernant l'usage des boues.

Le résultat de la 1^{ère} étape du traitement cartographique est le suivant :

| | Nombre de parcelles | % du RPG total | Surface (ha) | % de la surface totale |
|---------------------------|---------------------|----------------|------------------|------------------------|
| RPG total 2019 | 57 538,0 | 100% | 225 157,0 | 100% |
| Parcelles AOP-hors-Bio | 36 142,0 | 63% | 155 164,0 | 69% |
| Parcelles Bio | 3 929,0 | 7% | 12 613,5 | 6% |
| Syndicats pastoraux | 162 | 0,3% | 2 167 | 1% |
| Parcelles Non AOP Non Bio | 17 240,0 | 30% | 54 640,5 | 24% |
| TOTAL | 57 473,0 | | 224 585,0 | |

Tableau 8 : Résultat de la 1^{ère} étape du traitement cartographique de la méthode puzzle

Remarque : la destination de quelques parcelles (65 en nombre pour 572 ha en surface) n'étant pas renseigné, il en résulte une imprécision tolérable de 0,11 %.

Les 3/4 de la SAU totale du département du Doubs ne seront bientôt plus éligibles aux épandages, du fait des cahiers des charges des productions agricoles !

La carte en annexe 7 montre la localisation des parcelles qui ne sont ni en AOP, ni en agriculture biologique. Celles-ci se concentrent sur la frange Nord-Ouest du département qui correspond globalement à la vallée du Doubs, relativement urbanisée et en partie hors AOP Comté.

On constate facilement que plus de la moitié du département est démunie en surfaces potentiellement éligibles aux épandages. À ce stade du traitement SIG par la méthode puzzle (après retrait de cette première couche), la SAU à priori épandable n'est plus que de 54 640 ha.

III.3.c Surfaces non épanchables du fait des distances d'isolement

Sur les 54 640 ha qui « restent » du traitement cartographique précédent, il convient de retirer les surfaces agricoles qui se trouvent dans des surfaces d'exclusion. L'arrêté du 8 janvier 1998 fixe des distances à l'intérieur desquelles il est interdit d'épandre.

Seule une étude de plan d'épandage est en mesure d'indiquer avec précision les surfaces à exclure. Or, les distances dépendent de plusieurs facteurs (enfouissement ou non, boues stabilisées ou non, pente, etc.).

Nous ne pouvons, à ce stade, apporter une telle finesse dans le traitement cartographique. Ainsi, nous nous contenterons de nous baser sur des critères d'exclusion plus évidents, afin de dégager des tendances :

| | Surface (ha) | |
|---|---------------|---------------------|
| Parcelles Non AOP Non Bio | 54 640 | |
| Parcelles situées au sein d'un périmètre de protection de captage AEP | 5 942 | |
| Parcelles éloignées de 35 m des cours d'eau | 2 200 | |
| Parcelles situées au sein d'un Espace Naturel Sensible | 424 | |
| TOTAL | 8 566 | % SAU totale |
| Parcelles Non AOP Non Bio Hors PPE hors 35 m cours d'eau | 46 074 | 20,5% |

Tableau 9 : Résultat de la 2ème étape du traitement cartographique de la méthode puzzle

Remarque : le retrait des parcelles situées dans les périmètres de protection éloignée des captages destinés à l'alimentation en eau humaine a été réalisé par le service SIG du Département du Doubs.

À ce stade du traitement SIG par la méthode puzzle (après retrait de cette seconde couche), la SAU à priori épanchable n'est plus que de 46 074 ha.

III.3.d Surfaces exploitées avec des cultures inadaptées aux épandages

Le résultat du travail cartographique est le suivant :

| | Surface (ha) | % de la surface totale |
|---|---------------|------------------------|
| Parcelles Non AOP Non Bio hors exclusions | 46 074 | |
| Cultures non précisées « autres » | 240 | |
| Cultures non adaptées (vignes, vergers, légumineuses strictes, gel, légumes, fleurs...) | 474 | |
| Cultures peu adaptées aux épandages (parcours) | 71 | |
| Sous-total des cultures non propices aux épandages | 785 | 1,7% |
| Cultures adaptées à l'épandage de boues liquides ou compostées (prairies permanentes) | 28 977 | |
| Cultures facilitant les épandages de tous types de boues (grandes cultures ...) | 16 254 | |
| Sous-total des cultures propices aux épandages | 45 231 | 98,2% |

Tableau 10 : Résultat de la 3ème étape du traitement cartographique de la méthode puzzle – surface à priori apte aux épandages

Les cultures inadaptées aux épandages ne représentent que 1,7 % de la surface agricole utile potentiellement éligible.

Selon nos traitements SIG, il resterait environ (tendances) :

- 16 000 ha de grandes cultures (céréales et oléagineux surtout) facilitant les épandages (cultures annuelles ou bis-annuelles laissant la parcelle nue après récolte et avant semi, ce qui permet l'enfouissement) ;
- 29 000 ha de prairies permanentes permettant les épandages de boues (sous réserve du respect de la réglementation covid), à condition qu'elles ne soient pas pâteuses (les agriculteurs sont réticents aux épandages sur prairies si les boues sont pâteuses selon la CIA25/90).

Soit un total d'environ 45 000 ha de parcelles sans contrainte apparente, soit environ 20 % de la sa SAU totale du Doubs.

III.3.e Résultat et limites de la méthode puzzle

In fine, à l'issue du traitement SIG selon la méthode puzzle, il s'avère que le département du Doubs compte (en tendance) environ 45 000 ha de surfaces potentiellement épandables, exploitées avec des cultures adaptées a priori aux épandages (soit 20% de la SAU).

Bien entendu, seul un plan d'épandage peut déterminer avec précision l'aptitude d'une parcelle à recevoir les boues et la pertinence des épandages. Rappelons néanmoins qu'en filière compost NFU 44-095, la valorisation des boues compostées se fait hors cadre d'un plan d'épandage.

La principale limite de la méthode puzzle réside dans le fait que le traitement cartographique réalisé précédemment n'intègre pas le choix de l'acceptation ou non des boues par les agriculteurs. Il convient donc de rajouter un filtre supplémentaire à prendre en compte pour finaliser la démarche de la méthode puzzle.

III.3.f Prise en compte du taux d'acceptation des boues par les agriculteurs

En valeur guide, si 100 % des agriculteurs exploitant les 45 000 ha « éligibles » acceptaient les boues sur leurs terrains, le débouché serait d'environ 45 000 TMS/an (dose moyenne : 2 TMS/ha/2 ans).

Néanmoins, le taux d'acceptation des boues par les agriculteurs n'est pas de 100 %. Le refus des agriculteurs qui pourraient recevoir des boues s'ils les acceptaient, est justifié par des motifs divers :

- Image de marque des boues négative ;
- Pression du voisinage ;
- Nuisances éventuelles ;
- Impact négatif supposé des boues sur les sols, les cultures, les rendements...

Indiquons à ce niveau que l'on observe une tendance à un intérêt accru des agriculteurs à la préservation de leur sol, ce qui les pousse à se préoccuper de la qualité des intrants qu'ils utilisent. Cela ne signifie pas qu'ils refusent les boues, mais qu'ils sont plus attentifs qu'avant à leur qualité. Ils sont davantage preneurs d'informations.

Notons que l'on assiste actuellement à une plus forte demande en boues par les agriculteur, du fait de l'explosion du prix des engrais fossiles (les engrais synthétiques sont issus de ressources non renouvelables, et leur fabrication requiert beaucoup d'énergie). Il est impossible de donner avec certitude un taux d'acceptation qui soit fidèle à la réalité, d'abord parce qu'elle est changeante en fonction du moment (cf : contexte actuel d'inflation), ensuite parce que d'un territoire à l'autre, les pratiques, les préjugés éventuels, et finalement les besoins sont variables.

Néanmoins, dans le cadre de cette étude, il est nécessaire de disposer d'une valeur guide pour poursuivre le travail d'analyse. Nous proposons donc de retenir la valeur moyenne de 20 % (avant la guerre en Ukraine et la crise sur les matières premières, le taux utilisé habituellement était de 10%), comme taux d'acceptation chez les agriculteurs. Autrement exprimé, un agriculteur sur 5 accepterait de recevoir les boues sur ses terrains.

Les graphiques ci-dessous représentent l'évolution du cours des engrais au cours des deux dernières années :

Source : webagri.fr

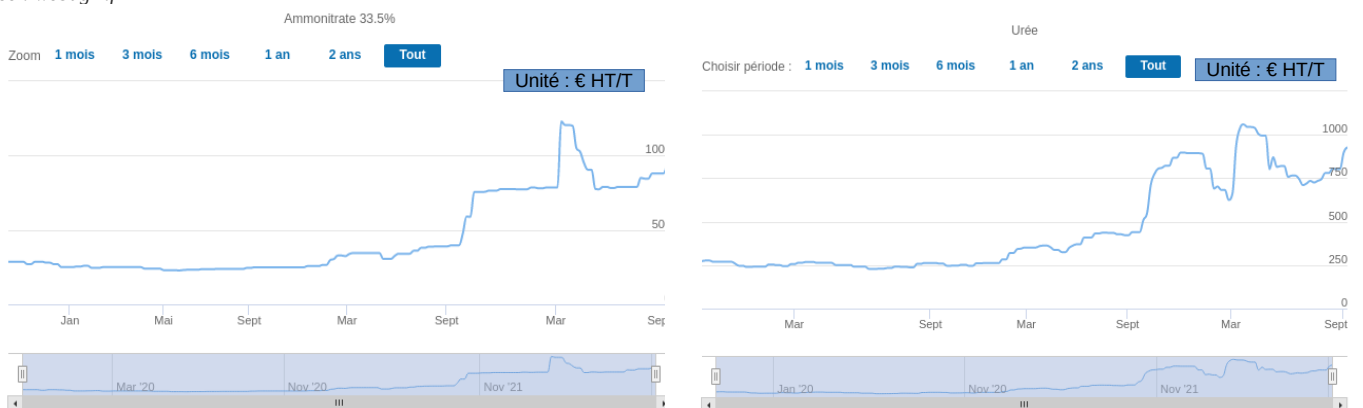


Figure 8 : Graphiques de l'évolution des prix des engrais au cours des deux dernières années - Engrais azotés



Figure 9 : Graphiques de l'évolution des prix des engrais au cours des deux dernières années - Engrais phosphorés

On constate que le cours des engrais a très fortement augmenté (jusqu'à +400 % de sa valeur en un an) ce qui est de nature à favoriser l'acceptation des boues par les agriculteurs validant le taux d'acceptation retenu (20%).

III.3.g Conclusion de la méthode puzzle

Approche « gisements »

La méthode puzzle abouti aux résultats suivants :

- Sur les 225 157 ha de SAU que compte le département du Doubs, il en reste environ 45 000 ha qui ne sont pas situés dans une situation d'exclusion immédiate (distances d'isollements réglementaires, types de cultures, cahiers des charges agricoles...);

- Il est raisonnable de fixer l'hypothèse (une hypothèse ayant valeur de tendance seulement) selon laquelle, en moyenne, 20 % des agriculteurs qui exploitent les 45 000 ha en question seraient favorables aux épandages. Cela laisse supposer une surface potentiellement à épandre de 9 000 ha seulement, soit 9 000 TMS/an de débouchés ce qui correspond approximativement à la production moyenne de boues récurrentes 2016-2020 relevée par Alliance Environnement dans le cadre de la phase 1. Toutefois, le gisement futur est extrapolé à entre 12 et 13 000 TMS/an à l'horizon 2035 (cf rapport de phase 1), ce qui nécessiterait une surface à épandre de 13 000 ha environ.

Ces valeurs sont à comparer avec la situation des plans d'épandage des boues du département du Doubs avant la période covid :

| | Surface (ha) |
|---|--------------|
| Surface totale de plans d'épandage des boues du Doubs avant covid | 35 257,0 |
| Surface agricole située dans le département du Doubs | 33 382,0 |
| Surface agricole extra-départementale | 1 875,0 |
| Surface agricole située dans le département du Doubs et potentiellement épandable | 25 352 |

Tableau 11 : Surface totale des plans d'épandage de boues issues du Doubs avant covid

Remarque : il y a 8030 ha de SAU non épandable dans la surface totale des plans d'épandage. Cette surface n'est pas épandue mais elle figure bien dans les plans d'épandage.

Dans les 25 352 ha, il y a une proportion importante de parcelles en AOP.

Approche spatiale

Le problème principal relève surtout de l'éloignement des parcelles vis-à-vis des stations d'épuration situées dans le Haut-Doubs.

En effet, au niveau de la localisation (cf. annexe 8), 80 % de la surface potentiellement épandable tenant compte de l'évolution du cahier des charges AOP Comté se trouvent sur les territoires les plus au nord-ouest du département (CCVM, GBM, CCDB, CC2VV, PMA).

Le chapitre IV.6 permet de comparer les débouchés potentiels de la méthode puzzle avec les gisements de boues futurs, à l'échelle de chaque EPCI.

III.4 Équipements fixes de traitement des boues sur les stations d'épuration à boues récurrentes

Dans cette partie, nous ne considérerons pas les STEP à boues ponctuelles (lagunages, FPR, LSPR) car leur gestion demande une approche différente que nous aborderons dans une autre partie.

Les autres STEP, celles à boues « récurrentes », disposent parfois, en leur enceinte, d'outils fixes permettant de faciliter leur gestion. Cela peut être :

- Un silo de stockage des boues liquides ;
- Un équipement d'épaississement des boues liquides (table ou grille d'égouttage) ;
- Un équipement de déshydratation mécanique des boues (filtre à bandes, presse à vis, centrifugeuse, filtre presse) ou de séchage des boues (lits de séchage non plantés de roseaux) ;
- Un équipement de chaulage in-situ (silo de stockage avec dispositif de dévoutage éventuel, dosage, système de malaxage/homogénéisation de la chaux).

Cf : fiches pré-traitement des boues proposées en annexe 3 du rapport de phase 1



Figure 10 : Silo de stockage de boues et lits de séchage non plantés (Source Agrosylva)

Figure 11 : Table d'égouttage (Source EMO)

Figure 12 : Centrifugeuse (Source EMO)

Figure 13 : Dispositif de dévoutage d'un système de chaulage in situ (Source Agrosylva)

Nous nous intéressons aux équipements fixes car plus une station est « dotée » en équipements fixes, plus la gestion des boues en est facilitée : les volumes sont réduits (donc bilan carbone meilleur et coût de gestion réduit) et les solutions de traitement/valorisation en sont augmentées.

Les informations collectées au cours de la phase 1 et complétées dans la mesure du possible avec le SATE du Département du Doubs sont présentées sous la formes de cartes qui figurent en annexe 9.

À ce stade, l'information qui nous intéresse est purement géographique car l'objet de ce chapitre consiste en la sectorisation du territoire.

Équipements de chaulage

Excepté les STEP de Pontarlier et de Pierrefontaine-les-Varans, toutes les STEP qui disposent d'un outil fixe de chaulage se trouvent au nord/nord-ouest du département. La liste figure ci-dessous :

| STEP dotées d'une solution de chaulage in-situ | | | | | |
|--|----------|-------|----------|------------------|-----------------------|
| Nom ouvrage | EPCI | CN | File eau | File boues | Destination 2020 |
| ARBOUANS | PMA | 71667 | BAC | Centrifugeuse | Épandage + compostage |
| BAUME LES DAMES | CCDB | 8000 | BAC | Filtre presse | Épandage |
| COLOMBIER-FONTAINE | PMA | 4000 | BAC | Table Egouttage | Épandage |
| MAMIROLLE | GBM | 3000 | BAC | Boues liquides | ? |
| STE SUZANNE | PMA | 58350 | BAC | Filtre presse | Épandage |
| PIERREFONTAINE-LES-VARANS | CCPHD | 5000 | BAC | Grille Egouttage | Épandage + compostage |
| PONTARLIER | CCGP | 53000 | BAC | Filtre presse | Épandage + compostage |
| ROUGEMONT | CC2VV | 2083 | BAC | Table Egouttage | Épandage |
| SAONE | GBM | 5500 | BAC | Grille Egouttage | Dépotage STEP |
| EMAGNY | CCVMa-70 | 1200 | BAC | Boues liquides | Dépotage STEP |
| LOMONT-SUR-CRETE | CCDB | 420 | BAC | Boues liquides | Incinération |
| PASSAVANT | CCDB | 550 | BAC | Boues liquides | Dépotage STEP |

Tableau 12 : Liste des STEP dotées d'une solution de chaulage in-situ

Remarque : certaines STEP disposant pourtant d'une solution de chaulage in-situ ont pourtant eu recours à du dépotage en tête de STEP en 2020. Il faut considérer qu'au début de la crise Covid, les exigences en matières d'hygiénisation était très fortes (niveau et suivi du pH), à un tel niveau que le dépotage, lorsque possible à proximité, pouvait alors apparaître comme une solution plus simple.

Nous remarquons que la STEP de Port-Douvot n'apparaît pas dans ce tableau ; ce qui est normal, car à la date de la réalisation de cette étude, la STEP ne dispose pas d'un équipement de chaulage in-situ (les boues sont exportées sur un site externalisés où elles sont chaulées et d'où elles reviennent pour être stockées dans le hangar de la STEP).

Partant de ce constat, nous pouvons considérer que la plupart des STEP du centre et du sud du département n'ont désormais plus un « accès direct » à la filière de valorisation agricole par épandage du fait de la réglementation covid qui nécessite en effet une hygiénisation préalable et du fait qu'elles ne disposent pas, au moment de la rédaction de ces lignes, d'un outil de chaulage in situ.

Les cartes présentées en annexe 9 localisent les STEP dotées d'équipements de pré-traitement ou de traitement de leurs boues.

Équipements de déshydratation ou de séchage

Sur le plan géographique, on constate que les STEP équipées d'un outil de déshydratation ou de séchage ne sont pas particulièrement situées à un endroit plutôt qu'à un autre. On ne dégage pas de tendance particulière, contrairement aux systèmes de chaulage.

La liste des STEP équipées d'un outil de déshydratation ou de séchage figure ci-dessous :

| STEP dotées d'un équipement de déshydratation | | | | | | |
|---|--------------|--------|----------|-----------------|-----------------------------|--|
| Nom ouvrage | EPCI | CN | File eau | File boues | Destination 2019 | Destination 2020 |
| ARBOUANS | PMA | 71667 | BAC | Centrifugeuse | Épandage + dépotage STEP | Épandage + compostage |
| BAUME-LES-DAMES | CCDB | 8000 | BAC | Filtre presse | Épandage | Épandage |
| PORT-DOUVOT | GBM | 200000 | BAC | Centrifugeuse | Épandage + compostage | Épandage + compostage + incinération |
| BIANS-LES-USIERS | CCA800 | 3500 | BAC | Centrifugeuse | Épandage | Compostage + dépotage STEP |
| MAICHE | CCPM | 9700 | BAC | Centrifugeuse | Épandage + compostage | Compostage |
| CUSSEY-SUR-L'OGNON | GBM | 9650 | BAC | Centrifugeuse | ? | ? |
| METABIEF | CCLMHD | 9000 | PC | Filtre à bandes | Compostage | Compostage |
| SAINTE SUZANNE | PMA | 58350 | BAC | Filtre presse | Épandage | Épandage |
| PONTARLIER | CCGP | 53000 | BAC | Filtre presse | Épandage + compostage | Épandage + compostage |
| SAINT VIT | GBM | 7000 | BAC | Centrifugeuse | Compostage | Compostage |
| VALDAHON | CCPHD | 14500 | BAC | Centrifugeuse | Épandage + compostage | Épandage + compostage |
| BYANS-SUR-DOUBS | GBM | 1000 | BAC | LDS non planté | Dépotage STEP | Dépotage STEP |
| GRAND'COMBE- CHATELEU | CCVM | 9000 | BAC | Centrifugeuse | Compostage | Compostage |
| L'ISLE-SUR-LE-DOUBS | CC2VV | 4000 | BAC | Centrifugeuse | Épandage | Épandage |
| JALLERANGE | CCVMa- 70 | 350 | LB | LDS non planté | ? | Dépotage STEP |
| RIGNEY | CCDB | 600 | BAC | LDS non planté | Compostage | Dépotage STEP |

Tableau 13 : Liste des STEP dotées d'un équipement de déshydratation

On observe que la période covid n'a pas trop changé la donne pour la majorité des STEP qui ont continué en 2020 leurs pratiques de 2019. En effet, la plupart des STEP listées ci-dessus avait accès à l'hygiénisation des boues par chaulage. Seules 2 STEP ont dû cesser le recours aux épandages. Le compostage est devenu majoritaire en 2020.

Les STEP équipées de systèmes de déshydratation ont pu assez facilement gérer leurs boues en période covid, en continuant les épandages lorsque les boues sont hygiénisées ou se tournant vers le compostage externalisé dans le cas contraire.

Remarquons également que les 3 STEP qui sont équipées de lits de séchage non plantés ont dépoté leurs boues dans une autre STEP en 2020, alors qu'avec des boues solides, elles auraient pu les orienter vers des plateformes de compostage. Néanmoins, il s'agit de petites STEP.

Équipements d'épaissement seuls

Dans cette partie, nous nous intéressons aux STEP qui sont équipées d'un outil d'épaissement statique ou dynamique seul (c'est à dire sans déshydratation mécanique en aval). La liste des STEP concernées est la suivante :

| Nom ouvrage | EPCI | CN | File eau | File boues | Volume silo | Destination 2019 | Destination 2020 |
|-------------------------------|--------|-------|----------|------------------|-------------|-----------------------|-------------------------------|
| ARC-ET-SENANS | CCLL | 1900 | BAC | Grille Egouttage | 420 | ? | Épandage |
| BAVANS | PMA | 19800 | BAC | Grille Egouttage | 100 | Dépotage STEP | Dépotage STEP |
| BOLANDOZ2 | CCLL | 900 | BAC | Grille Egouttage | 171 | Compostage | Compostage |
| BONNETAGE | CCPR | 1500 | BAC | Grille Egouttage | 299 | Compostage | Compostage |
| CHARQUEMONT | CCPM | 4500 | BAC | Grille Egouttage | 914 | Compostage | Compostage |
| CLERVAL2 | CC2VV | 1850 | BAC | Table Egouttage | 425 | Épandage | Compostage |
| COLOMBIER-FONTAINE | PMA | 4000 | BAC | Table Egouttage | 120 | Épandage | Épandage |
| DESANDANS-ECHENANS | PMA | 2200 | BAC | Table Egouttage | 726 | Épandage | Dépotage STEP |
| ETALANS | CCPHD | 3900 | BAC | Table Egouttage | 1 655 | Épandage | Épandage + compostage |
| FOURNETS-LUISANS | CCPHD | 1500 | BAC | Grille Egouttage | 200 | Épandage | Épandage + compostage |
| LA RIVIERE DRUGEON | CCFD | 6300 | BAC | Grille Egouttage | 1 000 | Épandage | Compostage |
| GILLEY | CCM | 1950 | BAC | Grille Egouttage | 444 | Épandage | Compostage |
| GUYANS-VENNES | CCPHD | 1650 | BAC | Table Egouttage | 299 | Épandage | Épandage + compostage |
| JOUGNE | CCLMHD | 4400 | BAC | Grille Egouttage | 900 | Compostage | Compostage |
| LORAY2 | CCPHD | 900 | BAC | Grille Egouttage | 164 | Épandage | Épandage + compostage |
| VILLE-DU-PONT | CCM | 7500 | BAC | Grille Egouttage | 600 | Épandage + compostage | ? |
| MEREY-SOUS-MONTROND2 | CCLL | 800 | BAC | Table Egouttage | 155 | Épandage | Épandage |
| AUXON-MISEREY | GBM | 5500 | BAC | Grille Egouttage | 1 415 | Épandage | Épandage |
| MORTEAU | CCVM | 13640 | BAC | Grille Egouttage | 750 | Incineration | Dépotage STEP |
| DU GOUR | CCPHD | 3767 | BAC | Grille Egouttage | 820 | Épandage | Épandage + compostage |
| ORNANS | CCLL | 4500 | BAC | Table Egouttage | 650 | Épandage | Épandage + compostage |
| PIERREFONTAINE-LES-VARANS | CCPHD | 5000 | BAC | Grille Egouttage | 413 | Épandage | Épandage + compostage |
| ROUGEMONT | CC2VV | 2083 | BAC | Table Egouttage | | ? | Épandage |
| LE RUSSEY | CCPR | 3133 | BAC | Grille Egouttage | 500 | Épandage | Épandage + compostage |
| SAINT-HIPPOLYTE2 | CCPM | 1100 | BAC | Grille Egouttage | 347 | Épandage + compostage | Compostage |
| SAONE | GBM | 5500 | BAC | Grille Egouttage | 610 | Épandage | Épandage + compostage |
| VERCEL | CCPHD | 15500 | BAC | Grille Egouttage | 2 520 | Épandage | Épandage + compostage |
| ARCEY | CC2VV | 1800 | BAC | Grille Egouttage | | ? | ? |
| SEPTFONTAINES | CCA800 | 2300 | BAC | Table Egouttage | 470 | ? | Compostage |
| LES FONTENELLES - FRAMBOUHANS | CCPR | 1750 | BAC | Grille Egouttage | 250 | Épandage | Compostage + dépôt autre STEP |
| MOUTHE | CCLMHD | 3500 | BAC | Table Egouttage | 610 | Compostage | Compostage |
| NOEL-CERNEUX | CCPR | 1200 | BAC | Grille Egouttage | 360 | Épandage | Épandage + compostage |
| PONT-DE-ROIDE | PMA | 9500 | BAC | Grille Egouttage | 1 650 | Épandage | Épandage |

Tableau 14 : Liste des STEP équipées d'un outil d'épaissement statique ou dynamique seul

On ne repère pas de claire tendance sur le plan de la répartition géographique, mais on distingue tout de même une « concentration » de STEP de cette catégorie au centre-est du département, secteur qui avait majoritairement recours aux épandages en dehors de la période covid. Il s'agit d'une des zones les plus menacées par l'interdiction à venir des épandages sur parcelles en AOP Comté.

III.5 Solutions de gestion externalisée et accès routiers

Les solutions de gestion externalisée des boues correspondent aux solutions qui ne relèvent pas de l'épandage direct. Par exemple : compostage sur une plateforme externalisée ; incinération au sein d'une UIOM externalisée ou bien enfouissement au sein d'un ISDND externalisé). Dans cette partie, nous nous penchons plus particulièrement sur les installations exploitées par un privé.

III.5.a Solutions de gestion externalisée

La carte en annexe 12 montre les sites externalisés (non dédiés à une STEP) recensés en phase 1 et en capacité théorique de traiter les boues dans le Doubs et les territoires voisins.

La liste figure dans le tableau ci-dessous :

| Nom de l'installation | N° de département | Type | Acceptation boues | Capacité (T/an) | Conditions Traitement | Tonnage issu du 25 | Capacité supplémentaire |
|----------------------------|-------------------|-------|-------------------|-----------------|---------------------------|--------------------|-------------------------|
| JMJ Compost_Autrey | 70 | PFC | Oui | 2000 | Siccité > 15% | 625 | 2000 |
| Agricompost_Montigny | 70 | PFC | Oui | 0 | Saturé | 7600 | 0 |
| Agricompost_Conflans | 70 | PFC | Oui | 2000 | Siccité > 15% | 2400 | 2000 |
| Biodepe Sпой | 21 | PFC | Oui | 1700 | Siccité > 15% | 333 | 1700 |
| Biodepe Chaumont | 52 | PFC | Oui | 1700 | Siccité > 15% | 333 | 1700 |
| Biodepe Gevrey-Chambertin | 21 | PFC | Oui | 1700 | Siccité > 15% | 333 | 1700 |
| UVE Besançon | 25 | UIOM | Oui | 3000 | Siccité > 20% | 385 | 3000 |
| UVE Pontarlier | 25 | UIOM | Oui | 3500 | Siccité > 20% | 0 | 3500 |
| UVE Sausheim | 68 | UIOM | Oui | 2000 | Boues liquides | 0 | 2000 |
| Posieux | 90 | UIOM | Oui | 4000 | Siccité > 22% MO < 60% | | |
| ISDND Drambon | 21 | ISDND | Oui | | | | |
| ISDND Favemey | 70 | ISDND | Oui | | | | |
| ISDND Fontaine-lès-Clerval | 25 | ISDND | Non | | | | |

Tableau 15 : Solutions de gestion externalisée avec la capacité théorique de traitement de boues

Remarque : les flux de la société Biodepe sont agglomérés car c'est ainsi qu'ils ont répondu à l'enquête de phase 1.

Notons à ce niveau que l'UIOM de Posieux (Suisse) accepte bien les boues d'épuration mais à des conditions particulièrement contraignantes :

- MS : supérieure à 22 % mais inférieure à 35 %
- MO : supérieure à 30 % mais inférieure à 60 %
- Limites en ETM
- Coût : 220 €/T + 30 €/rotation
- Fermeture annuelle semaines 35 à 37
- Possibilité de limiter ou arrêter les livraisons

Une solution pérenne de gestion des boues sur ce site semble peu imaginable compte tenu de ces contraintes et du coût final. Il s'agit tout de même d'une solution alternative ou de secours possible.

Bien que les contraintes d'acceptation soient moins importantes pour l'UVE de Besançon (voire de Pontarlier ou de Bourgogne moyennant des travaux d'adaptation), les exigences des exploitants sont tout de même élevées. Le coût de traitement l'est également. Il s'agit de solutions alternatives ou alors complémentaires.

En effet, les plateformes de compostage externalisées existantes se trouvent déjà en limite de capacité de traitement maximale. L'augmentation de la capacité de réception prévue par certaines unités, ne compensera pas l'augmentation de la production de boues du département du Doubs (cf rapport de phase 1).

III.5.b Accès routiers

Si l'on s'intéresse aux accès routiers majeurs, on s'aperçoit que les voies routières de communication sont inégalement réparties sur le département.

Le Nord du département est le mieux doté en infrastructures adaptées aux véhicules poids lourds (autoroutes, nationales et grosses départementales). À l'inverse, les territoires du Centre et du Sud, subissent les contraintes d'un relief prononcé qui limite fortement le nombre et la qualité des voies de communication, surtout celles accessibles aux véhicules poids lourds.

Celles qui existent sont souvent encombrées aux heures de pointe selon les témoignages recueillis.

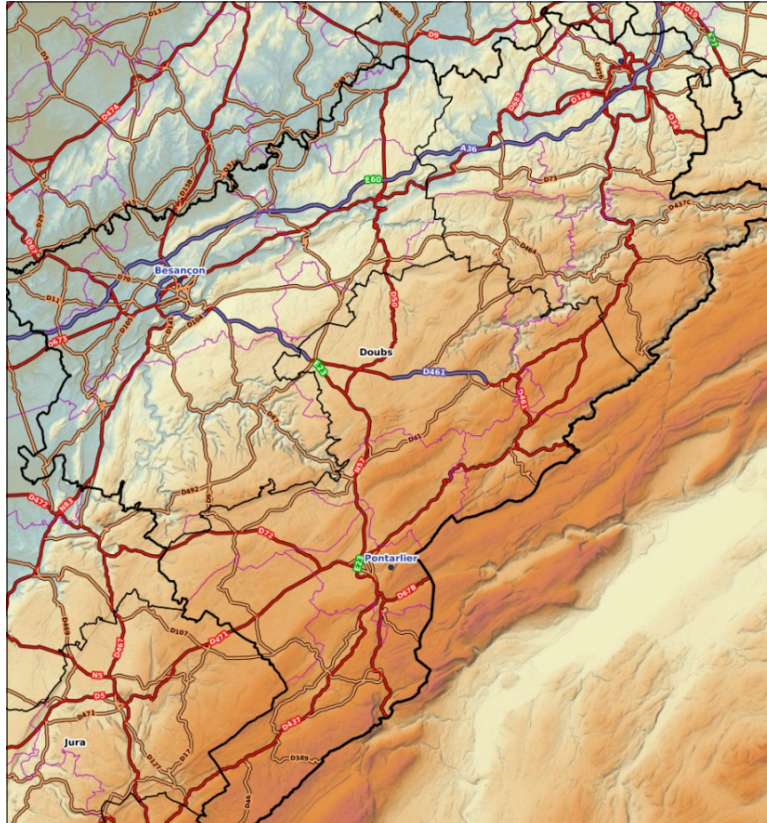


Figure 14 : Carte accès routiers dans le Doubs (Source : Geoportail)

Ainsi, le transport peut constituer une difficulté, en particulier dans le centre et le sud du département, où il convient de réduire les volumes au maximum, dès lors que la gestion en circuit-court n'est pas possible.

L'impact de la réglementation covid sur le trafic routier et l'émission de gaz à effets de serre est indiscutable. Il est néanmoins difficilement quantifiable. On peut tout de même faire ressortir l'exemple de la CC Frasné-Drugeon qui pratiquait avec satisfaction les épandages de boues à proximité immédiate de son unique STEP. Du fait de la réglementation covid, ne pouvant plus maintenir la filière d'épandage en circuit court, la CCFD a dû faire appel à une société privée pour effectuer de la déshydratation mobile. Cela se matérialise par la venue d'un camion poids lourd, deux fois par an, qui pompe le silo à boues liquides et les déshydrate. Une fois pâteuses (15 à 20 % de siccité en fonction de l'outil utilisé), les boues traversent le département pour être traitées sur les plateformes de compostage qui les acceptent (la plupart étaient quasi-saturées lors de la période covid), soit un minimum de 120 km par benne contenant des boues à 80 % d'eau, au moins, avec passage obligé sur des axes déjà lourdement chargés par le trafic routier.

Le compostage est une technique qui génère elle-même des gaz à effet de serre. De plus, le compost produit d'une plateforme ICPE est rarement épandu à proximité immédiate de l'installation. Il nécessite donc un transport supplémentaire, plus ou moins long qui génère lui-même des gaz à effet de serre. Enfin, le compost doit être chargé dans un épandeur, puis épandu avec des engins agricoles.

La réglementation covid, si elle était légitime sur le plan sanitaire, n'a pas eu un impact favorable immédiat sur le trafic routier et les émissions de gaz à effet de serre. Néanmoins, elle aura poussé les producteurs de boues à s'adapter et à équiper leur STEP d'outils de déshydratation, réduisant fortement les volumes de boues.

III.6 Bilan et sectorisation

La carte présentée en annexe 13 permet de comparer les gisements de boues par EPCI (ceux de 2020) aux débouchés agricoles potentiels théoriques locaux (ceux de l'EPCI en question), selon la méthode puzzle développée en détail au chapitre IV et en tenant compte d'un taux d'acceptation des boues de 20 % par les agriculteurs. Nous reprenons un extrait de la carte ci-dessous :

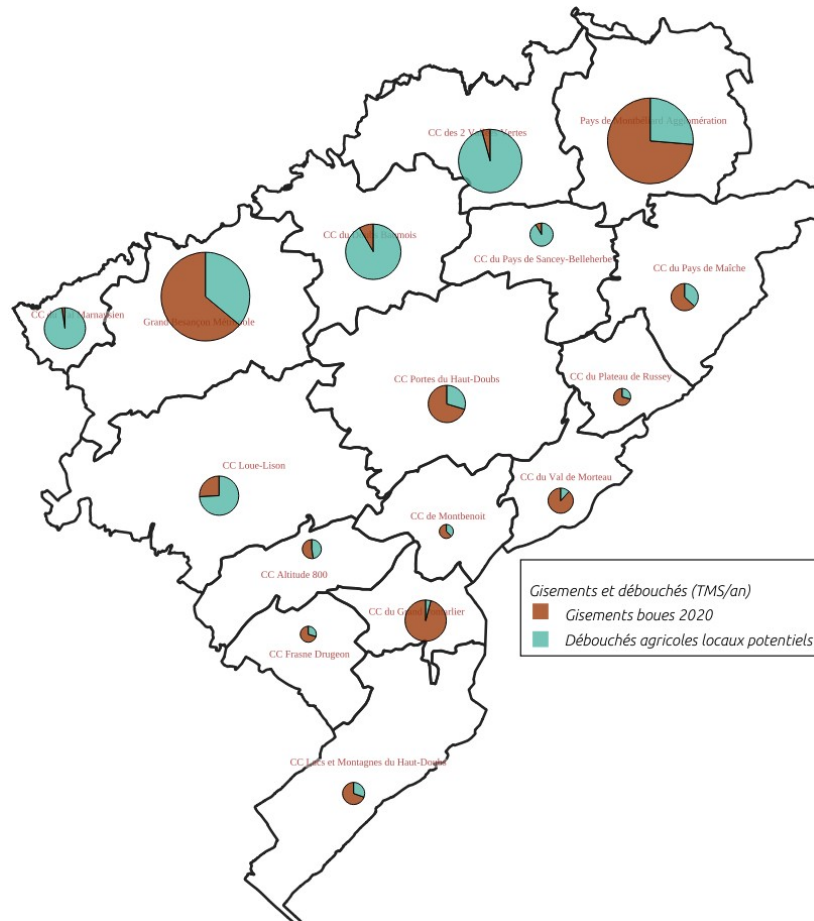


Figure 15 : Représentation cartographique des gisements de boues (période actuelle) et débouchés agricoles locaux potentiels théoriques par EPCI

Ce qui était pressenti jusqu'à présent apparaît clairement sur la carte ci-dessus. Hormis GBM et PMA, les collectivités du nord-ouest du département du Doubs disposent de plus de débouchés agricoles potentiels théoriques que de gisements de boues.

En ce qui concerne GBM et PMA, le déficit n'est pas aussi important qu'il n'y paraît selon les témoignages recueillis (le taux d'acceptation des agriculteurs de PMA est bien plus élevé que le taux de 20 %, arbitraire, retenu dans le cadre de cette étude), et une partie du débouché agricole peut se trouver en dehors du département du Doubs (70 % du parcellaire du plan d'épandage des boues de Port-Douvot se trouve en Haute-Saône).

La filière de valorisation agricole n'est donc pas en « danger » sur ces deux EPCI, ce malgré l'interdiction prochaine d'épandage de boues sur parcelles en AOP Comté. De plus, comme nous l'avons vu dans les chapitres précédents, ces collectivités sont déjà bien dotées en équipements de déshydratation (ce qui permet d'envisager des épandages *distants* contrairement aux boues liquides et donc d'aller chercher un peu plus loin les débouchés agronomiques), et d'hygiénisation.

GBM et PMA feront donc partie du secteur *favorable* aux épandages, comprenant également les EPCI suivantes : CCLL, CCVMarnaysien, CCDB, CC2VV, CCPSB.

À ce stade, toutes les autres collectivités verront leur filière de valorisation agricole potentiellement menacées par l'évolution prochaine du cahier des charges AOP. Certaines STEP qui continuent de pratiquer majoritairement des épandages car équipées d'outils de déshydratation et surtout d'hygiénisation en période de covid, est susceptible de « consommer » une partie des débouchés agricoles encore disponibles sur les EPCI voisins.

La carte en annexe 14 représente le résultat du travail de sectorisation.

IV Scénarios de gestion pour les boues récurrentes

IV.1 Prise en compte des projets actés par les EPCI

IV.1.a Réhabilitation / construction de STEP

La phase 1 avait permis de recueillir auprès des maîtres d'ouvrages les informations concernant les projets de réhabilitation ou de construction de nouvelles STEP. Ces informations sont rassemblées dans le tableau ci-dessous :

| Nom STEP | EPCI | Date MES | Etat | CN (EH) | Process épuratoire |
|-------------------------|--------|------------|-----------------|---------|--------------------|
| LONGEVILLES-MONT-D'OR | CCLMHD | 2024 | en construction | 17050 | BAAP |
| VILLE-DU-PONT 2 | CCM | déc. 2021 | en construction | 7500 | BAAP - SBR |
| ORCHAMPS-VENNES 2 | CCPHD | janv. 2022 | en projet | 4450 | BAAP - SBR |
| BIANS-LES-USIERS 2 | CCA800 | avr. 2022 | en construction | 3500 | BAAP - SBR |
| LEVIER 2 | CCA800 | déc. 2022 | en projet | 3200 | nc |
| ARC-SOUS-CICON 2 | CCM | oct. 2022 | en projet | 1400 | BAAP |
| VALOREILLE 2 | CCPM | déc. 2022 | en projet | 970 | BAAP - SBR |
| TORPES Trébillet 2 | GBM | juil. 2023 | en projet | 800 | FPR |
| PUGEY | GBM | oct. 2021 | en projet | 600 | nc |
| CLERON 2 | CCLL | mai 2022 | en projet | 450 | nc |
| LAVIRON 2 | CCPHD | avr. 2021 | en construction | 400 | FPR |
| REUGNEY 2 | CCLL | juil. 2022 | en projet | 400 | FPR |
| LANDRESSE 2 | CCPHD | déc. 2021 | en projet | 400 | FPR |
| MEDIERE 2 | CC2VV | déc. 2022 | en projet | 350 | FPR |
| MARCHAUX-CHAUDEFONTAINE | GBM | déc. 2021 | en projet | 300 | nc |
| POULIGNEY-LUSANS | CCDB | déc. 2023 | en projet | 250 | FPR |
| PLAIMBOIS-DU-MIROIR 3 | CCPR | janv. 2023 | en projet | 250 | FPR |
| CENDREY 2 | CCDB | avr. 2022 | en projet | 230 | FPR |
| AVILLEY 2 | CC2VV | déc. 2021 | en projet | 220 | FPR |
| BRANNE 2 | CC2VV | déc. 2021 | en construction | 200 | FPR |
| CROSEY-LE-GRAND 2 | CCPSB | déc. 2021 | réhabilitation | 200 | DD + DB |
| BUFFARD | CCLL | juil. 2021 | en projet | 160 | FPR |
| GENEY 2 | CC2VV | avr. 2022 | en projet | 150 | FPR |
| TORPES La Piroulette 2 | GBM | juil. 2023 | en projet | 120 | nc |
| BRERES 2 | CCLL | déc. 2021 | en projet | 60 | DB |
| MONTANDON 3 | CCPM | juil. 2022 | en projet | nc | FPR |
| VAUCLUSOTTE | CCPM | juil. 2022 | en projet | nc | FPR |
| BRESEUX (LES) 2 | CCPM | déc. 2027 | réhabilitation | nc | BAAP |
| ARC-SOUS-MONTENOT | CCA800 | juil. 2022 | réhabilitation | nc | FPR |

Tableau 16 : Projets de réhabilitation ou de construction de nouvelles STEP recensés au cours de la phase 1

Les projets dévoilés par les maîtres d'ouvrages, concrétisés avant la réalisation de ce travail et pour lesquels nous disposons des informations utiles, ont été pris en compte dans la base de données consolidée ainsi que dans la cartographie.

Nous remarquons que la STEP des Longevilles-Mont-d'Or, actuellement dimensionnée pour 4 150 EH est sur le point d'être agrandie considérablement pour atteindre une capacité nominale de 17 050 EH à l'horizon 2024. Cette STEP remplacera également, à terme, la STEP de Métabief, ce qui facilitera, pour cet EPCI, la gestion des boues.

La STEP d'Orchamps-Vennes va faire l'objet d'une réhabilitation majeure qui va impliquer une gestion collective des boues de STEP. Cet aspect est abordé au chapitre suivant.

Aucun projet de méthanisation des boues n'a été porté à notre connaissance.

IV.1.b Projets de gestion collective des boues

Au cours de la réalisation de cette étude, plusieurs projets de gestion collective des boues ont pu être recensés.

Remarque : Lorsqu'elle existe, cette gestion collective est envisagée à l'échelle d'EPCI disposant de la compétence assainissement. Bien que les volumes soient réduits, cela ne résout pas entièrement la problématique de gestion des boues une fois pâteuses sur les secteurs où les débouchés d'épandage sont faibles.

Les informations disponibles sont synthétisées dans le tableau suivant :

| EPCI | Remarques | STEP à doter | STEP BL concernées | Source info |
|---------------|---|----------------------|---|--|
| CCPM | La CCPM va créer d'ici à fin 2023 un centre de déshydratation mécanique mutualisé qui permettra la déshydratation mutualisée des boues liquides produites par les autres STEP dans des conditions bien meilleurs qu'actuellement (file boues de Maîche doublée) | Maîche | Toutes les autres | Vivien Feurtay, au cours du COTEC n°4 |
| CCPHD | La STEP Orchamps-Vennes va s'équiper d'une centrifugeuse qui servira également aux boues liquides des STEP voisines, dans un rayon de 15 km | Orchamps-Vennes | Toutes celles situées dans un rayon de 15 km | Article de presse journal |
| CCVM | Création d'une installation de déshydratation mécanique sur la STEP de Morteau qui servira, peut être aussi aux STEP de Villers Le Lac et Les Combes | Morteau | Les Combes et peut être Villers le Lac | Mail Pierre Gurtner Étude de faisabilité en cours |
| GBM | Création d'une installation de chaulage in-situ pour les boues pâteuses de Port-Douvot Création d'une borne de dépotage des BL en amont de la centrifugeuse de Port-Douvot | Port-Douvot | Toutes celles de GBM qui ne peuvent pas être épandues directement + extérieurs, en secours pour les autres EPCI | Entretien avec Olivier Jeannerot (GBM) le 11/05/22 |
| | Création d'une solution d'épaississement (table d'égouttage) + chaulage des boues liquides épaissies pour la poursuite des épandages | ? | | |
| CCFD | Création d'une installation de déshydratation mécanique dédiée aux boues de la STEP Rivière Drugeon | Rivière Drugeon | | Entretien avec Quentin Gavazzi (CCFD) |
| PMA | Équiper la STEP de Pont-de-Roide avec un outil de chaulage | Pont-de-Roide | Pont de Roide uniquement | Entretien avec Cyril Vurpillot (PMA) le 12/05/22 |
| | Faire un plan d'épandage unique pour toute les STEP | // | Toutes les STEP de PMA | |
| CCA800 | Mise en place d'une presse à vis fixe | Levier | Levier uniquement | Mail du 11/10/22 |
| | Agrandissement | Villers ss Chalamont | | |
| CCLMHD | Investissement dans un outil de déshydratation mobile | // | Jougne, Gellin et Chapelle des Bois (+ autres, si possible) | Mail du 19/12/22 |
| CC Montbenoit | 2 projets de déshydratation mécanique des boues : 1 LSPR et une déshydratation mécanique | // | | COTEC du 15/12/22 |

Tableau 17 : Projets de gestion collective des boues portés à notre connaissance au cours de l'étude

La carte en annexe 15 représente les projets de gestion collective des boues tels qu'ils nous ont été communiqués.

On constate que les difficultés de gestion des boues liquides mises en évidence dans le cadre de la phase 1 et soulignées à nouveau dans le cadre de ce rapport, sont sur le point d'être résolues, au moins en partie, en particulier sur le secteur où la filière de valorisation agricole est menacée par l'interdiction d'épandage de boues en AOP.

La présente étude n'a pas du tout vocation à remettre en cause ces projets, bien au contraire puisqu'ils répondent parfaitement aux contraintes, fortes, qui s'exercent actuellement sur la filière épandage en circuits courts.

IV.2 Prise en compte de la qualité des boues et des contraintes réglementaires

Le rapport de phase 1 a mis l'accent sur les problématiques de qualité des boues qu'ont pu connaître certaines STEP du département du Doubs par le passé (parfois récent).

Entre 2016 et 2020, de nombreuses STEP ont détecté au moins une non-conformité (arrêté du 8 janvier 1998) des boues sur le paramètre cuivre. La carte en annexe 14 permet de les localiser.

Cette situation peut apparaître particulièrement inquiétante quand on sait que le projet de réglementation du Socle Commun prévoit un abaissement drastique des seuils en ETM, en particulier celui du cuivre (passant de 1000 mg/kg MS à 800 mg/kg MS en 2023, puis 600 mg/kg MS à partir de 2027).

Toutefois, les efforts consentis par les collectivités pour l'amélioration de la qualité des boues (dont le programme Limitox/Préventox) commencent à porter leurs fruits puisque, parmi les 125 analyses réalisées en 2020 :

- **Aucune** ne dépasse le seuil en cuivre de l'arrêté du 8/01/1998 ;
- **Aucune** ne dépasse le seuil en cuivre du projet de Socle Commun fixé à partir de 2023 ;
- Seulement **11 analyses** (9 % du nombre total d'analyses) montrent une teneur en cuivre supérieure à la limite du projet de Socle Commun fixée à partir de 2027.

Les 11 dépassements ont été constatés sur les 8 STEP suivantes :

| Nom Step | Nb dépassements |
|---------------------------|-----------------|
| ARBOUANS | 2 |
| CHENECEY BUILLON | 1 |
| EPENOY | 1 |
| PIERREFONTAINE LES VARANS | 1 |
| PONTARLIER-DOUBS | 3 |
| ROUGEMONT Ville 2 | 1 |
| RUSSEY | 1 |
| VERNIERFONTAINE | 1 |

Tableau 18 : Nombre de non-conformités en cuivre des boues des STEP selon le projet de Socle Commun à partir des analyses de 2020

Ainsi, on constate avec intérêt que la situation s'est particulièrement améliorée. On peut espérer que cela continue ainsi d'ici à 2027 afin qu'à partir de cette échéance, les dépassements en cuivre ne soient qu'exceptionnels.

Au niveau de la répartition géographique, nous constatons l'absence de corrélation entre le lieu où se trouve la STEP et la qualité des boues, écartant de ce fait une éventuelle cause naturelle du fait de la géologie (sinon on observerait au même endroit un groupement de plusieurs STEP concernées par cette problématique).

Notons à ce niveau que toutes les STEP concernées sont de type boues activées (aucun dépassement relevé au niveau des STEP à boues ponctuelles).

IV.3 Prise en compte du pH des sols

Nous nous intéressons, en préambule à la réalisation des scénarios, au pH des sols du département du Doubs, et ce dans l'unique perspective de nous assurer de la pertinence agronomique du chaulage des boues.

La carte suivante, fournie par le GISsol donne l'information recherchée :

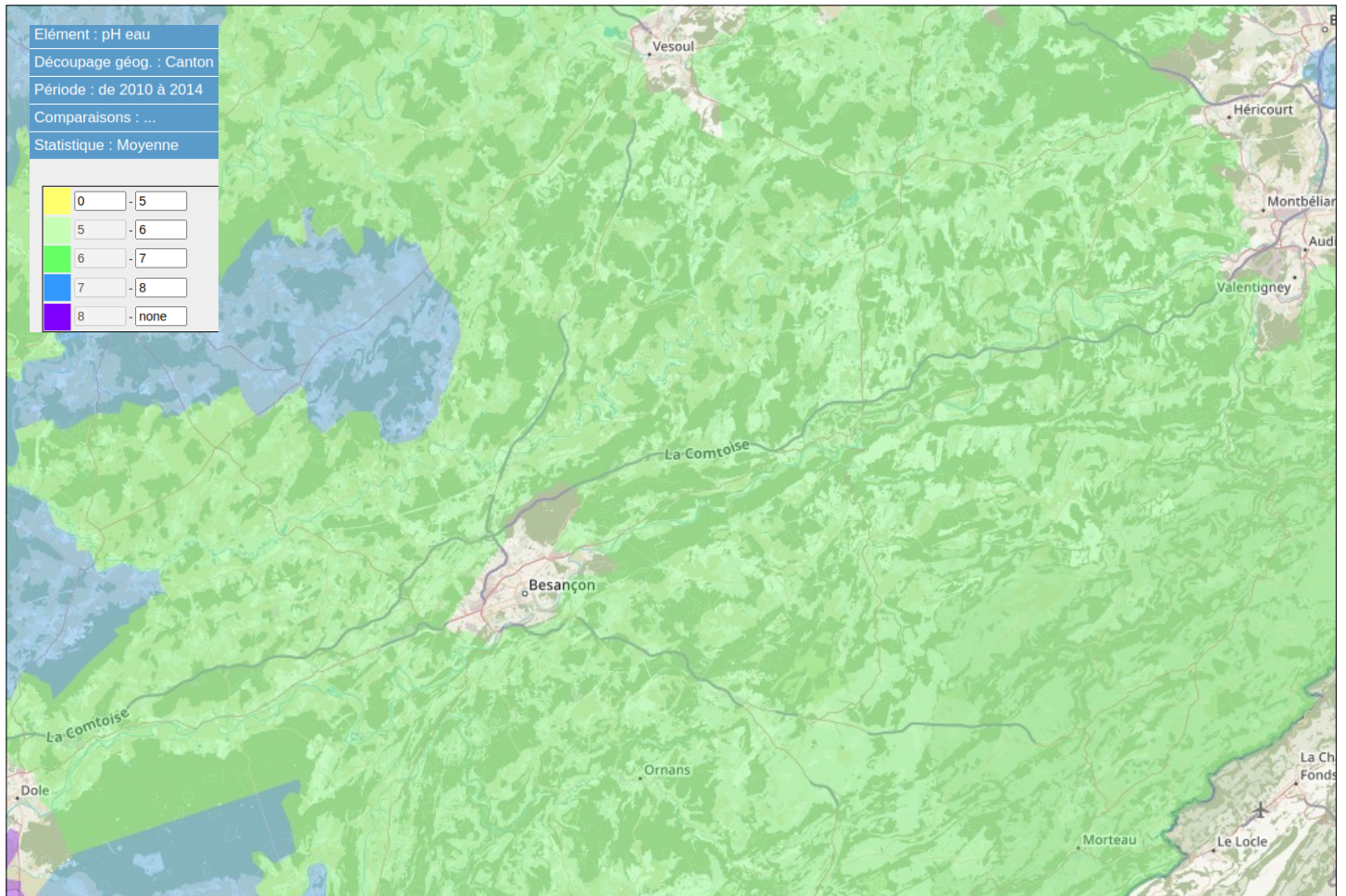


Figure 16 : Carte pH des sols du département du Doubs

Le département du Doubs présente, dans sa quasi-totalité, des sols dont le pH montre une tendance acide : entre 6 et 7 (la carte ci-dessus contient un filtre de transparence altérant la netteté des couleurs).

Dans cette gamme de pH des sols, le traitement des boues par chaulage n'est pas rendu obligatoire (hors contexte covid) par l'arrêté du 8/01/1998. Il apporte cependant un gain agronomique supplémentaire et renforce donc la filière d'épandage agricole, dont l'acceptabilité est d'ailleurs accrue grâce à la stabilisation des boues chaulées (absence d'odeurs).

IV.4 Arbre primaire de décision

Compte tenu du contexte actuel et des incertitudes réglementaires du moment, l'arbre primaire de décision quant à la stratégie de gestion des boues à l'échelle départementale peut être décliné de la manière suivante :

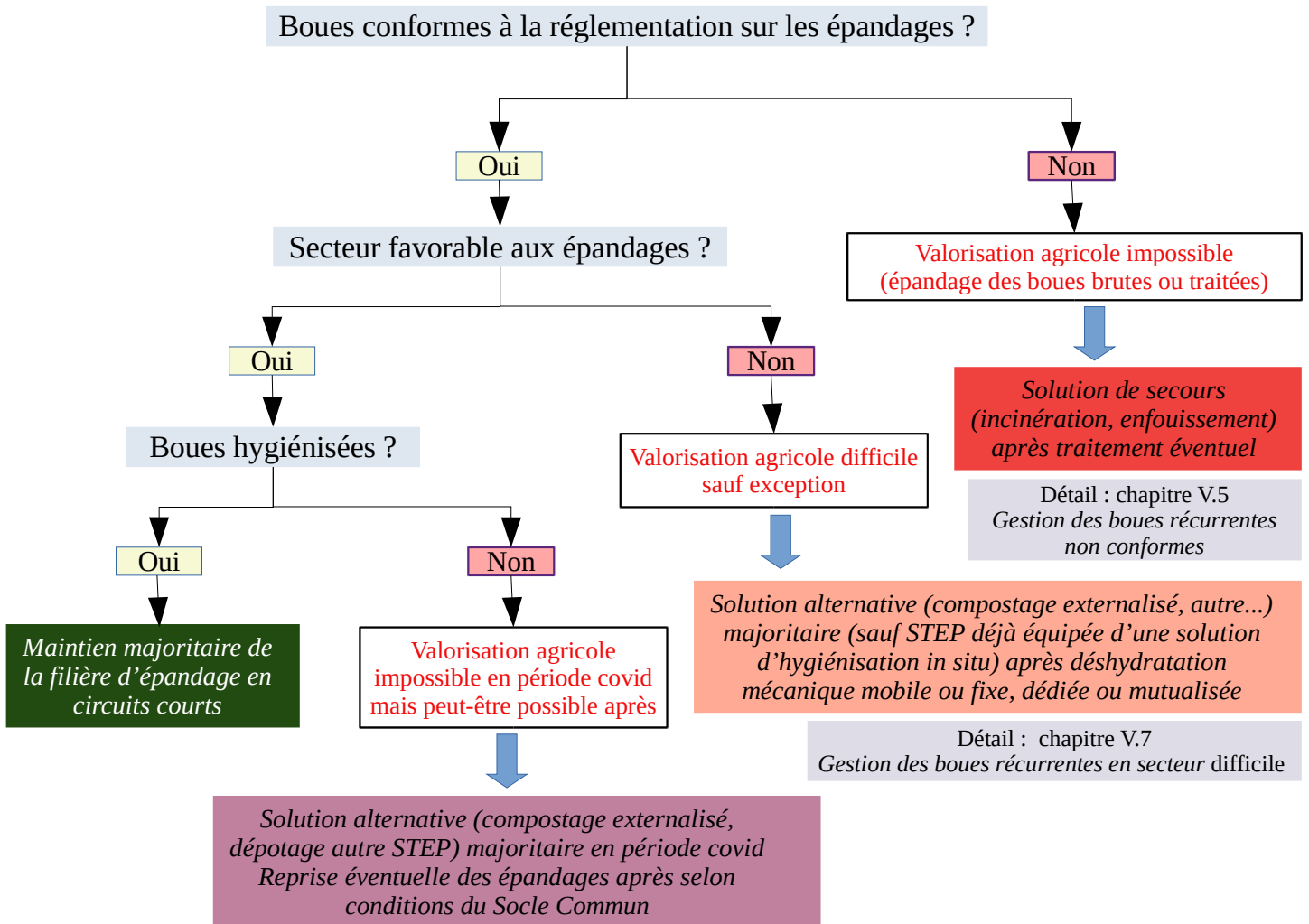


Figure 17 : Arbre primaire de décision quant à la stratégie de gestion des boues récurrentes

IV.5 Gestion des boues récurrentes non conformes

Les boues non conformes sont celles qui ne répondent pas aux critères de qualité de l'arrêté du 8/01/1998 ou qui, après sa future mise en application, ne correspondront pas aux critères de qualité de la réglementation Socle Commun (cf rapport de phase 1).

Comme nous l'avons vu au chapitre précédent, les cas de non-conformité seront probablement exceptionnels dans le futur, grâce à la nette amélioration de la qualité des boues amorcée depuis quelques temps.

Néanmoins, il convient d'identifier, dès à présent, les solutions de gestion qui s'offrent aux maîtres d'ouvrages en cas de non-conformité des boues, celles-ci ne pouvant plus prétendre aux épandages, même après compostage. Autrement exprimé, les plateformes de compostage externalisées ne pourront pas les accepter.

Les solutions théoriques qui s'offrent aux boues non conformes et qui se trouvent dans un secteur proche du Doubs sont les suivantes :

| Commune où se trouve l'installation | Type | Acceptation boues | Capacité (T/an) | Conditions Traitement |
|-------------------------------------|----------|----------------------|-----------------|------------------------------------|
| Besançon | UIOM | Oui * | 3000 | Siccité > 20% |
| Pontarlier | UIOM | Oui, si aménagements | 3500 | Siccité > 20% |
| Sausheim | UVE STEP | Oui ** | 2000 | Boues liquides |
| Bourogne | UIOM | Oui, si aménagements | | |
| Posieux (Suisse) | UIOM | Oui | 4000 | Siccité > 22% MO < 60% |
| Fontaine Les Clerval | ISDND | Oui | ? | Siccité > 30 % Test lixiviation |

Tableau 19 : Solutions théoriques qui s'offrent aux boues non conformes, qui se trouvent dans un secteur proche du département du Doubs

Nous l'avons vu, le prix de telles solutions de secours est très élevé quelle que soit la destination retenue.

Rappelons également les éléments suivants (cf. rapport de phase 1) :

- L'UVE de Pontarlier doit faire des aménagements préalables pour recevoir les boues ;
- L'UIOM de Sausheim n'accepte que les boues de la STEP éponyme. Les boues extérieures, dont celles du Doubs, doivent donc être dépotées en tête de station (boues liquides). Cependant, entre l'enquête menée par Alliance Environnement dans le cadre de la phase 1 et la date de rédaction de ces lignes, il semblerait que des dysfonctionnements de la STEP de Sausheim soient dus à des dépotages en tête de STEP ;
- L'UVE de Besançon peut recevoir les boues du département du Doubs, dans une perspective de solution de secours (ce qui est le cas considérant le fait que les boues seront non conformes de manière exceptionnelle).

Les critères techniques d'acceptation imposés par les exploitants impliquent l'arbre de décision secondaire suivant :

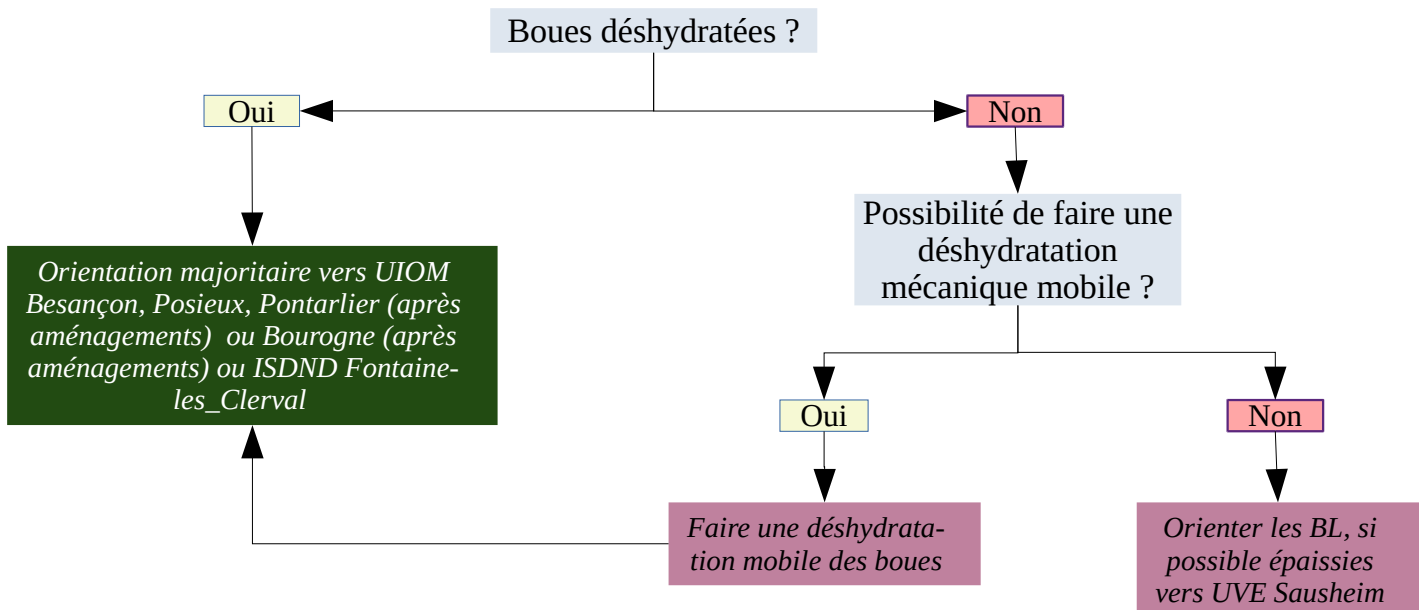


Figure 18 : Arbre de décision pour la gestion des boues récurrentes non conformes

Lorsque c'est possible, la déshydratation mécanique des boues (voire, l'assèchement si la STEP est dotée de lits de séchage non plantés de roseaux) est toujours préférable dès lors que la STEP est dotée d'un équipement de déshydratation mécanique dédié ou bien que les boues liquides peuvent être déshydratées sur un équipement mutualisé à l'échelle de l'EPCI.

En effet, à gisement de MS identique, le volume des boues liquides à transporter et à traiter est nettement plus important que celui des boues pâteuses, ainsi que l'illustre l'exemple suivant :

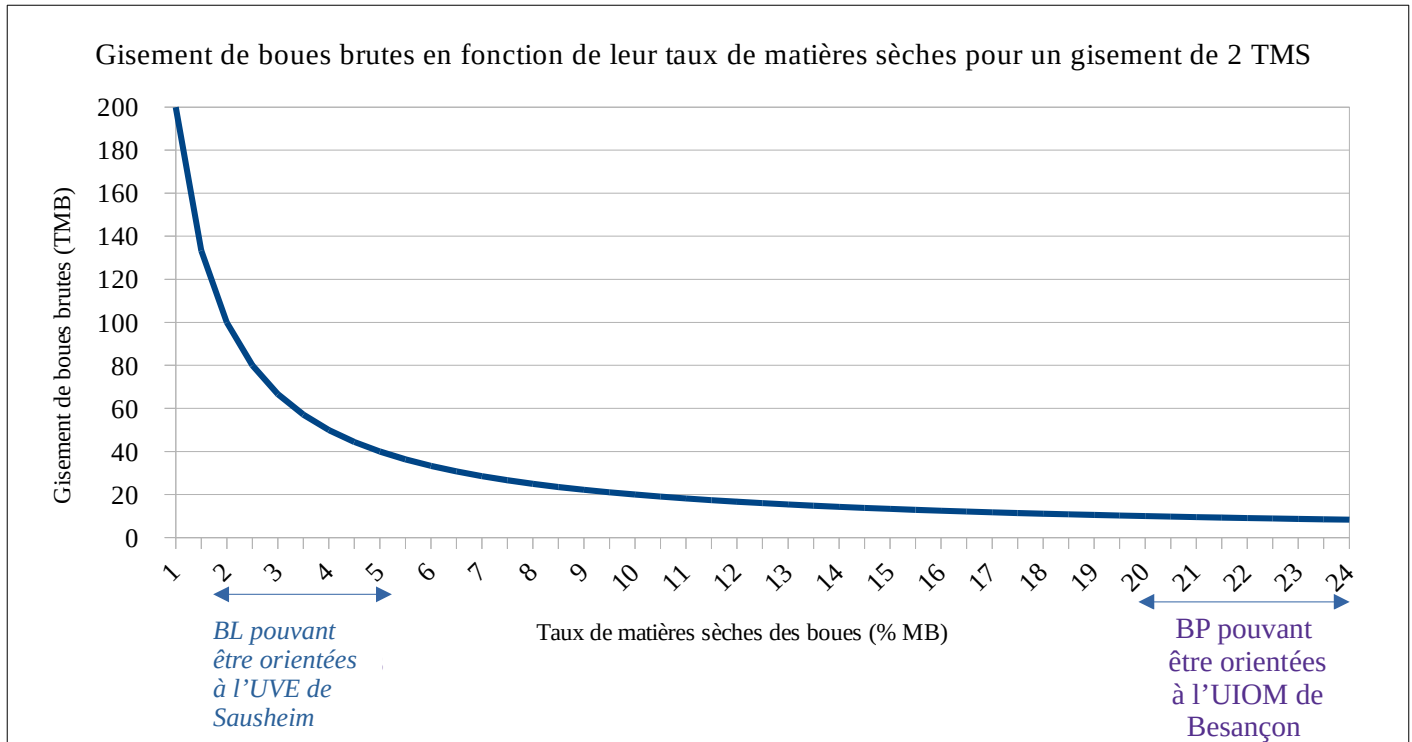


Figure 19 : Gisement de boues brutes en fonction de leur siccité pour un gisement de 2 TMS

En cas de nécessité de faire appel à une unité mobile de déshydratation mécanique des boues, il faut se pencher sur les critères suivants :

| Paramètre à surveiller | |
|---------------------------------------|--|
| Place disponible | L'unité mobile est déplacée en camion poids lourds. Les boues pâteuses sont stockées dans une benne ampliroll (généralement). Cela implique de disposer de la place pour le matériel et les manœuvres |
| Approvisionnement en eau propre | La déshydratation des boues liquides nécessite l'emploi d'une solution polymères diluée avec de l'eau propre (AEP même en général) |
| Approvisionnement en eau industrielle | Le nettoyage de l'équipement de déshydratation mécanique nécessite l'emploi d'eau claire en grande quantité (selon technique de déshydratation) |
| Approvisionnement en électricité | L'installation électrique doit pouvoir supporter une puissance électrique importante. À défaut de cela, il est possible d'utiliser un groupe électrogène puissant |
| Rejet des centrats * | <p>Les centrats sont rejetés en tête de STEP ce qui n'est pas anodin en fonction de sa capacité :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Les centrats sont plus ou moins chargés en DBO/DCO/MES. Ils impactent le fonctionnement de la STEP - Surtout, en fonction de l'âge des boues (si supérieur à 48 h), celles-ci peuvent être septiques. Les retours en tête le sont également ce qui peut créer des effets indésirables |
| Gisement de boues à traiter | En dessous d'un gisement de 0,5 TMS, le coût de la déshydratation mécanique mobile est trop lourd pour rendre cette opération intéressante, surtout si les boues peuvent être épaissies par voie dynamique (préférable) ou statique |

Tableau 20 : Paramètres à surveiller avant de prévoir l'intervention d'une unité mobile de déshydratation

Remarque : Les centrats correspondent à l'eau qui était contenue dans les boues liquides et qui est retiré des boues par l'action de la déshydratation. Les critères de choix des techniques de déshydratation pourront être affinés dans le cadre de la phase 3.

IV.6 Valorisation agricole des boues récurrentes en secteur favorable aux épandages

Cela a été démontré dans le rapport de phase 1, la filière de valorisation agricole par épandage est celle qui est la plus économique. Cet aspect est d'une importance capitale en période d'érosion du pouvoir d'achat des usagers.

En secteur favorable aux épandages, tous les maîtres d'ouvrage se sont prononcés pour le maintien de cette filière, qui est vertueuse également sur plan du bilan carbone. Il s'agit en effet de la filière la plus faiblement émettrice de gaz à effet de serre, ce qui représente un sujet d'intérêt croissant pour le grand public qui prend conscience du réchauffement climatique.

C'est pour ces raisons que cette filière est retenue comme prioritaire, dès lors :

- Que les boues sont conformes à la réglementation actuelle et à venir ;
- Que le secteur est favorable aux épandages ;
- Que les boues respectent la réglementation covid (hygiénisation par chaulage par exemple) tant qu'elle est encore en vigueur.

Bien que cette filière donne satisfaction pour la plupart des collectivités, il convient tout de même de la consolider et la pérenniser par des moyens simples afin qu'elle conserve tout sa pertinence. Il semble que le principal problème lié aux boues relève de la perception du grand public face à ces pratiques, en particulier sur les aspects suivants :

- *Principalement les odeurs* : un lien spontané (mais erroné) est fait par le grand public entre les odeurs et une éventuelle pollution.

Les sols du département du Doubs étant à tendance légèrement acide, il n'y a aucune contre-indication agronomique à la pratique du chaulage des boues. Non seulement cela permet d'hygiéniser les boues et donc de répondre à la réglementation covid dont nul ne sait quand elle prendra fin, mais cela permet également de stabiliser les boues et donc de répondre efficacement à la problématique des odeurs.

Pour ces raisons-là, ainsi que pour une amélioration agronomique (bien que le chaulage implique une légère perte d'azote), **il est conseillé aux collectivités d'investir, lorsque c'est possible, dans une installation fixe de chaulage.**

- *Les teneurs en ETM/CTO* : les boues contiennent des ETM et des CTO, certes, mais en quantités faibles, fréquemment contrôlées. Depuis 1998, la qualité des boues s'est continuellement améliorée, dans le Doubs comme généralement partout en France. D'ailleurs, les programmes Limotox/Préventox ont porté leurs fruits, les cas de non-conformité étant devenus exceptionnels. L'abaissement des seuils prévu par le futur Socle Commun contribuera à maintenir la dynamique d'amélioration.

Enfin, il ne faut pas oublier que l'on trouve des ETM, parfois en plus grande quantité que dans les boues, dans les engrais chimiques et dans les sous-produits agricoles. **Les collectivités se doivent de poursuivre leurs efforts en amont dans la lutte contre les rejets non domestiques et polluants.**

- *Les produits pharmaceutiques* : certes, on retrouve des résidus dans les boues. Néanmoins, ces produits ne semblent pas avoir d'impact sur l'être humain, le cycle de vie des boues impliquant plusieurs étapes de dégradation/minéralisation des molécules organiques. Une première dégradation des molécules par le foie du patient traité, le temps de résidence dans les réseaux d'assainissement, le traitement en STEP, le temps de résidence dans les boues, le traitement éventuel par chaulage, l'épuration par le sol après épandage et l'imperméabilité des racines aux substances indésirables, font qu'au moment de la récolte, les concentrations en résidus médicamenteux sont nulles ou presque. De la même manière que pour tous les sujets de société (énergies fossiles, déchets solides ...), la prévention par la sobriété en amont de la chaîne doit être la règle. La position peu enviable de la France en tant que championne d'Europe de la « consommation » des médicaments pose question.

La consolidation/pérennisation de la filière de valorisation agricole par épandage peut être appréhendée par l'arbre de décision suivant :

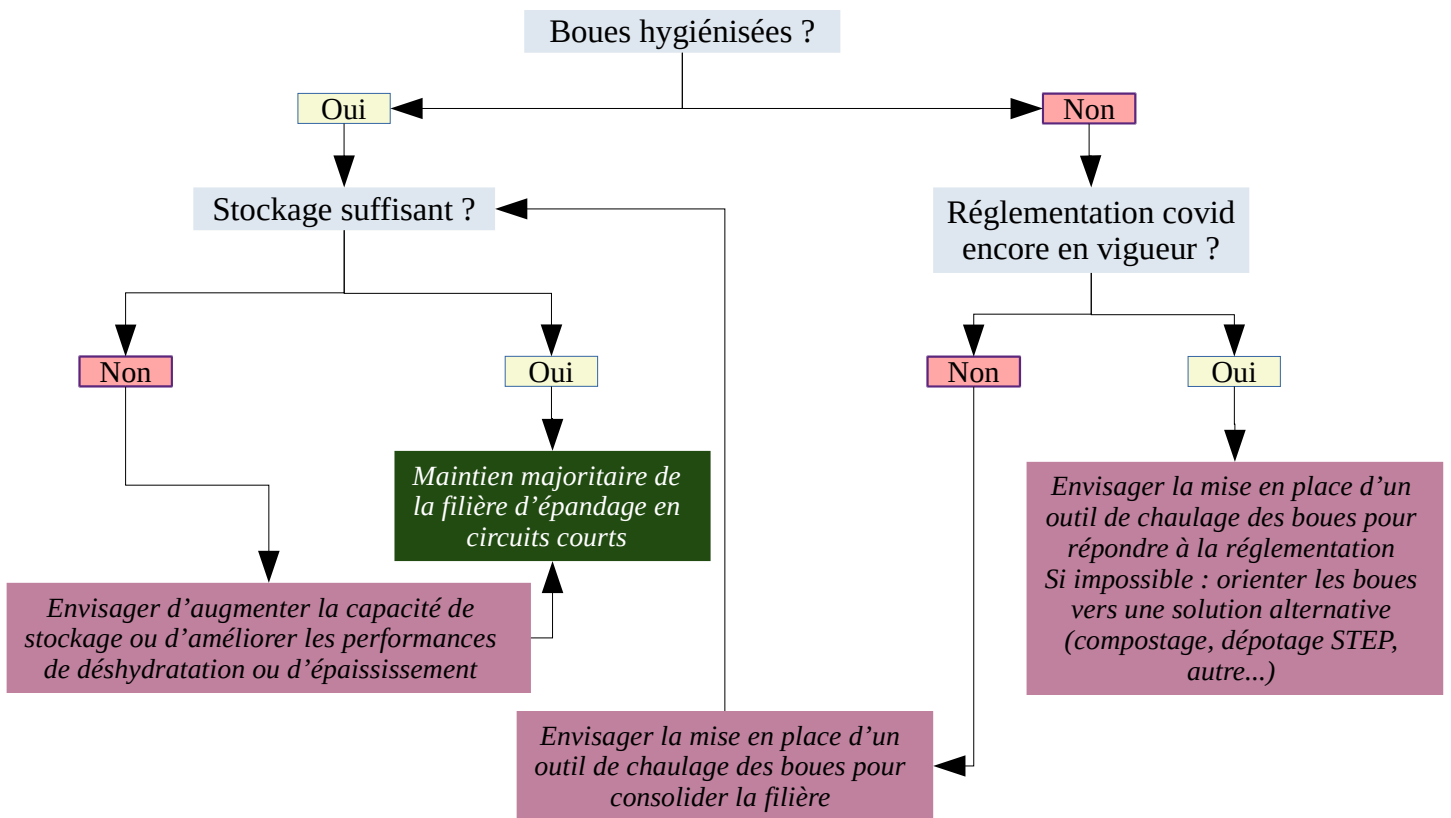


Figure 20 : Arbre de décision de la gestion des boues récurrentes en secteur favorable

Remarque : dans le cadre de son 11^{ème} programme, l'Agence de l'Eau RMC apporte son aide financière à l'hygiénisation des boues jusqu'à fin 2024 : 50 % de subventions sont accordés dans le cadre d'investissements pour des outils de chaulage mais aussi pour des unités mobiles de déshydratation.

IV.7 Gestion des boues récurrentes en secteur difficile

IV.7.a Arbre de décision

En secteur « *tendu* » sur le plan des débouchés agricoles, l'arbre de décision secondaire est le suivant :

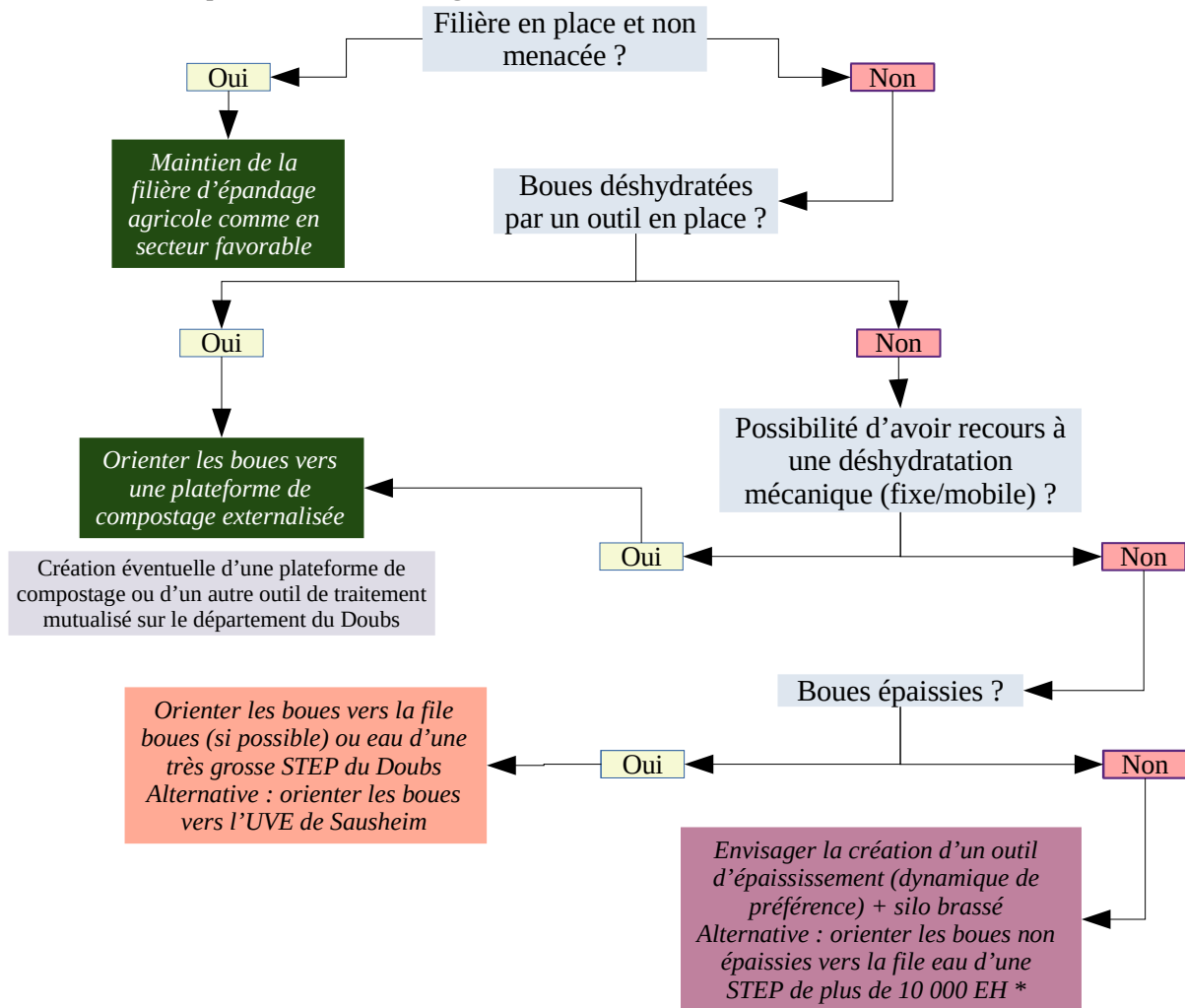


Figure 21 : Arbre de décision de la gestion des boues récurrentes en secteur difficile

* 10 000 EH est le seuil de CN au dessus duquel la STEP doit être équipée d'une borne de dépotage des MV selon l'arrêté du 21 juillet 2015. Cela ne présage pas de la capacité réelle de la STEP de pouvoir recevoir des boues liquides, surtout si elles sont concentrées en DCO dure et en grandes quantités.

En premier lieu, il convient de vérifier, tout de même, si la filière de valorisation par épandage est totalement perdue du fait du changement des pratiques agricoles. En effet, la période actuelle est sans cesse secouée par des événements majeurs qui bouleversent l'équilibre des choses. Rappelons que :

- La crise sanitaire a remis en cause d'un coup une filière d'épandage de boues qui fonctionnait bien depuis plus de 20 ans ;
- La crise des matières premières a fait exploser le prix des engrais minéraux, qui sont, de toutes manières, des ressources fossiles vouées à disparaître ;
- La crise climatique, de plus en plus prégnante, induit des pertes économiques conséquentes pour les agriculteurs dont les revenus ne parviennent parfois plus à compenser les charges toujours croissantes. Pour un céréalier, l'épandage de boues (ressource renouvelable) constitue une économie de 500 à 700 € HT/ha/an au prix actuel (septembre 2022) des engrais minéraux.

Tous ces bouleversements se sont produits en moins de 3 ans. Avec la guerre en Ukraine, la France a pris conscience de sa dépendance à de nombreuses ressources (alimentaires, énergétiques ...) envers des pays étrangers.

Il ne fait aucun doute qu'une fois les mines à phosphates épuisées de leurs ressources, les filières d'épandages des boues, des sous-produits agricoles et des autres déchets valorisables, apparaîtront comme incontournables.

En attendant, les producteurs de boues doivent se préparer à la raréfaction des débouchés agricoles sur le secteur « difficile » du fait de l'interdiction à venir des épandages sur parcelles en AOP Comté.

Les maîtres d'ouvrage qui ne peuvent plus valoriser leurs boues par épandage doivent prioritairement équiper leur STEP d'un outil de déshydratation mécanique en poste fixe, si toutefois un équipement fixe pouvant être mutualisé ne se trouve pas déjà à proximité. La déshydratation mécanique permettra en effet d'obtenir une siccité des boues compatible avec la solution alternative qu'est le compostage en plateforme externalisée ou la solution de secours qu'est l'incinération en cas de non-conformité des boues.

Rappelons à ce niveau que plusieurs collectivités ont déjà en projet la mise en place d'installations de déshydratation mécaniques mutualisées.

En cas d'impossibilité d'avoir recours à un outil de déshydratation mécanique fixe des boues ou bien dans le délai de construction de celui-ci, il convient d'étudier la possibilité d'avoir recours à de la déshydratation mécanique mobile.

Les paramètres à contrôler pour vérifier la faisabilité sont ceux déjà évoqués dans ce chapitre (V.5).

En cas d'impossibilité de déshydrater les boues, il faut qu'au moins elles soient épaissies, surtout pour les boues activées (les décanteurs digesteurs permettant d'obtenir des boues avec une siccité moyenne de 3 à 4 %) dont la concentration à la recirculation n'atteint généralement pas 10 g/l.

Dans ce cas-là, il faut doter la STEP d'un outil d'épaississement, de préférence un épaississeur dynamique permettant de s'affranchir de retours en tête septiques.

Pour les collectivités situées en secteur difficile, il est toujours techniquement envisageable d'orienter les boues liquides vers la STEP de Port-Douvot, mais cela est déconseillé pour les raisons suivantes :

- Le bilan carbone est extrêmement défavorable, au transport comme au traitement (dans la file eau de la STEP) ;
- Le coût du traitement est de 60 € HT/m³, sans compter le prix du transport qui se placera probablement dans les mêmes échelles de grandeur, alors que les boues contiennent plus de 95 % d'eau (parfois plus de 98%).

Remarques :

- La déshydratation peut également s'envisager par l'emploi de géotubes. Il s'agit de poches filtrantes, qui, placées sur une surface imperméable avec récupération des jus, permettent de transformer les boues liquides en boues pâteuses à l'aide de polymères anioniques. Il s'agit souvent d'une solution temporaire car les performances de déshydratation sont aléatoires. L'expérience montre une fourchette de résultats de siccités entre 7 et 20 %, la moyenne se situant autour de 12 %. L'avantage des géotubes est qu'ils permettent de stocker les boues un certain temps. L'inconvénient (en dehors du caractère aléatoire des performances de déshydratation) est que les géotubes ne sont pas réutilisables. Une fois pleins, le sac doit être éventré pour permettre le retrait des boues.

- Certaines STEP du département du Doubs disposent de lits de séchage (non plantés de roseaux). D'après les résultats de l'enquête de phase 1, aucune STEP n'exploite ses lits de séchage. Lorsqu'ils sont bien conçus, que le climat est favorable et que la STEP est bien exposée au soleil, les lits de séchage constituent une solution intéressante pour les petites STEP. Le climat du département du Doubs n'est pas adapté à un fonctionnement à l'année sur des lits de séchage.

IV.7.b Aide à la prise de décision sur la formule à retenir pour la déshydratation sur un territoire homogène

Bien que l'arbre de décision présenté au chapitre précédent donne une hiérarchisation des critères qui orientent les choix stratégiques, les multiples situations que l'on peut rencontrer sur le département du Doubs font que seule une approche locale permet d'identifier clairement la meilleure des options pour la collectivité.

En effet, nous pouvons retrouver les situations suivantes :

| Contexte éventuel | Situation à priori adaptée | Avantages | Inconvénients |
|---|--|---|--|
| Une STEP importante (> 10 000 EH) doit être réhabilitée sur le territoire d'un EPCI. Plusieurs petites STEP (< 5 000 EH) dans un rayon proche (15 km maximum) produisent des boues liquides en quantité importante et parfois épaissies | Création d'un centre de déshydratation mutualisé avec borne de dépotage en amont de la file boues | - Les retours en tête sont gérés sur une STEP importante (moins impactant) - Les équipements sont mutualisés - Les difficultés d'exploitation sont concentrées sur un site unique | - Le mélange de BL de natures différentes (textures, composition) complique fortement l'exploitation de l'outil - Transport de boues liquides coûteux + GES |
| Une STEP moyenne à importante (> 5 000 EH) doit être réhabilitée sur le territoire d'un EPCI ou bien une réhabilitation est à prévoir dans le cadre de l'étude si des investissements doivent être proposés à l'aune des scénarios développés. Autour, il n'y a pas d'autre STEP à BL ou seulement des toutes petites STEP (< 200 EH) qui produisent très peu de boues et peu concentrées (assimilables à des MV) | Création de l'outil de déshydratation dédié à la STEP + borne de dépotage en amont de la file eau | - Plus simple de retraiter les boues dans la file eau pour les tous petits gisements - Indirectement, l'équipement reste mutualisé - La qualité des boues produites est homogène, facilitant l'exploitation | - On surcharge la file eau de la STEP réceptrice - Risque accru d'impact avec des matières septiques |
| Aucune STEP ne peut accueillir d'outil de déshydratation mécanique (manque de place, de personnel qualifié, de capacité de traitement des centrats...) mais toutes les STEP qui produisent des BL disposent d'un silo de stockage et les BL sont épaissies (par outil dynamique de préférence). La déshydratation mécanique mobile est faisable | Organisation de « tournées » de déshydratation mécanique mobile | - Difficulté technique confiée à un prestataire privé | - Retours en tête de centrats plus ou moins concentrés mais surtout probablement septiques - Coût de fonctionnement |
| Aucune des situations présentées ci-dessus n'est réalisable ou pertinente | Épaississement des boues liquides (dynamique si possible) avec les meilleures performances possibles | - Aucune difficulté technique sauf si l'épaississement se fait par voie statique en silo - Si l'épaississement est dynamique, les retours en tête ne sont pas septiques | - Transport de boues liquides, avec volumes importants, coûteux + GES - Filière de gestion aval très coûteuse |

Tableau 21 : Aide à la prise de décision sur la formule à retenir pour la déshydratation mécanique des boues sur un territoire homogène

Les seuils de tailles des STEP proposés dans le tableau ci-dessus relèvent de l'expérience d'Agrosylva. Il conviendrait de les vérifier par une étude de faisabilité.

En réalité, il y a plusieurs paramètres à considérer pour guider le choix d'un site de déshydratation mécanique :

- La capacité nominale de la STEP ;
- La charge organique et hydraulique entrante ;
- La capacité de traitement résiduelle de la STEP ;
- Les flux de retours en tête (organiques, hydrauliques) raisonnés à la journée d'exploitation.

La bibliographie donne les renseignements suivant :

- Le débit issu des retours en tête additionné au débit en entrée de STEP ne doit pas dépasser le débit maximum admissible de la STEP (capacité nominale). En proportion, le débit issu des retours en tête doit être inférieur à 3 % du débit des effluents en entrée

- La pollution organique issue des retours en tête additionnée à celle issue des effluents en entrée de STEP ne doit pas dépasser la capacité de traitement maximale de la STEP. En proportion, la pollution organique (DBO mais surtout DCO) des retours en tête ne doit pas dépasser 20 % de la charge entrante de la STEP (il est conseillé de retenir un taux de 10 à 15 % maximum).

On voit clairement que la réussite du projet passe par la dilution des retours en tête dans le flux des eaux usées.

Ainsi, une STEP de 10 000 EH chargée à seulement 3 000 EH du fait des variations saisonnières se comporte théoriquement moins bien qu'une STEP de 5 000 EH chargée à 4 000 EH (considérant bien sûr que la pollution supplémentaire issue des retours en tête ne dépasse pas 400 EH = 10 % du flux en entrée) ;

Tout cela se calcule précisément par le biais d'études spécifiques qui dimensionnent également les outils de traitement, le système aéraulique, la bache tampon et stockage en amont, les bornes, vannes et systèmes automatiques, la télésurveillance etc...

IV.7.c Conséquence sur les gisements de boues pâteuses pour le secteur dit « menacé »

Supposant que l'intégralité des gisements de boues puisse être déshydraté mécaniquement et qu'aucune STEP ne puisse (cas extrême le plus défavorable) avoir accès à la filière de valorisation agricole, les gisements potentiels de boues pâteuses devant trouver une solution de compostage externalisée seraient les suivants (cf. rapport de phase 1) :

| EPCI | Gisement 2020 | Gisement 2035 | |
|-----------------|---------------|---------------|---------------|
| | TMS/an | TMS/an | TMB/an |
| CC Altitude 800 | 119 | 255 | 1 414 |
| CCVM | 335 | 514 | 2 858 |
| CCFD | 107 | 175 | 974 |
| CCGP | 932 | 1 314 | 7 301 |
| CCLMHD | 204 | 615 | 3 414 |
| CC Montbenoit | 73 | 179 | 993 |
| CCPM | 270 | 456 | 2 533 |
| CCPR | 118 | 158 | 875 |
| CCPHD | 556 | 1 073 | 5 963 |
| TOTAL | 2 714 | 4 739 | 26 326 |

Tableau 22 : Gisements de boues par EPCI situées sur le secteur difficile en 2020 et projections 2035

Avant covid, le gisement global de boues envoyé en plateforme de compostage externalisée par les EPCI situés sur le secteur difficile s'élevait à 1 250 TMS environ, soit 7 000 TMB de boues pâteuses environ.

D'après le rapport de phase 1, la capacité théorique de traitement des boues supplémentaire des plateformes de compostage agréées est de 9 000 TMB.

Cela signifie qu'à lui tout seul, le secteur qualifié de *tendu* sur le plan des débouchés agricoles, serait en déficit de solutions de traitement/valorisation pour 10 000 TMB/an de boues pâteuses, au minimum puisqu'il faut aussi considérer la forte augmentation de la production de boues sur le secteur favorable aux épandages à l'horizon 2035.

Il semble ainsi indispensable de créer une plateforme de compostage (ou bien au autre outil de traitement mutualisé), au moins, sur le département, tout en sachant que le compost produit ne pourra pas être valorisé sur les terrains agricoles en AOP Comté et qu'il devra être exporté hors de ce secteur.

V Scénarios de gestion pour les boues ponctuelle

La gestion des boues qualifiées de ponctuelles doit faire l'objet d'une approche spécifique. Néanmoins, les considérations préalables (projets, pH des sols...) faites pour les scénarios de gestion des boues récurrentes restent valables pour les boues ponctuelles.

V.1 Arbre primaire de décision

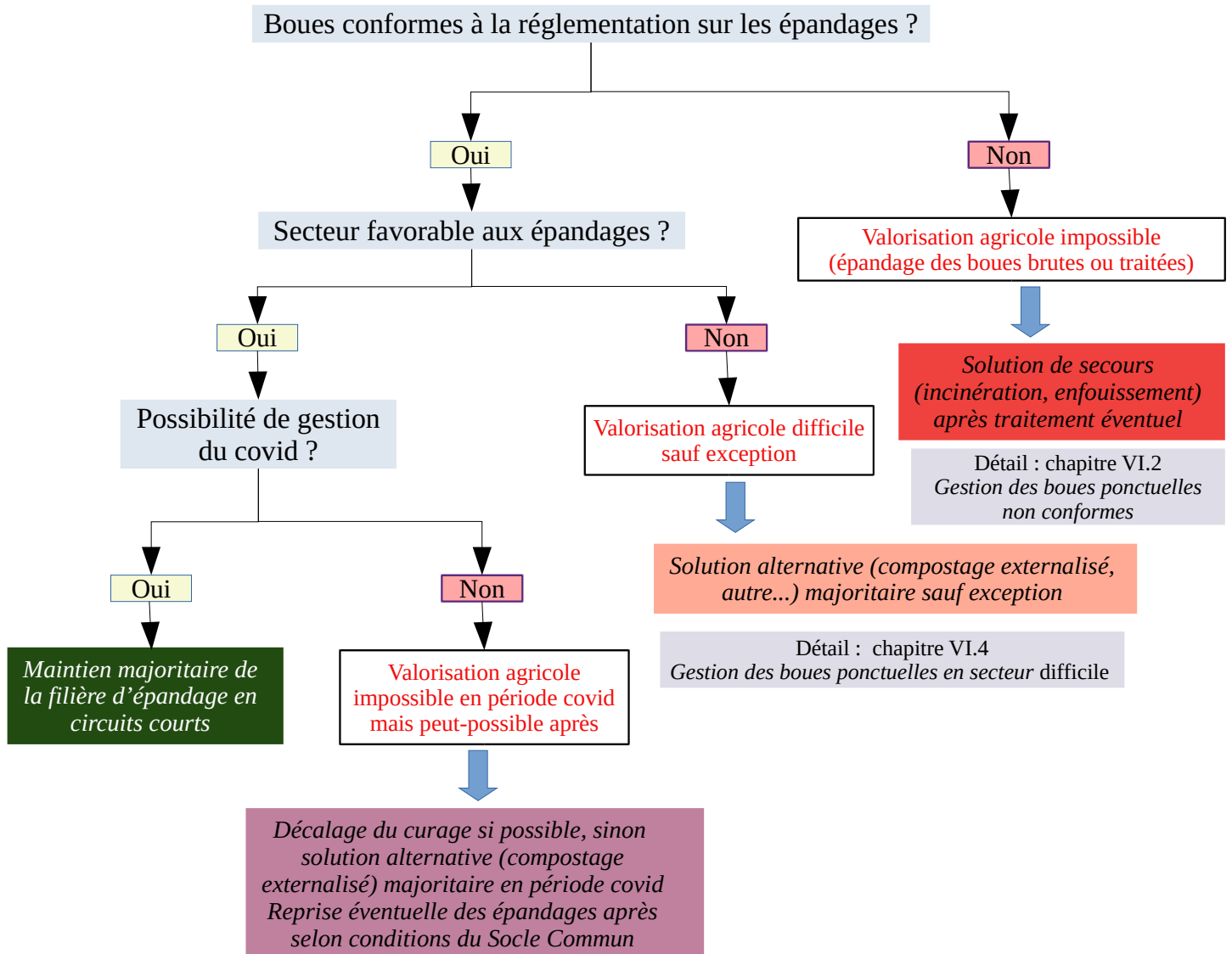


Figure 22 : Arbre primaire de décision pour la gestion des boues ponctuelles

V.2 Gestion des boues ponctuelles non conformes

Dans cette partie, nous allons considérer 2 catégories de boues ponctuelles :

- Les boues issues des systèmes à roseaux (FPR/LSPR) qui produisent des boues dont la siccité est souvent supérieure à 20 % (critère d'acceptation des UIOM et ISDND) ;
- Les boues issues des systèmes de lagunage où ce n'est pas le cas, en tout cas en l'absence de phase d'assèchement ou de déshydratation mobile.

Ainsi, nous retrouvons l'arbre de décision secondaire suivant :

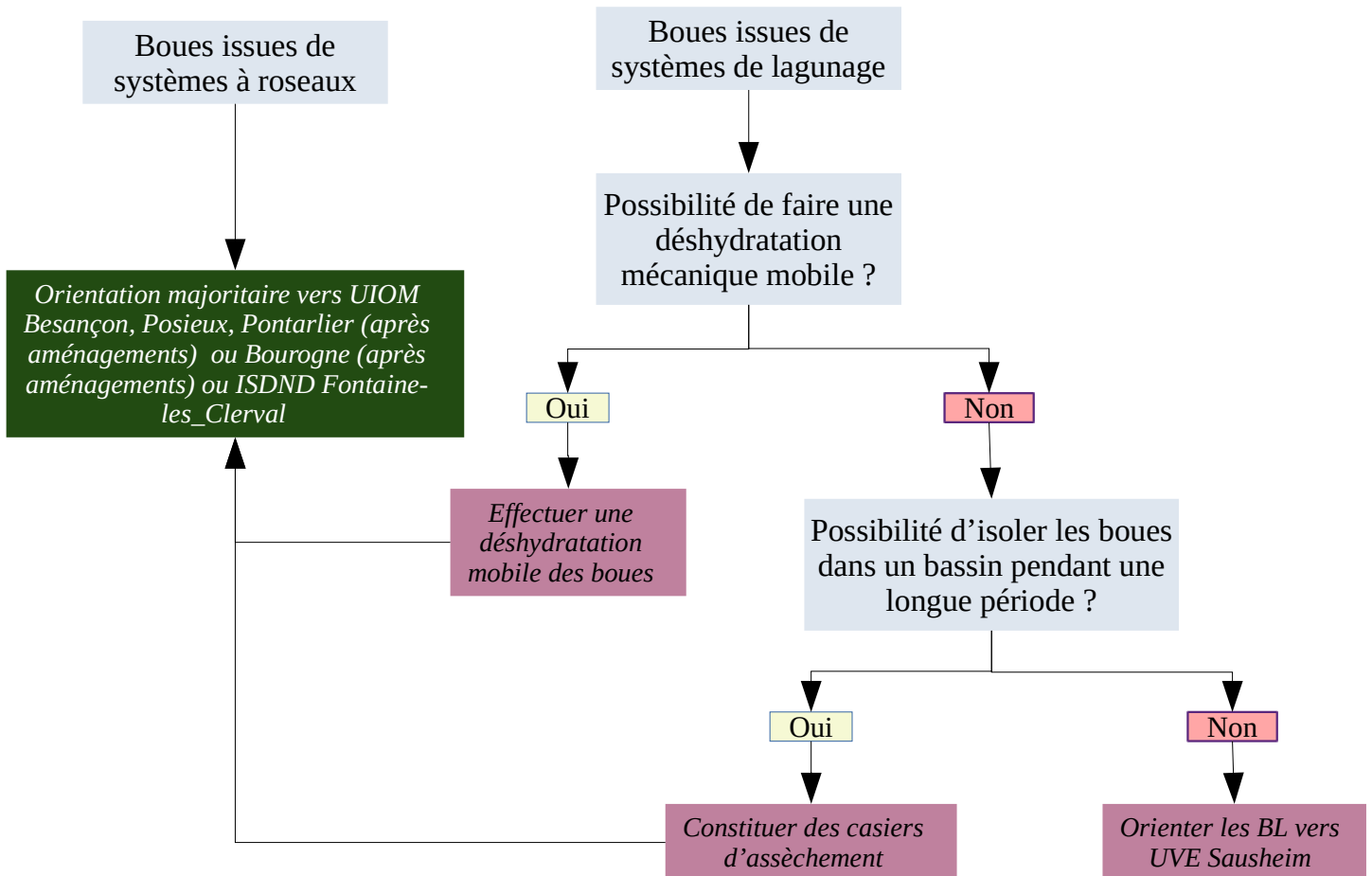


Figure 23 : Arbre de décision pour la gestion des boues ponctuelles non conformes

Rappelons à ce niveau que les cas de non-conformité sont désormais rares dans le département du Doubs. Cela le sera d'autant plus pour les boues ponctuelles, qui montrent une qualité généralement supérieure (sur le plan agronomique mais également sur le plan des teneurs en ETM) à celles des boues activées, y compris celles de même dimension, notamment grâce à l'apport de matières exogènes végétales (chaumes et feuilles de roseaux, feuilles d'arbres tombées dans les bassins...).

V.3 Valorisation des boues ponctuelles en secteur favorable aux épandages

Si la filière de valorisation agricole par épandage est la plus économique pour les boues récurrentes, elle l'est encore plus pour les boues ponctuelles (à partir d'un gisement minimal permettant d'amortir le plan d'épandage, lui aussi ponctuel) qui génèrent des gisements de boues importants car accumulés pendant plusieurs années (en moyenne 10 ans).

De plus, les boues ponctuelles se prêtent bien à l'épandage en raison :

- Du temps de minéralisation important obtenu pendant la période de stockage prolongée, qui permet une forte réduction des teneurs en composés olfactifs (azote ammoniacal, matières organiques fraîches...)
- De la présence de matière organique d'origine végétale, augmentant sensiblement le coefficient iso-humique des boues ;
- D'une transformation aboutie de la matière organique dans le cas des systèmes à roseaux (= rhyzocompostage), permise par les relations symbiotiques entre la flore microbienne et le système de rhizomes dans les boues.

Enfin, en ce qui concerne la gestion du risque covid, l'épandage de boues ponctuelles bénéficie d'un assouplissement réglementaire spécifique à elles offert par l'arrêté du 20 avril 2021 : ces boues peuvent être épandues sans hygiénisation après avoir fait l'objet d'une mise au repos du dispositif de traitement pendant au moins un an, sans que celle-ci n'entraîne de dysfonctionnement du système d'assainissement.

Le principe est que le stockage des boues sans alimentation en eaux usées pendant un an permet la réduction de la charge virale à un niveau suffisamment faible pour écarter tout risque de contagiosité.

Cependant, dans les faits, cet assouplissement ne concerne que les systèmes de lagunage ainsi qu'éventuellement (lorsqu'ils ne se situent pas dans une région sèche) les LSPR. À notre connaissance, aucun maître d'ouvrage de STEP par FPR n'accepterait en effet de mettre en péril le fonctionnement de son installation pour permettre l'épandage des boues.

La consolidation/pérennisation de la filière de valorisation agricole par épandage peut être appréhendée par l'arbre de décision suivant :

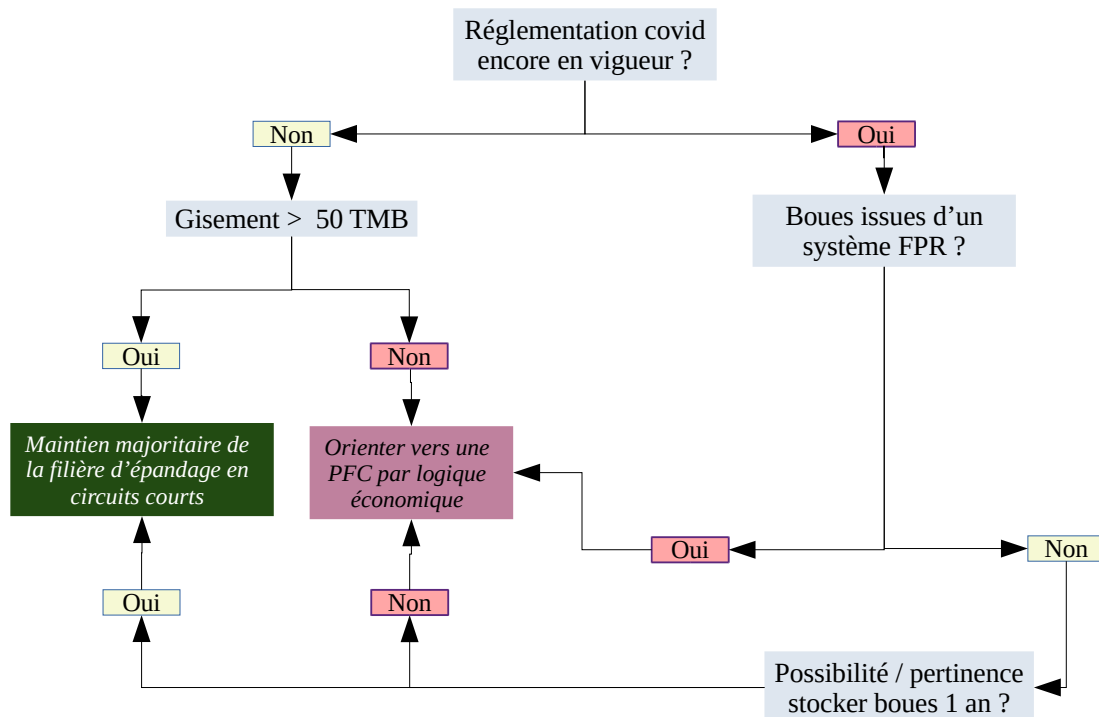


Figure 24 : Arbre de décision pour la gestion des boues ponctuelles en secteur favorable

Comme on le constate sur l'arbre de décision, on introduit une notion de plancher de gisement en dessous duquel l'épandage de boues n'est pas viable sur le plan économique. En effet, l'épandage étant ponctuel, le plan d'épandage ne peut être amorti sur une durée longue (en général 10 ans).

De plus, les critères de subvention étant de plus en plus contraignants, avec notamment l'augmentation des planchers de demande d'aide, il est de moins en moins aisé d'obtenir une aide financière de la part de tous les partenaires.

La valeur plancher de 50 TMB correspond à un ordre de grandeur qui est proposé en guise de repère seulement (voir tableau ci-dessous). En effet, la diversité des situations (distance à une plateforme de compostage, coût des opérations, ...) fait que le seuil de rentabilité peut être plus ou moins important.

Pour connaître le point de croisement des courbes, nous avons cherché à estimer les coûts des filières en se focalisant sur les paramètres discriminants (c'est à dire que les étapes communes comme le curage et les analyses ne sont pas comptées) :

| Filière épandage | € HT |
|-----------------------------------|--------------|
| Coût petit PE | 2 000 |
| Coût petit BA hors analyses | 1 000 |
| Coût transport, épandage (50 TMB) | 2 000 |
| TOTAL | 5 000 |

| Filière compostage | € HT |
|---------------------------|--------------|
| Coût transport vers PFC | 2 000 |
| Coût compostage (50 TMB) | 3 000 |
| TOTAL | 5 000 |

Tableau 23 : Point d'équilibre économique entre la filière épandage direct et compostage externalisé de boues ponctuelles

En dessous de 50 TMB, il est conseillé d'opter pour la filière compostage. Plus le gisement est important, plus la filière épandage porte un intérêt économique qui rend le compostage externalisé non compétitif.

Néanmoins, tant que la réglementation covid est en vigueur, il ne sera pas possible d'envisager l'épandage de boues issues de FPR, car comme nous l'avons expliqué, il est très délicat de laisser le système sans alimentation pendant un an (sauf à vouloir réhabiliter la STEP complètement après pour des raisons de dysfonctionnement initial). Les autres modes d'hygiénisation in situ (chaulage) étant coûteux et compliqués, l'orientation en plateforme de compostage reste alors l'unique solution envisageable.

V.4 Gestion des boues ponctuelles en secteur difficile

V.4.a Localisation des STEP concernées

Compte tenu de la complexité de la situation, il convient d'identifier les STEP concernées. Celles-ci sont localisées sur la carte présentée en annexe 17 et sont listées dans le tableau ci-dessous :

| EPCI | Nom STEP | CN (EH) | Type | Date MES | Prochain curage | Gisement Théorique (TMS) | Gisement Théorique (TMB) |
|--------------|------------------------------|---------|----------|----------|-----------------|--------------------------|--------------------------|
| CCA800 | Arc sous Montenot | 260 | Lagunage | 2005 | ? | 26 | 371 |
| CCPHD | Premier Sapins Vanclans-Nods | 1000 | FPR | 2019 | 2029 ou + | 30 | 120 |
| | Gonsans | 760 | FPR | 2009 | À prévoir | 61 | 243 |
| | Flangebouche | 750 | LSPR | 2015 | 2025 ou + | Fonction du nb de lits | |
| | Laviron | 600 | Lagunage | 1997 | À prévoir | 84 | 1200 |
| | Athose et Chasnans | 400 | Lagunage | 1984 | À prévoir | 82 | 1171 |
| | Guyans-Dumes | 220 | FPR | 2015 | 2025 ou + | 11 | 44 |
| | Villers-Chief | 150 | FPR | 2010 | À prévoir | 11 | 45 |
| | Chaux les Passavant | 150 | FPR | 2006 | À prévoir | 14 | 57 |
| CCPM | Germefontaine | 130 | FPR | 1988 | À prévoir | 24 | 96 |
| | Montandon | 400 | FPR | 2014 | À prévoir | 22 | 88 |
| TOTAL | | | | | | 365 | 3436 |

Tableau 24 : Liste des STEP en secteur difficile pour la gestion de boues ponctuelles

Les gisements théoriques présentés ci-dessus ne sont qu'approximatifs et donnés simplement en guise de valeurs repères. Rien ne peut remplacer une étude bathymétrique ou des mesures de hauteurs de boues pour évaluer la pertinence de la date de curage ainsi que les volumes en place.

Sur ces 11 STEP, 8 relèvent d'une filière boues par systèmes à roseaux (7 FPR, 1 LSPR). On peut être étonné par le fait que seuls 3 petits systèmes de lagunage contribuent à 80 % du gisement global attendu au moment du curage. La raison en est simple : les STEP sont très anciennes et n'ont, à priori, jamais fait l'objet d'un curage. Le gisement cumulé sur une grande période finit par être conséquent, surtout pour la CCPHD dont les systèmes de lagunage datent de 1984 et 1997.

Ces deux systèmes de lagunage constituent la problématique essentielle sur le secteur du point de vue des gisements potentiels et surtout de la siccité prévisionnelle des boues qui ne permet pas, en l'état, de les orienter en plateforme de compostage externalisée.

V.4.b Arbre de décision

En secteur « *tendu* » sur le plan des débouchés agricoles, l'arbre de décision secondaire est le suivant :

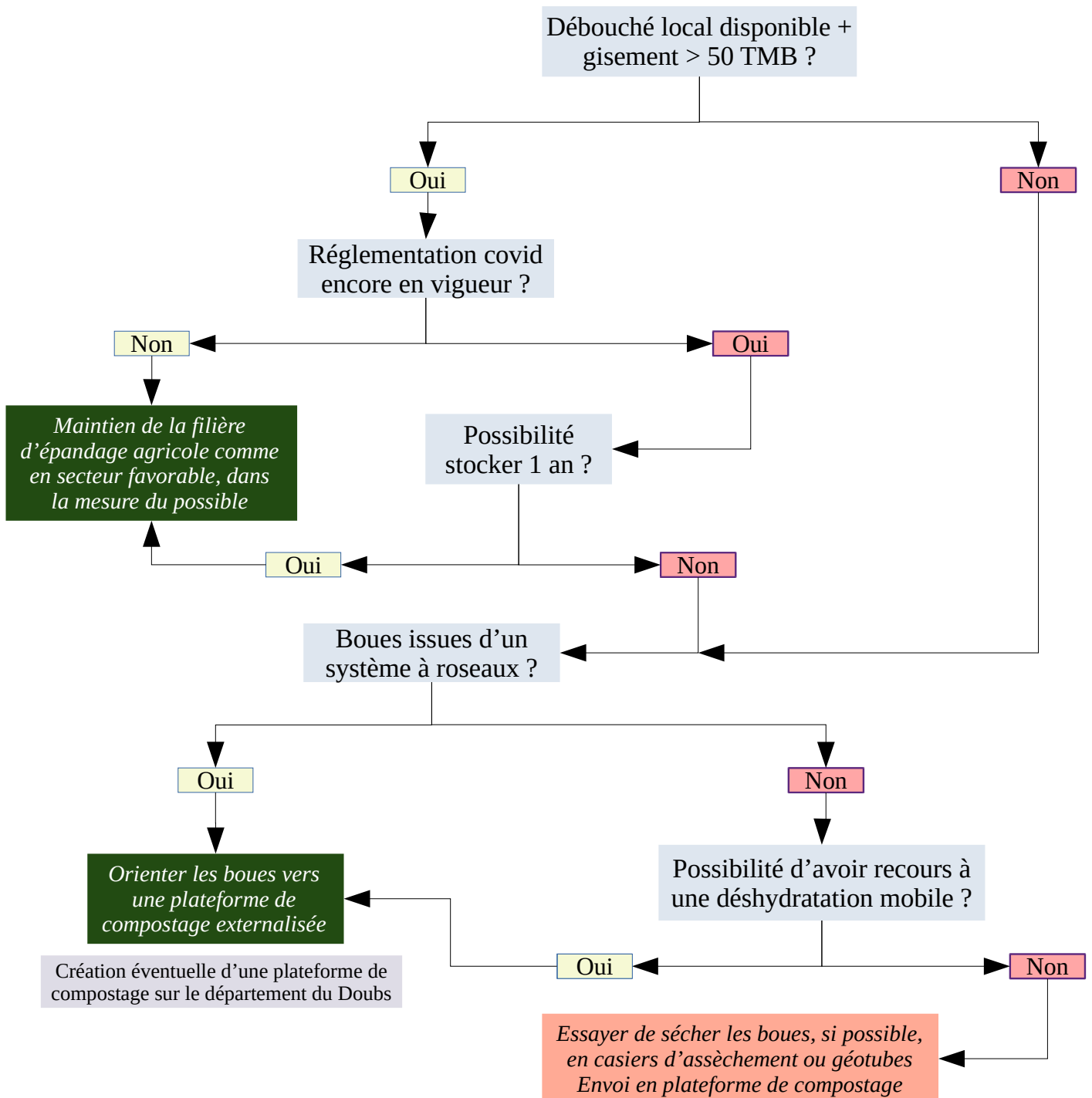


Figure 24 : Arbre de décision pour la gestion des boues ponctuelles en secteur difficile

En dépit du fait que l'on se situe en zone « *tendue* », il convient de vérifier la présence ou l'absence de débouchés agricoles. En effet, le travail cartographique réalisé (annexes 13 et 14) montre qu'il reste tout de même quelques surfaces éligibles aux épandages, même en secteur *tendu*. Simplement, il ne sera pas possible de valoriser par épandage direct la totalité des gisements, boues récurrentes et ponctuelles confondues.

L'envoi des boues de systèmes à roseaux (FPR et LSPR) en plateforme de compostage implique un surcoût mais ne représente pas une difficulté technique importante. C'est différent pour les systèmes de lagunage : si la déshydratation mécanique mobile est une solution, elle n'est pas faisable partout (place disponible...) et elle est coûteuse.

Pour ces raisons, il convient d'étudier de manière approfondie la réalité des débouchés agricoles et du contexte réglementaire au moment où le curage est nécessaire.

Remarques :

- Le lagunage d'Arc Sous Montenot ne représente pas une inquiétude du fait de la proximité immédiate de débouchés (sur la commune même et sur le territoire limitrophe de la CCLL, secteur favorable).
- Celui de Laviron présente un peu plus de difficultés. Les débouchés potentiels se trouvent, selon l'étude cartographique, sur le territoire de la CCPSB, dans un rayon de 15 km.
- Le système de lagunage d'Athose et Chasnans est celui qui, à priori, peut poser le plus de difficultés du fait de la rareté et de l'éloignement des débouchés agricoles.

VI Opportunité de création d'un outil commun de traitement des boues dans le Haut-Doubs

Comme expliqué dans les chapitres précédents, la création d'un outil commun de traitement des boues tel qu'une plateforme de compostage dans le Doubs semble une solution à envisager prioritairement du fait de la quasi-saturation des centres existants (situés hors département du Doubs) à craindre à moyen terme, de la raréfaction des débouchés agricoles pressentie au niveau du secteur « tendu », et surtout de la forte augmentation de la production de boues attendue dans les prochaines années.

Remarque : le Plan Régional de Prévention et de Gestion des Déchets incite à une gestion des déchets à l'échelle départementale avant d'envisager leur exportation vers les territoires voisins. Pour une installation de traitement existante, la priorité sera ainsi donnée aux déchets produits les plus proches en cas d'arbitrage. La création d'une installation de traitement dans le Doubs constitue donc un enjeu important pour le département.

Les solutions alternatives à l'épandage de boues dans le Haut-Doubs sont les suivantes :

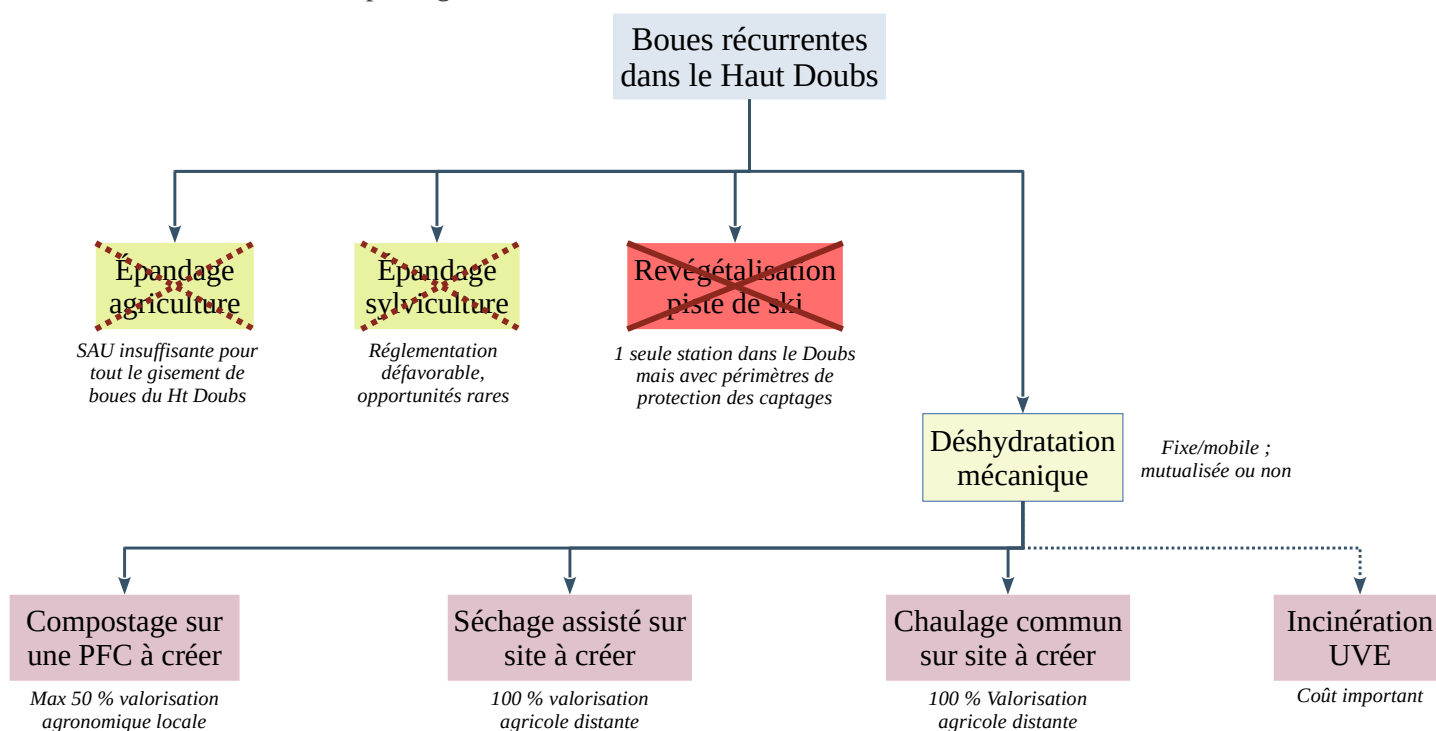


Figure 25 : Schéma des solutions alternatives à l'épandage de boues brutes étudiées dans le cadre de la phase 2

Les techniques de traitement par compostage, séchage, chaulage et incinération ont été présentées au cours de la phase 1.

VI.1 Faisabilité de la création d'une plate forme de compostage dans le Haut-Doubs

VI.1.a Contexte local et historique

Il convient de rappeler, en préambule, le contexte local qui pourrait avoir une action, positive ou négative, sur un projet de plateforme de compostage.

En effet, si le territoire du département du Doubs n'abrite aucun site de compostage de boues, il y a eu des tentatives de création qui ne se sont pas concrétisées :

| Projet | Territoire EPCI | Porteur | Problèmes relevés |
|-----------------------|-----------------|----------------------|---|
| Villers-sous-Montrond | CC Loue Lison | Collet Environnement | Fonctionnement sans autorisation Écoulements illicites Mauvaises odeurs |
| Feschés-le-Châtel | PMA | PMA | Mauvaises odeurs Mauvais fonctionnement |

Tableau 25 : Tentatives de création de plateformes de compostage dans le département du Doubs

Il ne faut pas s'attarder sur le projet de Villers-sous-Montrond car celui-ci ne disposait pas de toutes les autorisations nécessaires en temps voulu. Si le projet n'était pas légitime sur le plan administratif, il n'y a pas lieu de penser que sa conception et son exploitation ne répondaient pas aux « règles de l'art ».

En revanche, le projet avorté de Feschés-le-Châtel a été stoppé alors qu'il disposait des autorisations nécessaires et qu'il était porté par la collectivité directement. La responsabilité la société Hantsch (constructeur) a été écartée. Les causes profondes des dysfonctionnements ne sont pas connues. Néanmoins, ce qui apparaît en « filigrane » au niveau des coupures de presse consultées, c'est l'incompatibilité de l'activité (type industrielle compte tenu de sa taille) avec le site naturel de la forêt des Landes (nom de la forêt). D'ailleurs, l'association qui a eu raison de ce projet se nomme « Le Poumon Vert », traduisant l'attachement de la population à sa forêt. Cela est confirmé par la réticence exprimée par une partie de la population vis à vis de l'attribution du site à la communauté Emmaüs, pour une activité qui ne générera ni odeurs, ni mouches.

Nous en tirons l'enseignement que les chances de réussite du projet sont plus réduites en cas d'incompatibilité d'usages du projet et du site sur lequel il est envisagé.

VI.1.b Localisation potentielle

Bien que cette étude n'ait pas pour objet d'identifier un site de compostage en particulier, il convient de mettre en perspective les informations accumulées afin d'apporter aux parties prenantes une aide à la décision sur le choix d'un secteur d'implantation adapté à la situation.

La carte présentée en annexe 16 confronte les gisements de boues, de déchets verts (au travers de la localisation des déchetteries) et les débouchés agronomiques potentiels avec les voies de circulation routière.

On peut raisonner la localisation théorique « idéale » de la plateforme de compostage, sur la base de critères objectifs :

- De proximité avec les boues en secteur « tendu » ;
- De proximité avec les débouchés agronomiques potentiels car nous rappelons que l'interdiction à venir de l'épandage de boues sur parcelles en AOP Comté concerne également le compost de boues, y compris celui normé NFU ;
- De proximité géographique avec les gisements de déchets verts ;
- De proximité avec les principales voies de communication routière (car les boues, les déchets verts et le compost sont transportés en camions poids lourds) ;
- D'éloignement des grands centres urbains.

Par ailleurs, au-dessus de ces considérations, s'appliquent les critères habituels :

- Réglementaires (réglementation ICPE) vis à vis de l'éloignement aux habitations, cours d'eau, plans d'eau, etc ;
- D'exploitation par rapport aux possibilités de raccordements électriques, d'approvisionnement en eau et de traitement des jus en STEP par exemple ;
- De confort et d'esthétique pour réduire les nuisances potentielles (olfactives, sonores et visuelles) liées à la pratique du compostage ;
- ... et de disponibilité foncière, ce paramètre étant généralement le plus bloquant pour les projets de ce type.

Compte tenu de ces éléments et de la situation du département du Doubs, il semble pertinent de positionner la plateforme au centre-ouest du secteur « tendu », pour les raisons suivantes :

- Sur le plan du bilan carbone, il est préférable de transporter du compost (taux d'humidité inférieur à 50%) que des boues pâteuses (taux d'humidité de 80 % en moyenne) ;

- Les EPCI situés dans la zone « favorable » aux épandages de boues ne semblent pas éprouver de difficulté pour l'écoulement de leurs boues. Elles font appel à la filière compostage ponctuellement, soit du fait de la réglementation covid, soit pour des raisons d'impossibilité d'épandage en périodes climatique et culturale défavorables. Lorsqu'elles orientent leurs boues en plateforme de compostage externalisée, les unités qui existent actuellement se trouvent plus proches des STEP du secteur « favorable » que celles du secteur « tendu » ;

- Le compost NFU ne pourra certes pas être valorisé sur des parcelles en AOP Comté, mais le taux d'acceptation du compost est bien plus élevé que celui des boues brutes, du fait de l'image noble qu'il véhicule et surtout de la facilité de valorisation hors cadre de plan d'épandage. Ainsi, le compost pourra être écoulé partiellement en zone tendue, sans que cela rentre en concurrence avec les boues brutes, les deux matières étant complémentaires sur le plan agronomique. De plus, le compost NFU peut être valorisé de diverses manières autres que l'épandage agricole du fait de la souplesse réglementaire (terre amendée, particuliers ...) ;

- Du fait de l'éloignement de l'installation à créer, le compost ne rentrera pas ou peu en concurrence avec celui produit par les plateformes existantes ;

- Les projets de déshydratation collective d'Orchamps-Vennes, Maîche, Morteau, Rivière Drugeon et Longevilles- Mont d'Or font que les gisements de boues pâteuses du secteur tendu seront nettement plus importants qu'actuellement. De plus, seules 2 STEP de ce secteur disposent d'une installation de chaulage actuellement, leur permettant de valoriser les boues par épandage en période covid.

VI.1.c Dimensionnement de la plateforme de compostage

L'extrapolation de la production de boues a été faite dans le cadre de la phase 1. Le tableau suivant reprend les productions de boues récurrentes estimées pour les EPCI situées au niveau du secteur *tendu* et les compare aux débouchés agricoles potentiels évalués dans le cadre de cette phase d'étude :

| Gisement de boues en 2035 le secteur <i>tendu</i> | | | | |
|---|------------------------------|----------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| EPCI | Production totale 2035 (TMS) | Débouchés potentiels (TMS) | Gisement potentiel non valorisé (TMS) | Gisement potentiel non valorisé (TMB) |
| CCA800 | 255 | 108 | 147 | 735 |
| CCVM | 514 | 45 | 469 | 2 345 |
| CCFD | 175 | 45 | 130 | 650 |
| CCGP | 1 314 | 39 | 1 275 | 6 375 |
| CCLMHD | 615 | 89 | 526 | 2 630 |
| CC Montbenoit | 179 | 43 | 136 | 680 |
| CCPM | 456 | 157 | 299 | 1 495 |
| CCPR | 158 | 48 | 110 | 550 |
| CCPHD | 1 073 | 234 | 839 | 4 195 |
| TOTAL | 4 739 | 808 | 3 931 | 19 655 |

Tableau 26 : Gisement de boues en 2035 sur le secteur *difficile*

Même sans considérer les gisements de boues ponctuelles, le gisement ne pouvant être valorisé par épandage local par défaut de surfaces agricoles éligibles est évalué à près de 20 000 TMB/an (pratiquement 4 000 TMS). Ceci est à mettre en perspective avec le gisement de boues orienté en plateforme de compostage à l'échelle de tout le département du Doubs en 2020 : 3 000 TMS (environ 15 000 TMB). La production de boues, ne pouvant être valorisée par épandage direct, sur le secteur tendu dépassera en 2035 le gisement de boues orienté en PFC par l'ensemble des STEP du département du Doubs au cours de la période covid (période qui a beaucoup sollicité les PFC externalisées).

Néanmoins, il s'avère que les plateformes de compostage externalisées et existantes sont susceptibles d'accepter davantage de boues qu'actuellement. De fait, le gisement « disponible » de boues pâteuses devrait avoisiner 10 000 TMB/an selon la phase 1, si toutefois cette marge de manœuvre n'est consacrée qu'aux boues du département du Doubs.

Ce gisement ne concerne que les boues produites au niveau du secteur *tendu*. Or, le compostage externalisé est une filière aussi exploitée sur le secteur *favorable*.

Il n'est évidemment pas question de limiter, dans le cadre de cette étude, un rayon de chalandise au projet de plateforme de compostage et cela pour les raisons suivantes :

- D'une part le compost produit sera en grande partie valorisé en secteur favorable ;
- D'autre part le pouvoir réglementaire de limiter les flux de déchets appartient au Préfet (autorisations ICPE) ;
- Surtout, la régulation se fera d'elle même : les EPCI situés en zone favorable aux épandages de boues brutes cherchant, logiquement, à favoriser la filière la moins onéreuse, donc l'épandage direct.

De plus, pour les collectivités de la zone favorable, la proximité géographique des plateformes externalisées situées en dehors du Doubs sera sans doute attractive pour elles sur le plan tarifaire.

Nous proposons donc de baser, dans un premier temps, le dimensionnement du scénario de compostage sur un gisement de boues de 10 000 TMB/an. Néanmoins, il faut garder à l'esprit qu'il existe un risque de sous-évaluation du besoin, car nous ne maîtrisons pas l'évolution de la situation dans les territoires voisins, et notamment l'augmentation de la production de boues. Pour cette raison, **l'installation de traitement devra être évolutive**.

VI.1.d Disponibilité des déchets verts

Il convient de dimensionner l'équipement sur la base d'un gisement de boues potentiel raisonnable, tout en envisageant son évolutivité pour tenir compte de l'augmentation de la production de boues et des éventuels changements de flux vers les PFC existantes.

Il convient également de tenir compte de la concurrence entre les plateformes de compostage déchets verts et biodéchets vis à vis de l'approvisionnement en co-produits structurants. Pour l'heure, il n'existe pas de plateforme de compostage de biodéchets dans le Doubs. Seules 3 plateformes de compostage de déchets verts existent actuellement sur le territoire du département du Doubs :

| Plateformes de compostage existantes dans le Doubs (déchets verts uniquement) | | | |
|--|-----------------|------------------|-------------|
| Site | Territoire EPCI | Maître d'ouvrage | Capacité |
| Pontarlier | CCGP | PREVAL | 5 000 T/an |
| Vieux Charmont | PMA | PMA | 7 500 T/an |
| Roche-lez-Beaupre | GBM | Compo France | 30 000 T/an |

Tableau 27 : Plateforme de compostage de déchets verts existantes dans le Doubs

Actuellement, le département du Doubs dispose d'une capacité de traitement de 42 500 T/an de déchets verts.

La gestion des déchets verts en bas de quai de déchetterie est assurée par les 4 collectivités suivantes :

| Syndicat | Nombre déchetteries | Production de DV (T/an) | Gestion des DV |
|-------------------|---------------------|-------------------------|---|
| SYTEVOM Hte Saône | 6 dans le Doubs | 2 400 | PFC en Hte Saône |
| PMA | 6 | 8 160 | PFC PMA |
| SYBERT | 16 | 18 800 | PFC + valorisation agricole |
| PREVAL | 14 | 10 640 | PFC (17%) + valorisation agricole (83%) |
| TOTAL | 42 | 40 000 | |

Tableau 28 : EPCI compétents pour la collecte des déchets verts

Les syndicats SYBERT et PREVAL ont mis en place des filières vertueuses pour la gestion des déchets verts en circuits courts. Les déchets verts sont broyés et criblés puis livrés aux agriculteurs pour un co-compostage fumier/déchets verts en bord de champ permettant d'obtenir un produit de qualité. Contrairement aux boues, le département du Doubs est autonome pour les déchets verts, avec des débouchés considérés comme pérennes, de sorte que les gisements de déchets verts ne sont pas « librement détournables » au profit d'une unité de compostage de boues.

La disponibilité des déchets verts dans le cadre d'un projet est donc à vérifier impérativement. Quelques premiers contacts ont été pris avec les collectivités suivantes :

- PREVAL : il est en théorie envisageable de « réserver » une partie du gisement de déchets verts pour un projet de compostage ; mais sur le plan quantitatif, cela doit être étudié finement vis à vis des engagements pris auprès des agriculteurs partenaires ;
- PMA : la déchetterie la plus proche du PREVAL est celle de Pont-de-Roide. Elle permet la collecte d'environ 800 T/an de déchets verts. Transporter les déchets verts de Pont-de-Roide vers la plateforme de broyage et de compostage du projet représenterait un surcoût pour PMA qui devrait être répercuté au porteur de projet du compostage ;
- SYBERT : sur le plan technique, le SYBERT est intéressé par la perspective de diversifier les débouchés pour ses déchets verts produits pas les 2 déchetteries les plus proches du PREVAL.

Par ailleurs, comme indiqué en phase 1 de cette étude, le traitement des déchets verts alloués aux plateformes de compostage de boues est restreint par la loi du 30 janvier 2020 relative à la lutte contre le gaspillage alimentaire et à l'économie circulaire.

Le projet de décret initial prévoyait en effet une limitation de l'utilisation de déchets verts employés comme structurant pour le compostage de boues à 30 % de la masse de boues à partir de 2027. La limitation de l'emploi de déchets verts en plateforme de compostage de boues avait pour objectif de réserver les déchets verts pour le compostage des biodéchets en vue de la mise en application de la Loi de Transition Énergétique pour une Croissance Verte qui impose l'obligation du tri à la source, donc à défaut de compostage individuel, la collecte séparative des biodéchets.

En ce qui concerne le compostage des boues, le projet de décret a été modifié et ne présente presque plus de contrainte d'alimentation en déchets verts. Le taux limite est passé de 45 à 80 % à partir de 2024. Pour la suite, l'ADEME remettra un rapport sur la disponibilité des déchets verts pour du compostage de biodéchets, à la suite de quoi les ratios imposés pourront être modifiés.

Pour traiter 10 000 TMB de boues, il serait nécessaire de sécuriser environ 5 000 TMB de déchets verts.

À l'heure actuelle, il n'existe pas de co-produit structurant de qualité et disponible sur le territoire en quantité permettant de remplacer les déchets verts.

Les déchets verts produits par les entreprises d'élagage ne sont pas très importants et surtout, ils ne peuvent être garantis.

VI.1.e Montage d'un projet

Un projet de création d'une plateforme de compostage sur le département du Doubs serait clairement structurant. Il ne ferait pas de concurrence à une autre plateforme de compostage privée puisqu'il n'en existe aucune sur le territoire. De plus, celles qui se trouvent en dehors du département du Doubs sont pratiquement saturées. L'augmentation prévisionnelle de leur capacité de traitement couvrira à peine l'augmentation prévisionnelle de la production de boues.

Enfin, ce projet répondrait efficacement à une problématique qui impactera une grande partie du département : l'interdiction programmée des épandages de boues sur parcelles en AOP Comté, générant donc une concurrence accrue pour accéder aux débouchés agricoles ailleurs.

Justifiée par l'intérêt général, un tel projet de plateforme de compostage pourrait être porté par la force publique, quitte à ce qu'elle soit, une fois construite, exploitée par une entreprise privée, dans le cadre d'une prestation de services par exemple.

Le Partenariat Public Privé est une formule envisageable également.

Compte tenu de l'importance stratégique et structurante que revêt ce type de projet, une collectivité aurait probablement plus de chances d'aboutir qu'une entreprise privée (sinon, la plateforme existerait sans doute déjà), du fait d'une difficulté essentielle : celle de disposer de l'emprise foncière nécessaire (idéalement 2 ha) sur la zone d'implantation optimale, surtout en zone Comté à forte valeur ajoutée.

Partant de ce postulat, quelle formule serait la plus adaptée ?

| Structure porteuse | Conséquences | Avantages | Inconvénients |
|---|---|--|---|
| EPCI sur le territoire duquel la PFC est créée | Le projet est porté par un EPCI qui s'assure de l'approvisionnement futur de boues par contractualisation avec les EPCI intéressés par le projet | l'EPCI est maître de l'outil créé sur son territoire ce qui offre une légitimité supplémentaire | L'investissement, lourd, est porté par une seule structure. En contexte d'augmentation forte des taux d'intérêt, cela peut remettre en cause la faisabilité du projet |
| Groupement d'EPCI qui souhaitent s'associer au projet | Le projet est soutenu par une structure porteuse qui rassemble les collectivités intéressées par le projet | Les investissements peuvent être partagés. Les financements seront bonifiés du fait du caractère structurant du projet | La clé de répartition des investissements entre EPCI peut être complexe, surtout dans une période de prise de compétence dans le cadre de la loi NOTr |
| PREVAL | Le syndicat est déjà compétent pour le traitement des déchets ce qui a du sens par rapport au projet | Les investissements peuvent être partagés. Les financements seront bonifiés du fait du caractère structurant du projet | |
| Département du Doubs | Le Département du Doubs ne dispose pas de compétences dans ce domaine mais peut éventuellement avec l'Agence de l'Eau, contribuer au financement d'un projet structurant tel que définit dans le cadre de cette étude | | |

Tableau 29 : Différentes formules possibles pour le montage d'un projet de compostage de boues

VI.2 Faisabilité du séchage des boues du Haut-Doubs, assisté par de la chaleur fatale

VI.2.a Technologies

Le séchage mutualisé, des boues pâteuses du Haut-Doubs peut s'envisager de différentes manières :

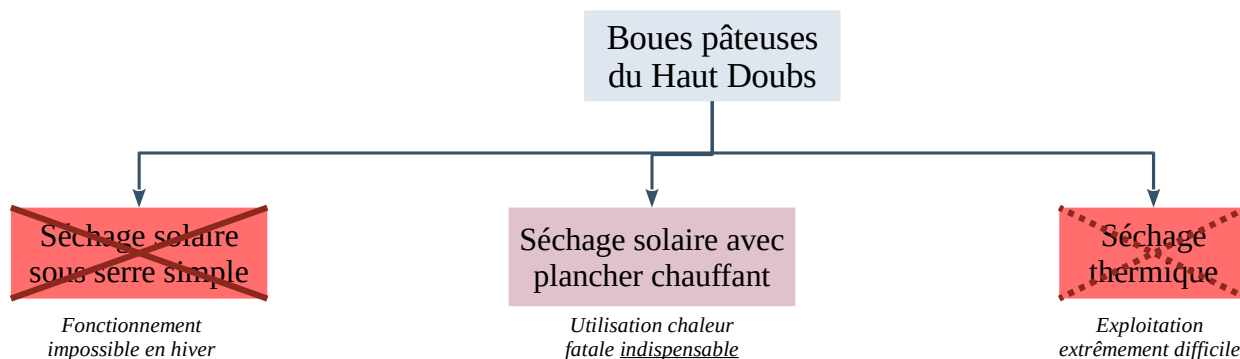


Figure 26 : Techniques de séchage mutualisé de boues dans le Haut-Doubs

Le séchage solaire sous serre simple, c'est à dire sans contribution d'un plancher chauffant, est impossible sur le secteur du Haut-Doubs, compte tenu du climat. Le retour d'expérience de la STEP « Doubs » de Pontarlier le confirme. Les serres solaires qui y étaient installées ont été démantelées car les boues « gelaient » à l'intérieur en hiver, provoquant de fortes nuisances olfactives et l'impossibilité d'exploiter d'emblée cet outil.

Le séchage thermique pourrait lui aussi être écarté du fait de l'extrême complexité d'exploitation de ce type d'unités, qui plus est lorsqu'on doit traiter des boues « hétérogènes » (puisqu'issues de différentes origines).

Il est donc préférable d'envisager le séchage des boues par voie solaire avec l'usage d'un plancher chauffant efficace. Ajoutons à cela que les technologies par « pont retourneur » sont celles qui offrent le plus de satisfaction aux exploitants (résultats et confort d'exploitation). Enfin, l'alimentation de serres en boues ne devra pas se faire par pompe gaveuse car la compression des boues implique une plus grande difficulté de « désagrégation » et de séchage.

Compte tenu du contexte actuel de crise énergétique et surtout par mesure de bon sens, la chaleur ne saurait provenir d'une autre source qu'une source renouvelable ou de récupération et bon marché.

En ce sens, la chaleur fatale d'une UVE nous paraît être la meilleure des opportunités. Il n'existe qu'une seule UVE dans le Haut-Doubs, il s'agit de celle de Pontarlier, appartenant à PREVAL.

VI.2.b Disponibilité de la chaleur fatale

En termes de dimensionnement, nous nous baserons sur le même tonnage à traiter que celui présenté pour le projet de plateforme de compostage, c'est à dire 10 000 TMB/an.

Le dimensionnement des serres et le besoin en énergie doivent faire l'objet d'une étude spécifique et basée sur les niveaux d'ensoleillement et température du site retenu.

Néanmoins, il convient de disposer d'une valeur guide, même très approximative afin d'écarter ce scénario en cas de large insuffisance de chaleur fatale.

Nous nous baserons pour cela sur une dizaine d'unités de serres solaires de 600 m² par serre chacune consommant 780 000 kWh/an d'énergie, dont une partie est fournie par le soleil. En pures hypothèses arbitraires (mais probablement sécuritaires), nous partirons sur les hypothèses de rayonnement solaire suivantes :

- Été : 3/4 du besoin
- Printemps/automne : 1/3 du besoin
- Hiver : 1/5ème du besoin

Le besoin en énergie extérieure aurait le profil suivant :

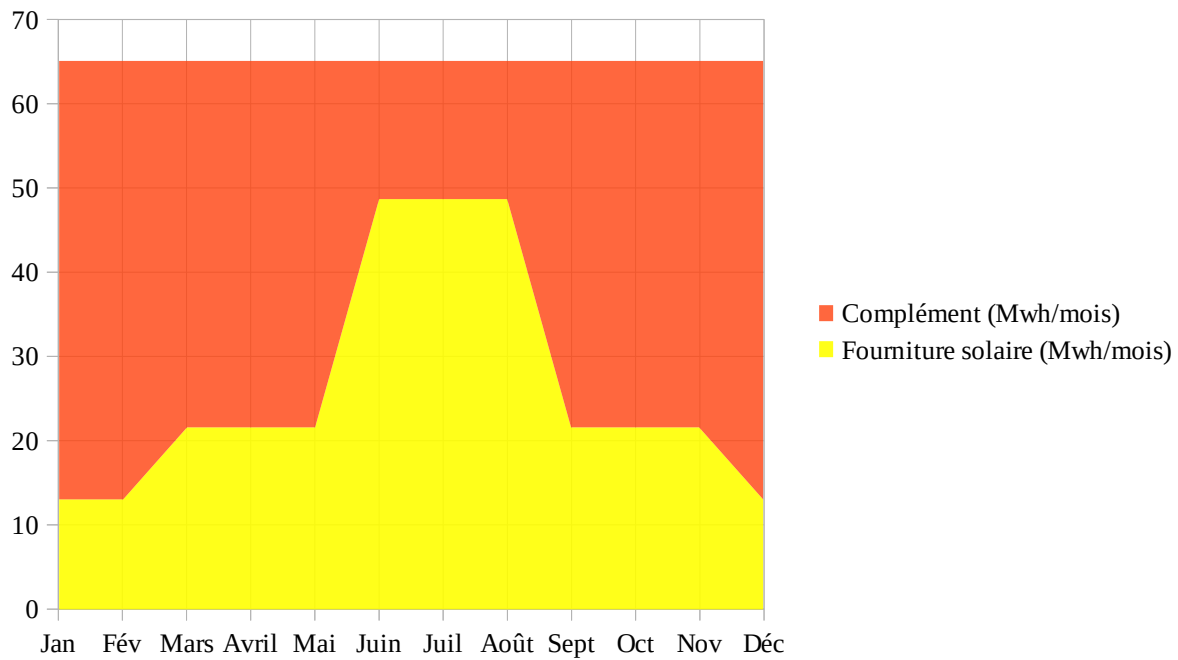


Figure 27 : Besoin en énergie extérieure (chaleur fatale)

La saisonnalité est primordiale dans le cadre du projet car il faut savoir que le PREVAL commercialise la chaleur fatale de l'UVE via un réseau de chaleur la distribuant à des immeubles d'habitation et des bâtiments tertiaires. L'essentiel de la chaleur excédentaire est produite pendant la période estivale (elle n'est pas ou peu valorisée en fait).

À l'inverse, le séchage solaire des boues nécessiterait une très grosse contribution de l'UVE pendant la saison hivernale (environ 150 MWh sur une durée de 3 mois !), saison au cours de laquelle il y a très peu de disponibilité.

On constate donc que la faisabilité du projet est remise en cause par la non concordance entre la disponibilité énergétique et la saisonnalité du besoin.

VI.3 Faisabilité d'un outil de chaulage commun des boues pâteuses du Haut-Doubs

L'idée de ce scénario est d'envisager de rassembler les boues pâteuses récurrentes au sein d'une plateforme de chaulage « industrielle » commune, complétée par un stockage des boues pâteuses chaulées, lui aussi commun. Une fois hygiénisées, les boues seront aptes à leur transport en vue d'une valorisation extérieure par épandage agricole.

Le schéma de principe de ce scénario est le suivant :

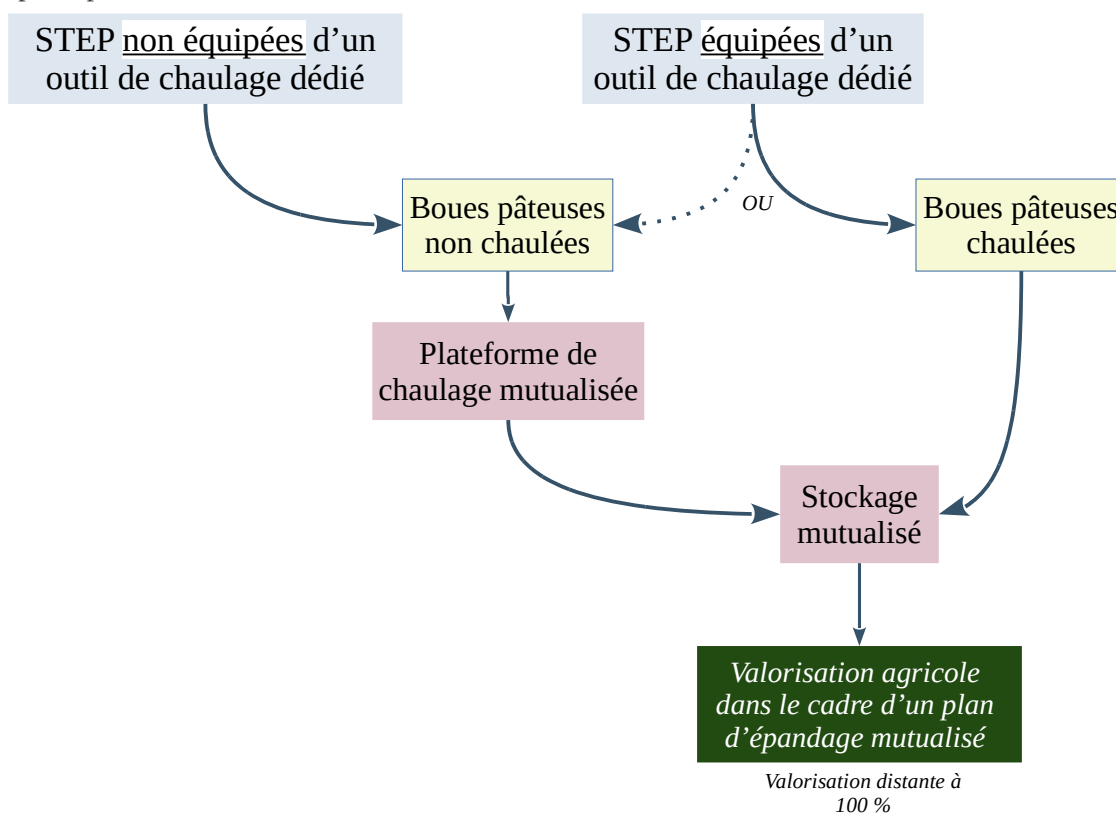


Figure 28 : Faisabilité de la création d'un outil de chaulage commun des boues pâteuses du Haut-Doubs

Il n'existe pas, à notre connaissance, de telle installation (plateforme de chaulage mutualisée) en activité en France. Dans la totalité des cas de chaulage de boues que nous connaissons (hors cadre période covid), l'unité de chaulage est dédiée à la STEP à laquelle elle est rattachée.

Il est facile d'expliquer l'absence de plateformes de chaulage mutualisée par les raisons suivantes :

- Jusqu'à une période récente (février 2021), il était interdit de mélanger les boues avant épandage, hors cadre de plateforme de compostage ICPE. Ainsi, sauf après obtention d'une dérogation préfectorale, il n'était pas possible d'envisager la valorisation agricole de boues de diverses origines par épandage, dans le cadre d'un plan d'épandage unique. Le décret n°2021-147 du 11 février 2021 a fait « sauter » un verrou aussi vieux que la réglementation sur les épandages elle-même. Le décret modifie l'article R211-29 du Code de l'Environnement en autorisant désormais très clairement le mélange de boues dans des unités d'entreposage ou de traitement communes ;

- Jusqu'à la période covid, l'hygiénisation des boues n'était pas obligatoire. L'épandage de boues chaulées est plus coûteux que l'épandage de boues brutes. Le chaulage n'était donc, jusqu'à une période récente, envisagé par les maîtres d'ouvrage que dans le but de détruire les odeurs.

- Sur le plan agronomique strict, le chaulage des boues se défend surtout lorsque les boues sont épandues sur des terrains acides.

Dans le cas présent, nous sommes toujours, au moment de la rédaction de ces lignes :

- Soumis à la réglementation covid avec l'obligation d'hygiéniser les boues avant épandage ;
- Autorisés à mélanger les boues grâce au décret du 11 février 2021 ;
- Avec un contexte où les sols du secteur montrent une tendance acide.

Ainsi, le contexte actuel est désormais favorable à la création d'une plateforme de chaulage commune, avec gestion des boues chaulées dans le cadre d'un plan d'épandage commun.

La plus-value d'une telle unité est dans la recherche d'économies d'échelles et la simplification des démarches administratives, donc la recherche d'économies. Le regroupement des boues permettrait également de faciliter leur traçabilité et d'asseoir leur gestion.

Remarque : c'est ainsi que PMA envisage une gestion commune de ses boues (y compris éventuellement celles de Pont de Roide) dans le cadre d'un plan d'épandage commun, après chaulage/stockage au sein d'une installation mutualisée. Ce projet permettra de faciliter la gestion du plan d'épandage qui donne satisfaction aux parties prenantes et le pérennisera grâce à la stabilisation des boues.

Dans le cas des boues pâteuses du Haut-Doubs, la création d'une plateforme de chaulage mutualisée ne sera pas pour autant une condition suffisante pour faire émerger de nouveaux débouchés agronomiques. Dans les faits, 100 % (ou quasiment) des boues chaulées devront être valorisées en dehors du territoire « *tendu* ». Probablement même en dehors du département du Doubs.

Sur le plan du bilan carbone, cette solution serait finalement comparable à un envoi en plateforme de compostage externalisée, peut être même moins favorable du fait de l'approvisionnement en chaux.

Surtout, l'export massif des boues du Haut-Doubs viendrait en concurrence avec les plans d'épandage des boues du secteur dit « favorable » aux épandages, notamment les plans d'épandage de PMA et de GBM, ce qui pourrait les fragiliser.

À l'heure actuelle cette solution ne nous paraît pas judicieuse. Néanmoins, la situation n'est pas figée. Nous savons que les ressources minérales fossiles en matières fertilisantes se réduisent et tendent vers un épuisement inéluctable concernant les engrais phosphorés. Actuellement, le coût des matières azotées s'envole du fait de l'augmentation du prix des énergies.

Ces éléments sont de nature à modifier l'équilibre existant, voire même à remettre en question la souveraineté alimentaire de la France et pousser vers un renforcement de la filière d'épandage des boues.

Pour le moment et compte tenu des raisons évoquées (concurrence avec les filières établies...), la création d'une plateforme de chaulage mutualisée ne semble pas pertinente sur le secteur du Haut-Doubs.

VI.4 Faisabilité de la valorisation calorifique des boues du Haut-Doubs

Ce scénario est à priori alternatif aux deux autres, dans le sens où la valorisation calorifique (voire même la simple élimination en fonction du PCI des boues pâteuses) se place après la valorisation agronomique dans la hiérarchie des modes de traitement/valorisation des déchets telle que présentée dans l'article L541-1 du Code de l'Environnement : Après les démarches de prévention, de réduction et de réemploi doivent en effet venir celles de recyclage [agronomique] puis de valorisation énergétique.

Ainsi, dans le cas où les scénarios présentés dans ce document ne pourraient être retenus pour des questions techniques ou financières, la valorisation énergétique pourrait être une alternative provisoire ou permanente (si les conditions ne s'améliorent pas).

Le schéma conceptuel de ce scénario est le suivant :

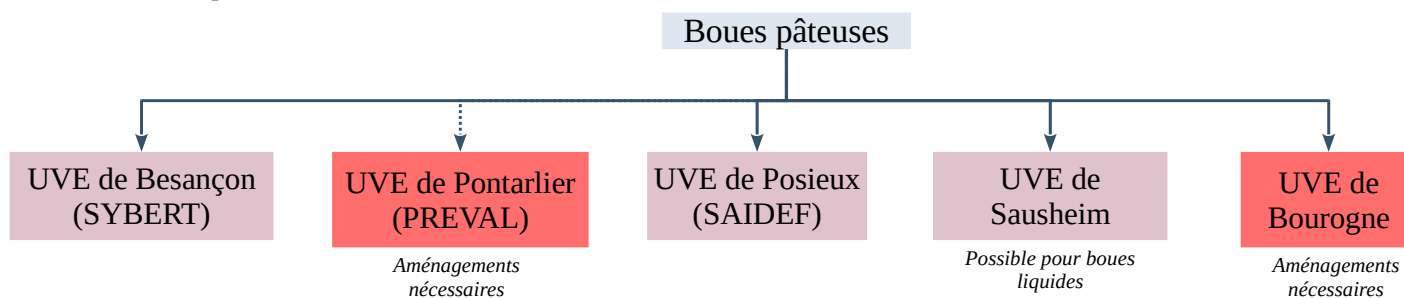


Figure 29 : Différentes possibilités de valorisation calorifique des boues du Haut-Doubs

Les conditions d'acceptation des boues des UVE sont présentées au chapitre V.5.

Le coût d'acceptation (délibération des élus du SYBERT) des boues par l'OVE de Besançon est de 67,7 € HT/TMB en 2022.

VII Actions transversales

VII.1 Principe

En plus des actions individuelles ou mutualisées à plusieurs STEP (épaississement, déshydratation mécanique, plateforme de compostage, serre de séchage solaire, chaulage, ...), il convient de mettre en place en complément des actions transversales pour accompagner les actions, les faire accepter et les pérenniser.

VII.2 Structuration de la communication

L'épandage des boues souffre indéniablement de leur image, encore aujourd'hui peu flatteuse. L'absence d'épandage de boues ou de compost de boues constitue même un argument de vente, présenté comme un gage de qualité, surfant sur le rejet supposé de la population à consommer des produits ayant un lien avec des sols qui ont reçu des boues (exemples de Lu, Agriculture Biologique, certains fromages).

Bien évidemment, la réalité est totalement différente. La crise actuelle que nous traversons permet de prendre conscience que la France n'est pas autosuffisante sur le plan alimentaire (pénuries d'huiles, de moutardes etc.) et encore moins énergétique. Le grand public découvre également qu'une bonne partie de l'inflation qui touche les produits alimentaires provient du coût des intrants, dont certains, comme les produits contenant du phosphore, sont issus de ressources fossiles.

Enfin, l'explosion du coût de la gestion des boues, du fait notamment des restrictions covid, et plus localement dans le Doubs du fait de la remise en question de l'épandage, affectera le prix de l'eau et touchera directement le pouvoir d'achat des ménages concernés.

Ainsi, le besoin de communication n'a jamais été aussi important qu'aujourd'hui. La filière d'épandage n'est certes pas parfaite, mais il convient de montrer en toute transparence les efforts qui sont consacrés par les collectivités pour son amélioration continue.

Plusieurs axes de travail sont possibles :

- Soutien de la communication par un organisme tiers comme l'ASCOMADE ;
- Communication généraliste sur les médias traditionnels (presse locale/régionale) ;
- Communication ciblée sur les réseaux sociaux ;
- Réunions publiques.

VII.2.a Soutien de la communication par l'ASCOMADE

L'ASCOMADE (Association des Collectivités pour la Maîtrise des Déchets et de l'Environnement) est une association loi 1901, composée exclusivement de collectivités en charge de la gestion des déchets, de l'eau et/ou de l'assainissement.



LE RÉSEAU DES
COLLECTIVITÉS
POUR LA GESTION DES
DÉCHETS & DE L'EAU

Depuis 30 ans, l'ASCOMADE accompagne les collectivités, en menant notamment une veille technique et juridique sur les problématiques liées à leurs compétences. Sa mission est de faciliter les échanges de connaissances, de savoir-faire et le partage d'expériences pour permettre à chaque collectivité de gagner en efficacité.

Historiquement franc-comtoise, l'association s'est ouverte aux autres territoires et poursuit sa dynamique de développement vers le Nord-Est.

Au niveau du département du Doubs, les collectivités suivantes sont adhérentes :

| Organismes ayant adhéré pour la compétence assainissement (au moins) |
|--|
| Grand Besançon Métropole |
| CC des deux Vallées Vertes |
| CC des Portes de Haut Doubs |
| CC du Doubs Baumoises |
| CC du Grand Pontarlier |
| CC du Pays de Maîche |
| CC du Pays de Sancey-Belleherbe |
| CC du Plateau de Frasne et du Val du Drugeon |
| CC du Plateau de Russey |
| CC du Val de Morteau |
| Pays de Montbéliard Agglomération |

Tableau 30 : Collectivités ayant adhéré pour la compétence assainissement (au moins) au sein de l'ASCOMADE

Notons à ce niveau que le SYBERT et PREVAL Haut-Doubs adhèrent à l'ASCOMADE au titre de leur compétence déchets. Ces SMIX gèrent, entre autres, les UVE de Besançon et de Pontarlier qui ont un lien avec cette étude.

La carte en annexe 15 affiche les collectivités qui adhèrent à ASCOMADE au titre de la compétence assainissement. On constate que la grande majorité du département du Doubs bénéficie de l'accompagnement de l'ASCOMADE.

Il en va de même pour le département voisin de Haute-Saône (17 adhérents) qui reçoit des gisements de boues non négligeables depuis le département du Doubs. L'ASCOMADE est également bien présente au niveau des autres départements limitrophes du Doubs (Jura et Territoire-de-Belfort) :

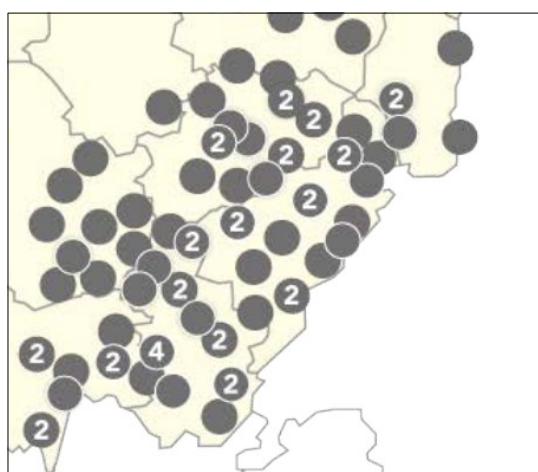


Figure 30 : Localisation des adhérents d'ASCOMADE autour du département du Doubs

La communication ayant pour cibles le grand public et les élus des territoires où les épandages ont lieu, le choix de l'ASCOMADE, organisme bien représenté en Bourgogne-France-Comté, pour porter une communication soutenue semblerait pertinent.

VII.2.b Exemples de supports de communication

Médias d'actualité/presse régionale et locale

La presse régionale/locale (papier et radio) est généralement le vecteur de communication le plus adapté dans une situation pareille, car elle justement ciblée sur la population concernée, selon un spectre plus ou moins large, par les sujets traités. Sa capacité de diffusion reste importante, même si elle est peu à peu remplacée par les réseaux sociaux.

Bien que les sujets abordés ne soient pas spécifiques et qu'ils soient généralement simplifiés (langage vulgarisé pour une meilleure compréhension de chacun), il s'agit d'un vecteur de communication traditionnel qui demeure pertinent.

Réseaux sociaux

Les réseaux sociaux, au premier rang desquels on trouve Facebook, largement implanté au sein de la population 20/50 ans ciblée par le sujet, sont un vecteur de communication désormais puissant.

Les algorithmes et le système de « like » et de « hashtags » permettent, en outre, de cibler précisément la population concernée par le message que l'on souhaite faire passer.

Consciente de cela, la Chambre d'Agriculture de la Lozère, par exemple, a mis en place une action de communication départementale sur Youtube : <https://youtu.be/PnDXzOyZoOs>



L'exemple présenté ci-dessus est intéressant ; il mérite d'être adapté au contexte du Doubs et **surtout mis en perspective avec les sujets d'actualité qui touchent le grand public.**

Observatoires

Naturellement, les actions de communication pourraient être relayées par les observatoires de l'eau et des déchets qui agissent déjà en matière de recyclage des boues de STEP.

Alterre BFC est une association qui coordonne l'Observatoire Régional des Déchets et anime, comme cela a été le cas en octobre 2021, des groupes de travail centrés sur les déchets de l'assainissement, en particulier des boues de STEP et des problématiques de débouchés.

VII.2.c Réunions publiques

Bien que parfois périlleuses, les réunions publiques représentent souvent le meilleur moyen de désamorcer les conflits futurs.

Contrairement aux supports de communication évoqués au chapitre précédent, les réunions publiques offrent la parole à la « partie adverse » qui accepte en contrepartie une réponse. C'est donc un dialogue qui s'instaure. Souvent houleux au départ mais généralement bénéfique au final.

Les réunions publiques sont à prévoir une fois par an ou plus, sur les secteurs qui rencontrent des difficultés.

En matière de dialogue environnemental, FNE BFC par exemple propose un cadre permettant des échanges entre les parties prenantes qui se veulent constructifs (Cf. Programme *Débat Public*).

Remarque : compte tenu de certaines expériences dans le Doubs sur des dossiers conflictuels, l'outil de la réunion publique doit être manié avec précaution. Il est conseillé de se faire accompagner par un professionnel qui saura recentrer les débats, calmer les tempéraments virulents et insuffler de la sérénité.



VII.2.d Contenus et messages à véhiculer

| Thématiques positives | Messages à faire passer |
|--|---|
| Pouvoir d'achat | L'épandage est la solution la plus économique pour les usagers de l'AC Les autres filières représentent un surcoût évalué au chapitre suivant. Par ailleurs, les boues sont gratuites pour les agriculteurs, contrairement aux engrais chimiques dont les coûts ont explosé à la faveur de la crise des matières premières, coûts répercutés directement sur les consommateurs. Indirectement, les boues contribuent à réduire l'inflation à hauteur de plusieurs centaines d'€/ha/an du fait de leur gratuité (contrairement au compost normé) et de la prise en charge des épandages (contrairement au compost normé) |
| Lutte contre le réchauffement climatique | La valorisation agricole par épandage est la filière la moins génératrice de gaz à effets de serre. Elle permet d'économiser la production de CO2 de l'extraction et du transport d'engrais chimiques venant des pays étrangers |
| Économie circulaire | Le coût de la gestion des boues épandues profite prioritairement aux entreprises locales et favorise le tissu économique TPE/PME du territoire |
| Souveraineté alimentaire française | L'alimentation mondiale dépend des ressources en engrais fossiles dont certains sont non renouvelables, contrairement aux boues. Certaines ressources sont presque épuisées (mines à phosphates). Lorsque ce sera le cas (d'ici 30 à 100 ans) le monde connaîtra une crise alimentaire majeure. L'épandage des boues contribuera à réduire ses effets |
| Stockage du carbone | L'épandage de boues brutes ou compostées permet de nourrir les sols en matière organiques stimulant la vie biologique du sol, augmentant la capacité de rétention en eau et la stabilité des sols face aux phénomènes d'érosion |
| Thématiques négatives | Messages à faire passer |
| Odeurs | Les odeurs relèvent d'un inconfort momentané mais ne trahissent absolument pas une éventuelle pollution ou toxicité. Les nuisances olfactives sont de plus en plus réduites par les techniques de traitements mises en œuvre (chaulage, rhizocompostage, lagunage) |
| Teneurs en ETM/CTO | Les boues contiennent des ETM/CTO, tout comme les engrais minéraux, les lisiers, les fumiers etc. Les quantités sont faibles et surveillées. Les maîtres d'ouvrage mènent des actions concrètes pour continuellement améliorer la qualité des boues |
| Micro-organismes | Même en l'absence d'hygiénisation préalable, les micro-organismes contenus dans les boues sont totalement détruits par l'action de ceux présents dans le sol, au même titre qu'un assainissement individuel exploitant le pouvoir épuratoire du sol pour traiter les eaux usées via les rampes d'épandage |
| Produits pharmaceutiques | On en retrouve dans les boues (en quantités faibles néanmoins) mais pas dans les cultures après récolte. Le pouvoir épuratoire du sol mais également l'absorption sélective des racines écarte tout risque. Cela étant, la sobriété dans l'usage des médicaments (dont certains présentent des effets indésirables) doit être la règle |
| Phénomène NIMBY | Les boues sont épandues sur les secteurs où le contexte agricole est favorable à cette pratique. C'est pourquoi certaines boues du Doubs sont épandues en Haute Saône. En retour, les matières de vidange (boues issues des fosses toutes eaux de l'assainissement individuel) de Haute Saône sont traitées, en grande partie, dans les STEP du Doubs. La frontière départementale n'est absolument pas infranchissable, ce qui compte, c'est de rester en circuit-court. |

Tableau 31 : Proposition de contenus et messages à faire passer au sein des supports de communication

VII.3 Charte (inter)départementale des bonnes pratiques

Une charte départementale ou interdépartementale est un outil à disposition des maîtres d'ouvrage souhaitant pérenniser les filières de valorisation des boues et améliorer leur image en allant au-delà de la réglementation.

Par exemple, comme le préconise la CIA 25/90, il peut être proposé d'y intégrer des analyses complémentaires à celles exigées par la réglementation, afin de renforcer la traçabilité des boues et ainsi rassurer leurs utilisateurs.

Une charte interdépartementale est d'application volontaire. Sans animation assidue, elle resterait sans effet.

La charte est un document propre aux acteurs et qui doit être élaboré par ces derniers. Les étapes à mettre en œuvre pour sa construction sont les suivantes :

- Création d'un comité de pilotage ;
- Planning de réalisation ;
- Définition des objectifs à atteindre et du public ciblé ;
- Choix des moyens de diffusion et de la charte graphique ;
- Création des contenus ;
- Processus de partage et de validation ;
- Mise en application ;
- Animation / suivi.

Le plan de communication pourra être adossé sur celui décrit précédemment. La charte graphique est importante. Elle sera à définir en même temps qu'un logo qui permettra d'identifier les boues labellisées par la charte.

VIII Impact des scénarios sur le pouvoir d'achat

Contrairement à une idée reçue, le coût de la gestion des boues représente une proportion majoritaire de la part assainissement de la facture d'eau potable.

En cette période d'érosion du pouvoir d'achat des Français, la perspective d'augmentation du prix de l'eau est fatalement douloureuse pour le portefeuille des ménages. Celle-ci paraît déjà inévitable du fait de l'augmentation des coûts de l'énergie (fois 2 l'année prochaine et jusqu'à fois 5 dans les prochaines années en raison de l'absence de bouclier tarifaire).

Pour cette raison essentielle, renforcée par celle de l'assurance d'opter pour la filière la moins émettrice de gaz à effets de serre (tout autant importante en cette période de changement climatique), la plupart des maîtres d'ouvrage du département du Doubs avait opté pour la filière d'épandage avant la crise covid, sous conditions de conformité des boues.

La carte ci-dessous représente le prix de l'eau (part assainissement collectif uniquement) par commune en 2016 :

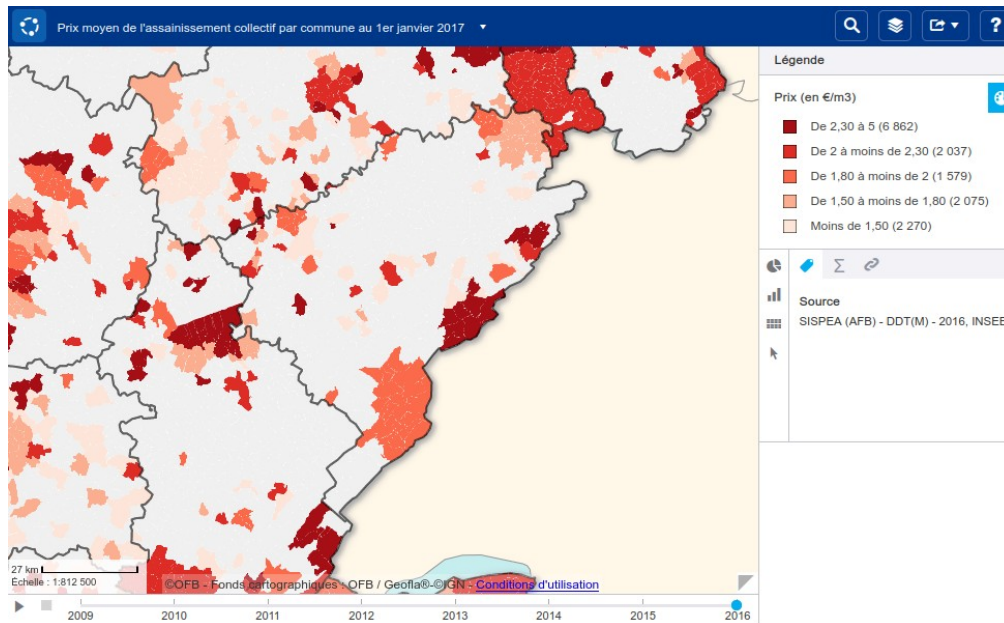


Figure 31 : Carte prix moyen de l'assainissement collectif par commune (Source : eaufrance.fr)

Les informations présentées sur la carte ci-dessus sont déjà un peu anciennes mais elles montrent bien la diversité des situations.

Nous avons souhaité travailler sur deux cas concrets et récents (anonymat préservé), situés sur le territoire du département du Doubs et pour lequel nous disposons de la plupart des informations économiques recueillies dans le cadre de la phase 1 :

Pour ces deux petites STEP, la réglementation covid a eu pour effet de tripler le coût de la gestion des boues !

Remarque : si des aides de l'Agence de l'Eau ont été accordées en 2020 et 2021 pour couvrir les dépenses supplémentaires, ces aides n'ont pas été reconduites en 2022. De toutes manières, s'agissant d'aides publiques, les subventions accordées d'un côté doivent fatalement être compensées par des taxes d'un autre côté, ce qui, dans une logique d'évaluation des filières vis à vis du pouvoir d'achat global des ménages, ne contribue pas à une amélioration nette sauf à considérer que ce qui sera payé par les générations futures ne nous concerne pas.

L'écart annuel entre les deux filières est de 143 000 € HT/an environ.

Le nombre d'abonnés pour les deux STEP n'est pas connu, mais en valeur guide uniquement, compte tenu des gisements de boues, nous pouvons les estimer à 2 000 EH raccordés, soit 109 500 m³/an ce qui représente 912 abonnements pour 120 m³ facturés par abonnement.

Rapporté au m³ consommé, l'écart entre les deux filières présentées ci-dessus représente un surcoût pour les ménages de 1,3 € HT/m³, ce qui est considérable.

Du fait de la réglementation covid, chaque ménage aurait eu à supporter, sur sa facture d'eau, un surplus moyen estimé à 157 € HT/an pour les cas considérés.

IX Conclusion

La gestion des boues d'épuration dans le département du Doubs se heurte à d'importantes difficultés dans le contexte actuel de renforcement des attentes des consommateurs et des réponses des filières agroalimentaires, d'incertitudes réglementaires (covid, socle commun...), d'évolutions des pratiques agricoles (Bio, AOP, conservation des sols...) et d'échecs de quelques tentatives de créer des outils de traitement des boues (plateformes de compostage, serre solaire de séchage) sur le territoire.

Cette étude a pour but d'offrir aux maîtres d'ouvrage des outils d'aide à la décision pour que des actions pertinentes et si possibles structurantes soient mises en œuvre afin de rendre possible la valorisation des boues conformément aux dispositions de l'article L541-1 du Code de l'Environnement, au contexte réglementaire en vigueur au moment de la rédaction de ces lignes, à celui attendu à court terme

Bien évidemment, les actions proposées tiennent compte de la situation actuelle (typologie assainissement, contextes agricole et forestier, pédologie ...) et elles anticipent les évolutions stratégiques suivantes :

- Raréfaction et inflation (déjà amorcée) des ressources minérales fossiles pour fertiliser les cultures avec le risque de la perte de souveraineté alimentaire ;
- Crise économique et énergétique impliquant la sobriété et la recherche de solutions locales et peu onéreuses (« lutte pour le maintien du pouvoir d'achat des ménages ») ;
- Réchauffement climatique désormais incontestable nécessitant d'opter prioritairement pour les solutions impliquant les plus faibles émissions de gaz à effet de serre, donc celles les plus locales possibles ou bien celles qui optimisent les logistiques en cas de mutualisation d'équipements.

Enfin, la réalisation d'un travail de sectorisation du département du Doubs en fonction de la diversité des situations du territoire aura permis de cibler les actions proposées aux enjeux partagés sur les secteurs établis.

Cela se concrétise, dans les faits par :

- Le renforcement de la filière d'épandage (la moins coûteuse, la plus locale et celle présentant la meilleure économie circulaire avec retour pour le territoire) lorsque c'est possible. Cela passe par le maintien voire l'accentuation des programmes visant à l'amélioration de la qualité des boues, leur traitement éventuel par chaulage pour bonifier la valeur agronomique (si épandage sur terrains à tendance acide) et surtout détruire les odeurs et enfin par le renforcement et la structuration de la communication vers le grand public et le secteur agroalimentaire ;
- Le déploiement d'actions locales de pré-traitement des boues à l'échelle d'un ou plusieurs EPCI pour transporter plus facilement et écologiquement les boues ;
- La création d'un outil de traitement commun, si possible, des boues dans le Haut-Doubs, secteur qui sera bientôt le plus durement impacté par l'interdiction d'épandage des AOP. Plusieurs hypothèses sont étudiées dans ce document. Cependant, aucune d'elles apparaît comme idéale ou parfaite. Par conséquent, il devra y avoir un arbitrage des élus pour orienter le territoire vers la solution qui lui est la plus adaptée. Dans tous les cas, la déshydratation des boues en amont, qu'elle soit mutualisée ou non, fixe ou mobile, deviendra vraisemblablement la règle générale dans le Haut-Doubs.

La phase 3 de cette étude permettra d'affiner les actions retenues en leur donnant un caractère pré-opérationnel.

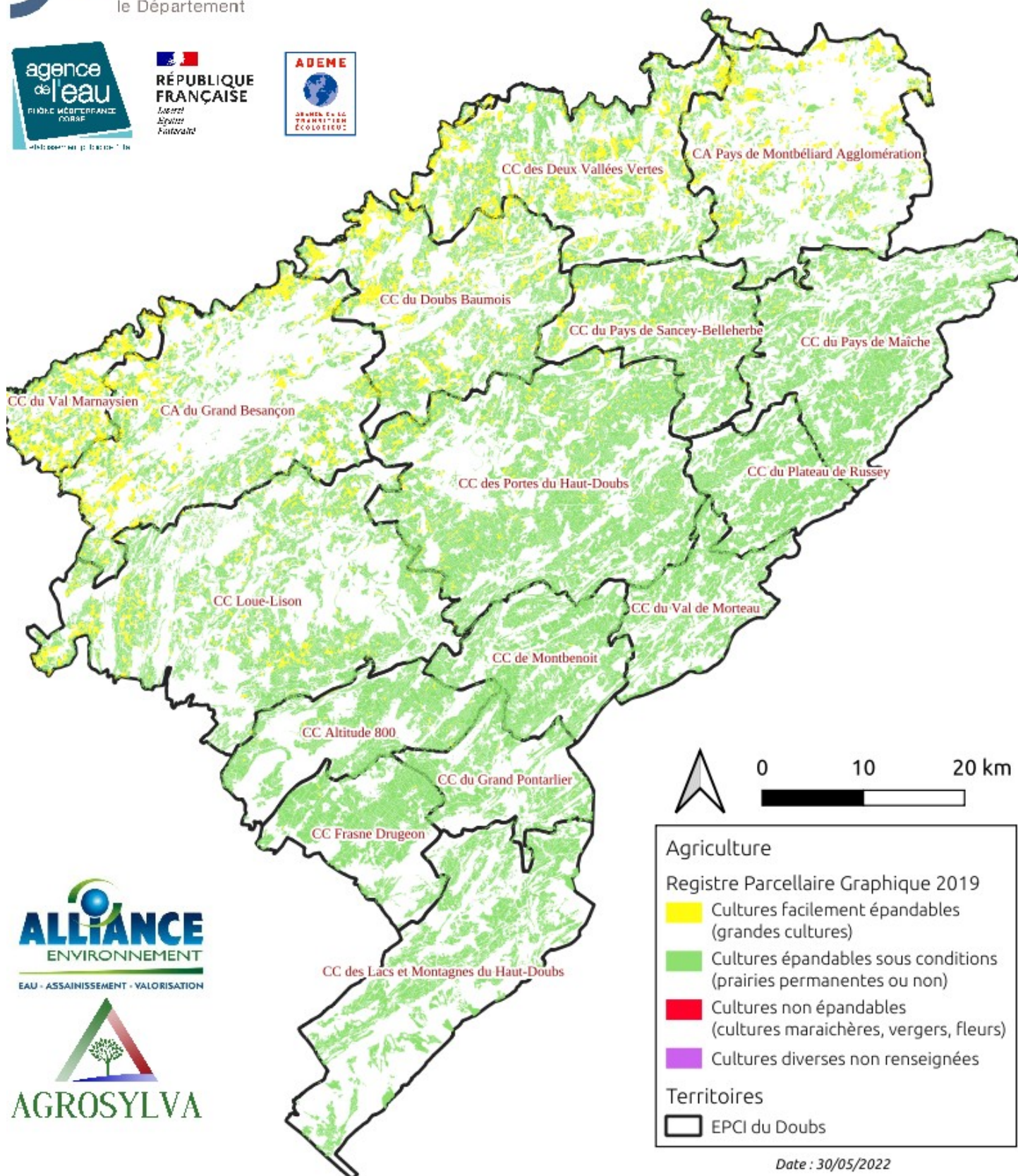
| |
|----------------------------|
| X Table des annexes |
|----------------------------|

Annexes

| | |
|--|-----|
| Annexe 1 : Répartition des grands types de cultures dans le Doubs..... | 73 |
| Annexe 2 : Parcelles des plans d'épandage boues du Doubs AOP/non AOP..... | 74 |
| Annexe 3 : Localisation des très petites STEP (< 500 EH)..... | 75 |
| Annexe 4 : Localisation des petites STEP (entre 500 et 2000 EH)..... | 76 |
| Annexe 5 : Localisation des STEP Moyennes (entre 2 000 et 10 000 EH)..... | 77 |
| Annexe 6 : Localisation des grosses STEP (> 10 000 EH) du Doubs..... | 78 |
| Annexe 7 : Parcelles qui ne sont ni en AOP, ni en agriculture bio..... | 79 |
| Annexe 8 : Parcelles agricoles hors AOP / agriculture biologique exploitées avec des cultures adaptées aux épandages de boues..... | 80 |
| Annexe 9 : Équipements fixes de gestion des boues sur STEP à boues récurrentes..... | 81 |
| Annexe 10 : destination des boues par STEP avant la période covid..... | 84 |
| Annexe 11 : destination des boues par STEP après la période covid..... | 89 |
| Annexe 12 : Sites de traitement de boues externalisés..... | 93 |
| Annexe 13 : Gisements de boues et débouchés agricoles potentiels..... | 94 |
| Annexe 14 : Sectorisation vis à vis des débouchés agricoles..... | 95 |
| Annexe 15 : Projets qui impliquent une gestion collective des boues..... | 96 |
| Annexe 16 : STEP qui ont connu au moins une non conformité de leurs boues sur le paramètre cuivre entre 2016 et 2020..... | 97 |
| Annexe 17 : Localisation des STEP à boues ponctuelles en zone tendue..... | 98 |
| Annexe 18 : EPCI qui adhèrent à ASCOMADE pour l'assainissement..... | 99 |
| Annexe 19 : Gisements de boues et débouchés agricoles potentiels..... | 100 |
| Annexe 20 : propriétaires des surfaces forestières du doubs..... | 101 |
| Annexe 21 : Catégories d'essences forestières sur le Doubs..... | 102 |
| Annexe 22 : Analyse de la connaissance scientifique sur l'impact des épandages de boues domestiques..... | 103 |

Étude de préfiguration de la gestion et de la valorisation des boues d'épuration domestiques dans le Doubs

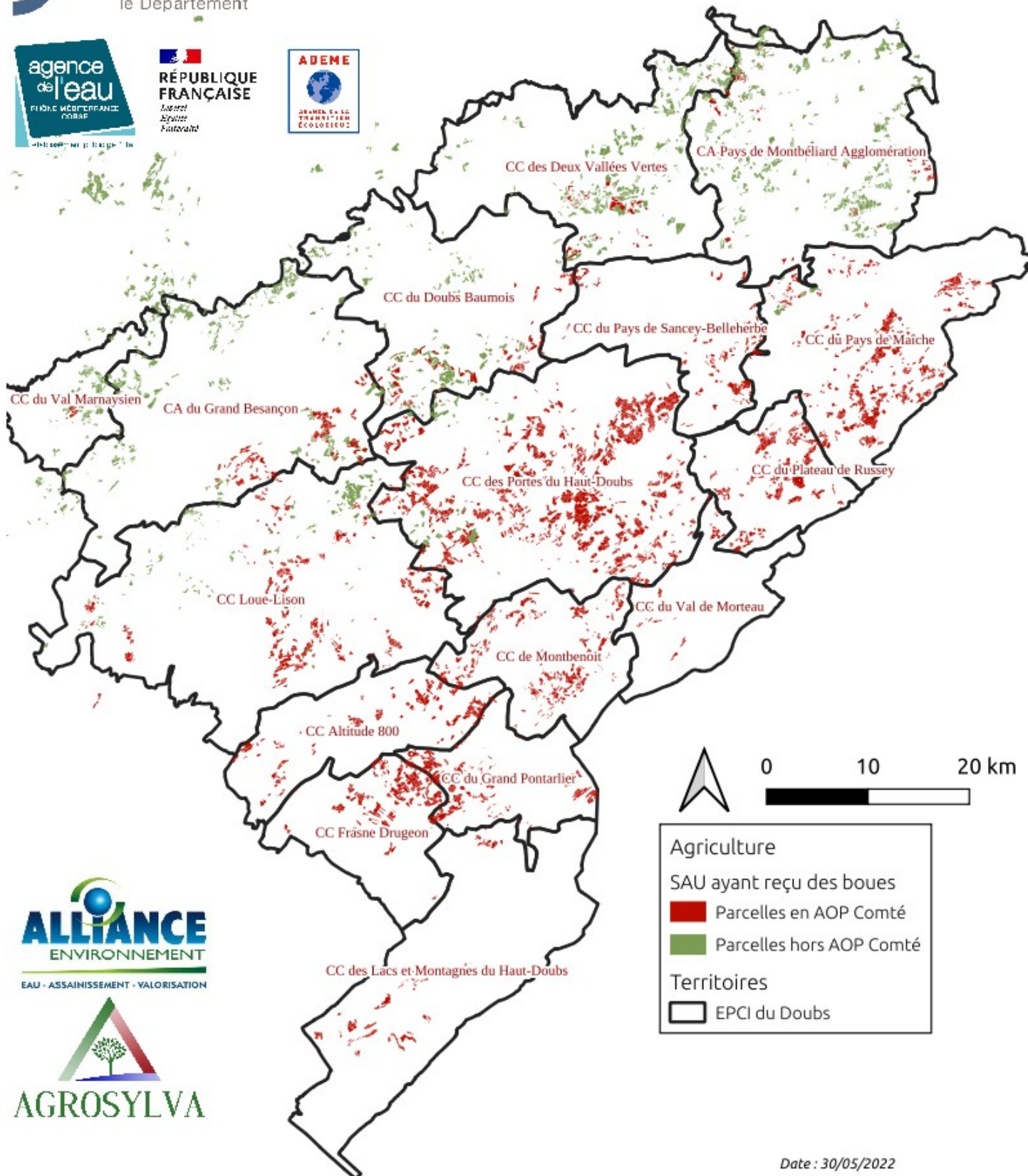
Répartition des grands types de cultures dans le Doubs



ANNEXE 2 : PARCELLES DES PLANS D'ÉPANDAGE BOUES DU DOUBS AOP/NON AOP

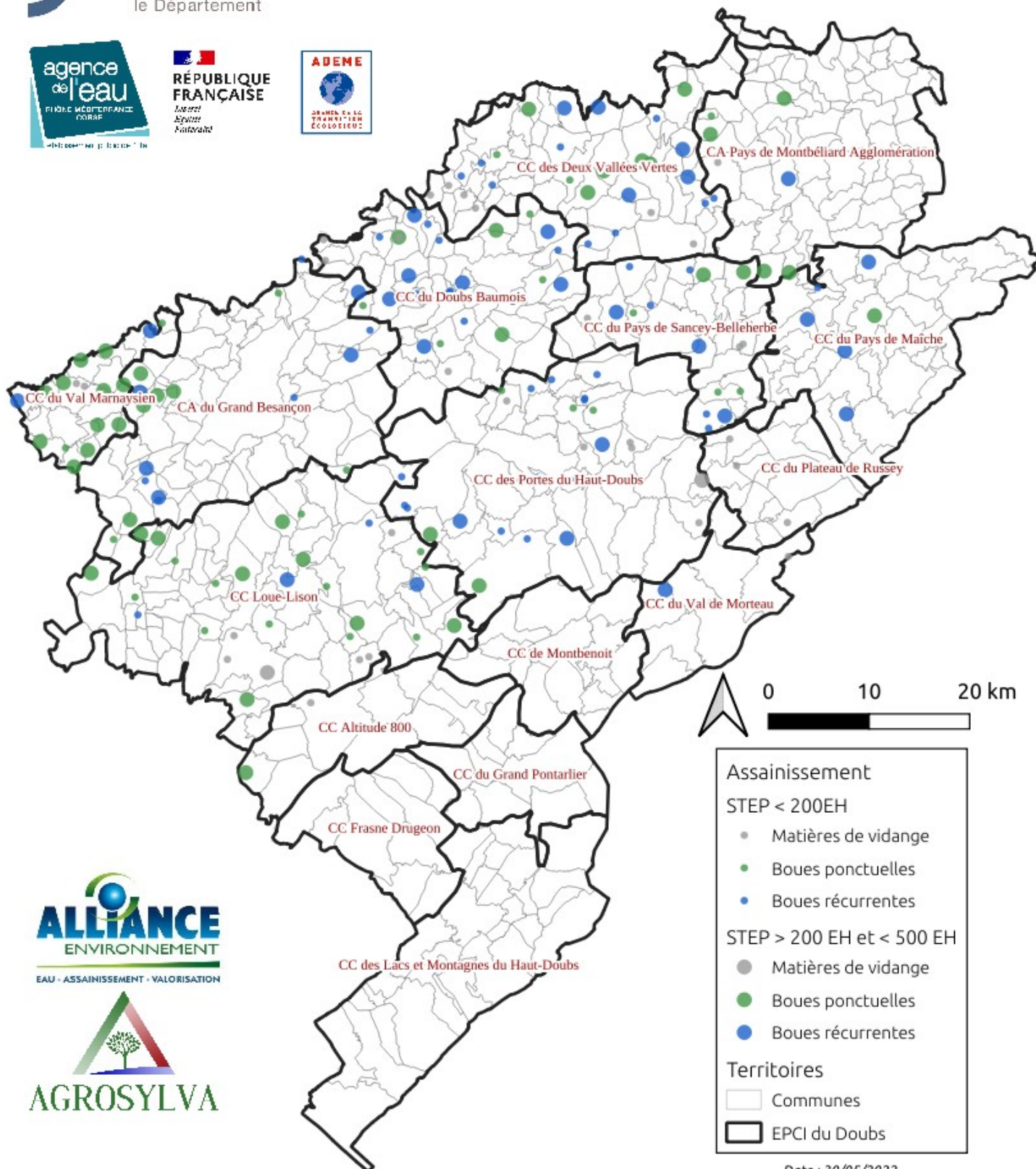
Étude de préfiguration de la gestion et de la valorisation des boues d'épuration domestiques dans le Doubs

Parcelles des plans d'épandage boues du Doubs en AOP Comté ou non



Étude de préfiguration de la gestion et de la valorisation des boues d'épuration domestiques dans le Doubs

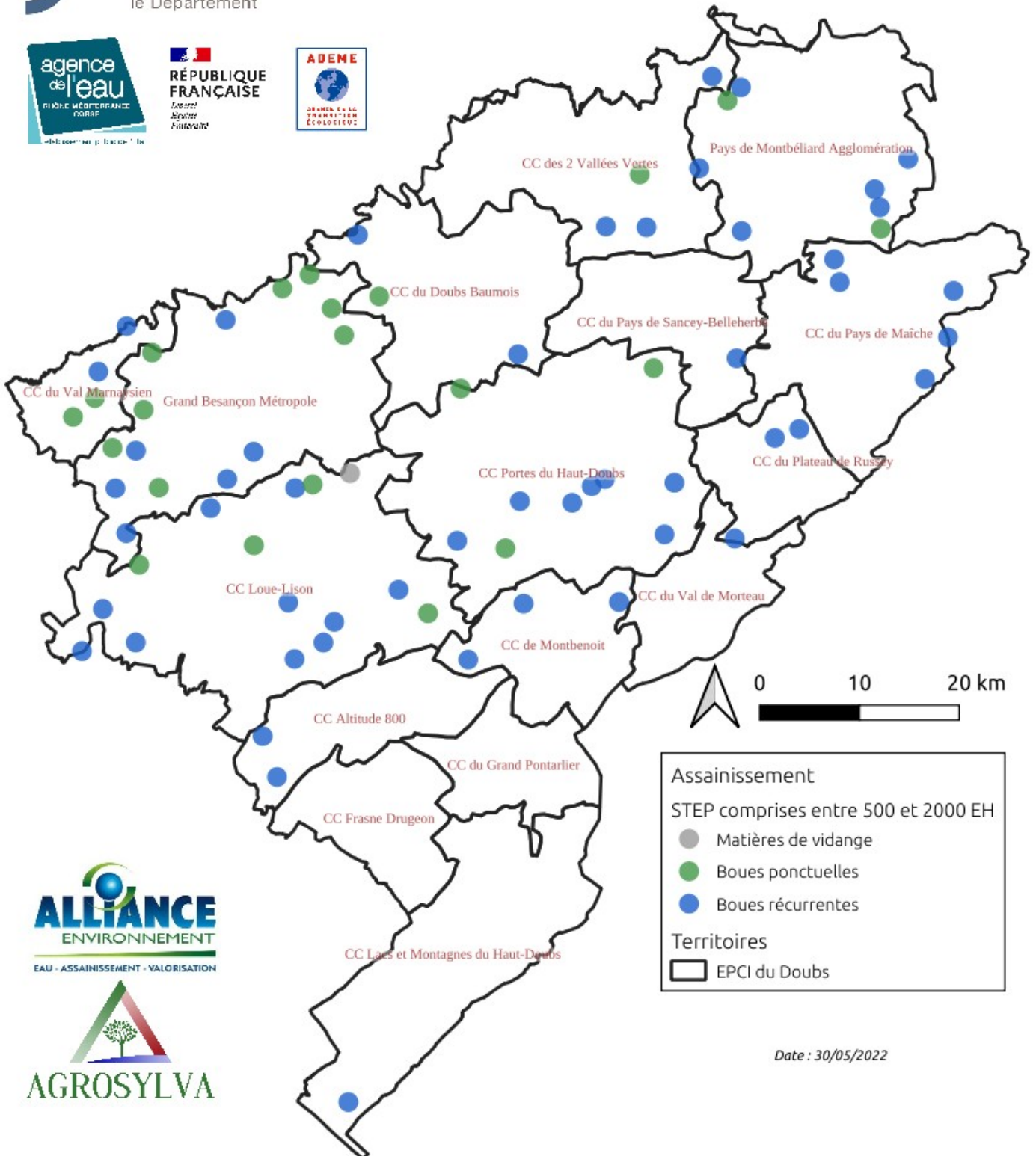
Localisation des très petites STEP (< 500 EH) dans le Doubs



ANNEXE 4 : LOCALISATION DES PETITES STEP (ENTRE 500 ET 2000 EH)

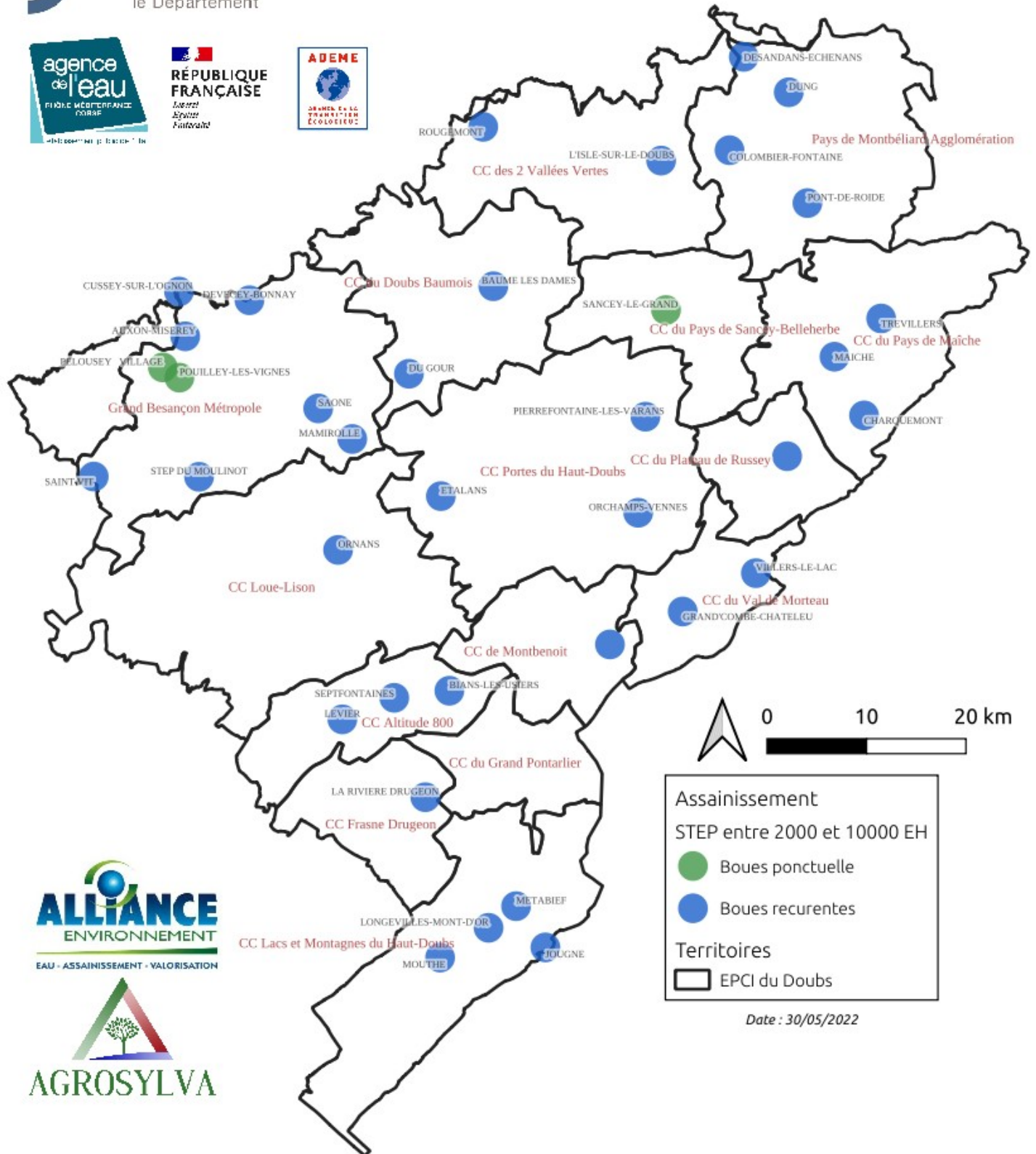
Étude de préfiguration de la gestion et de la valorisation des boues d'épuration domestiques dans le Doubs

Localisation des petites STEP (> 500 et < 2000 EH) dans le Doubs



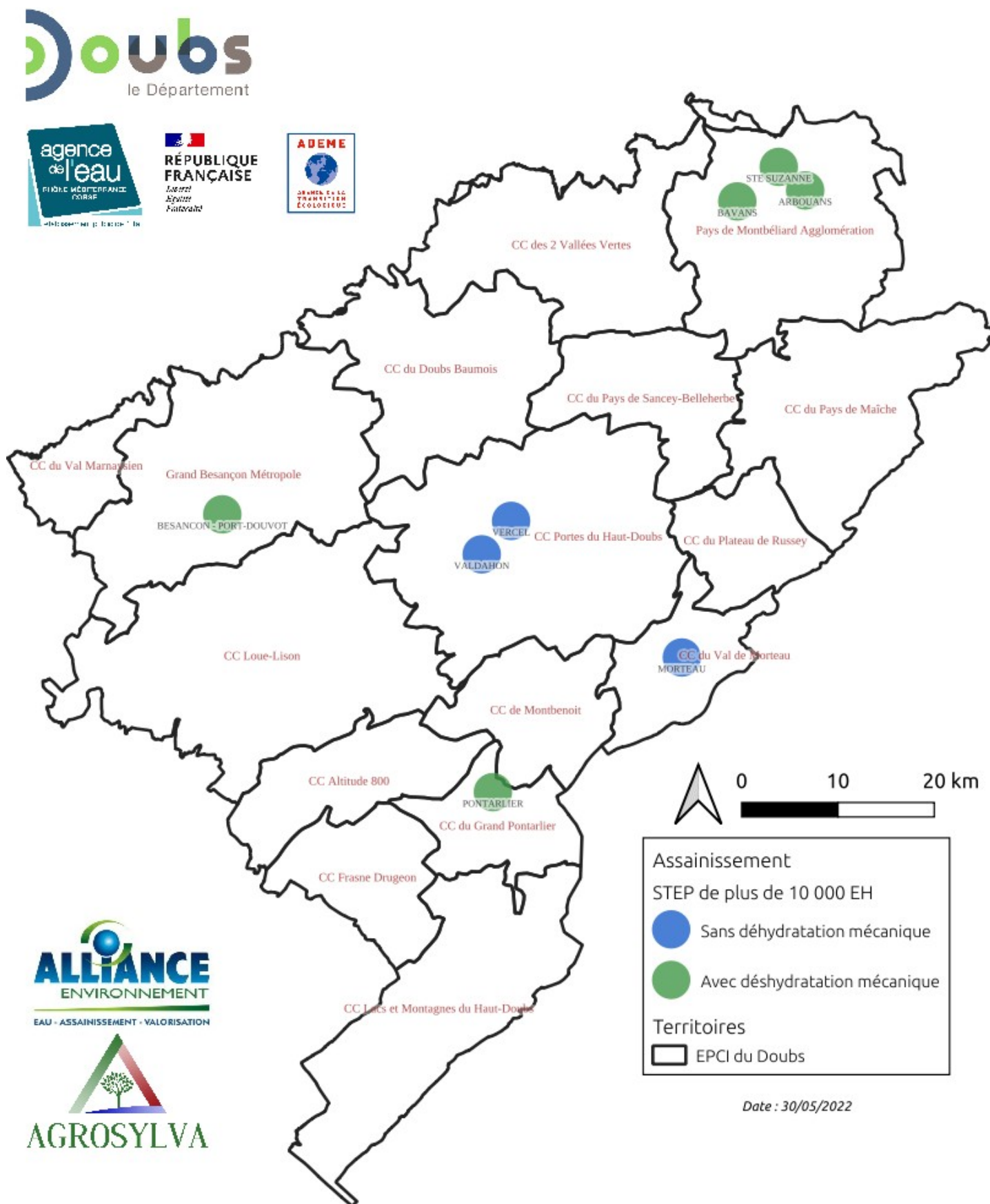
Date : 30/05/2022

Étude de préfiguration de la gestion et de la valorisation des boues d'épuration domestiques dans le Doubs
Localisation des STEP moyennes (entre 2 000 et 10 000 EH) dans le Doubs



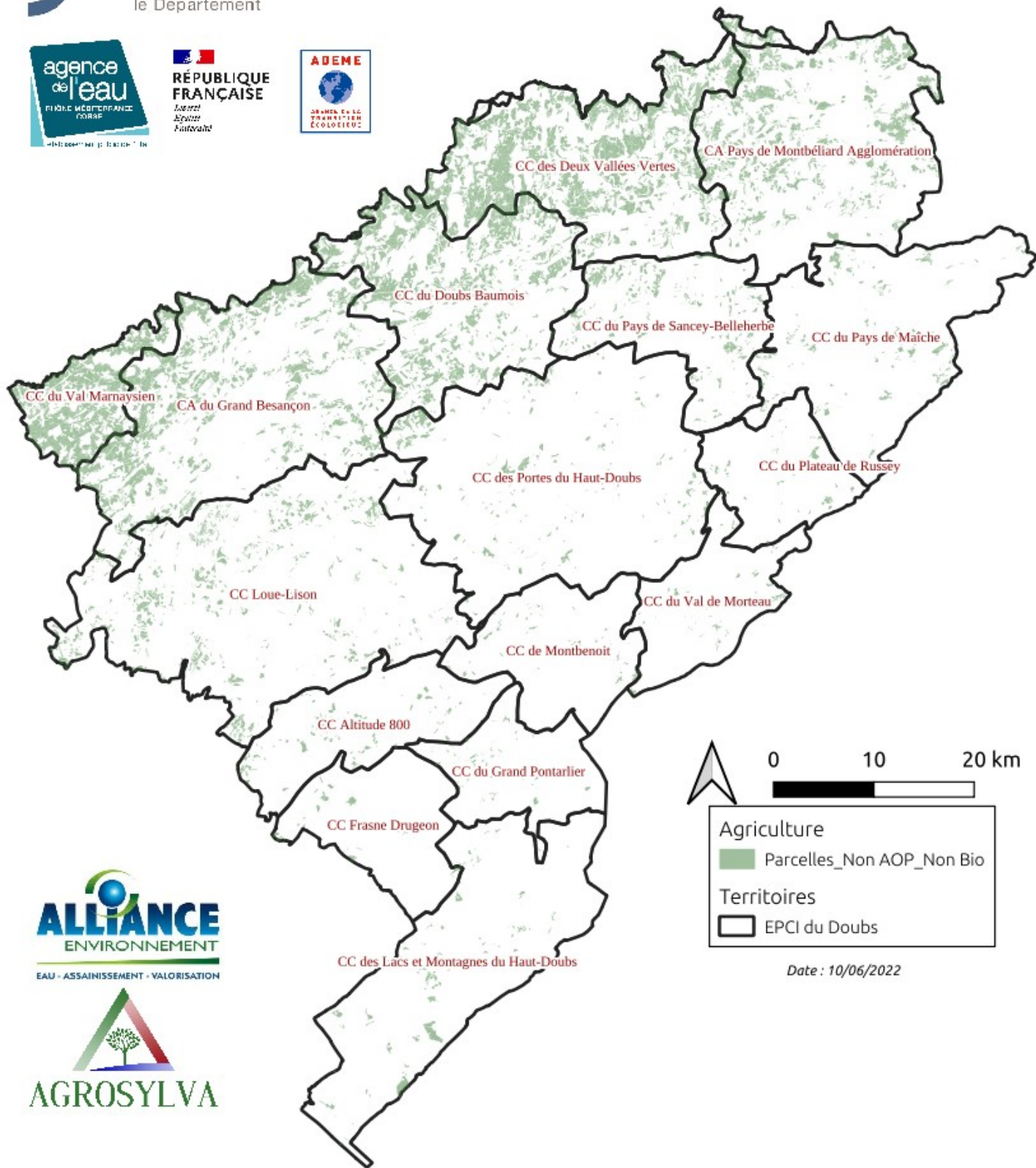
Étude de préfiguration de la gestion et de la valorisation des boues d'épuration domestiques dans le Doubs

Localisation des grosses STEP (> 10 000 EH) dans le Doubs



Étude de préfiguration de la gestion et de la valorisation des boues d'épuration domestiques dans le Doubs

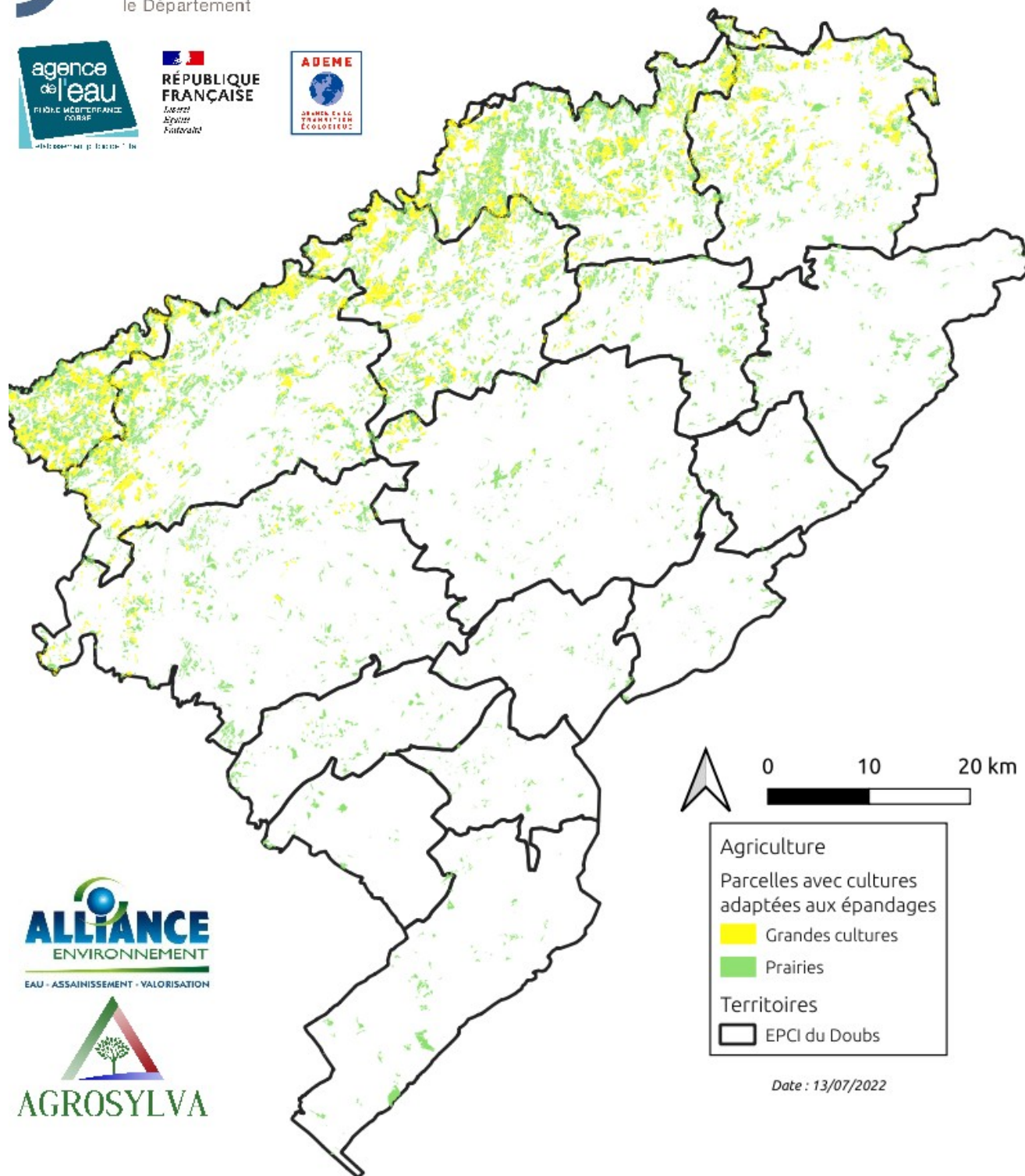
Parcelles agricoles qui ne sont ni en AOP ni en agriculture biologique



ANNEXE 8 : PARCELLES AGRICOLES HORS AOP / AGRICULTURE BIOLOGIQUE EXPLOITÉES AVEC DES CULTURES ADAPTÉES AUX ÉPANDAGES DE BOUES

Étude de préfiguration de la gestion et de la valorisation des boues d'épuration domestiques dans le Doubs

Parcelles agricoles hors AOP et hors agriculture biologique qui sont exploitées en cultures adaptées aux épandages de boues

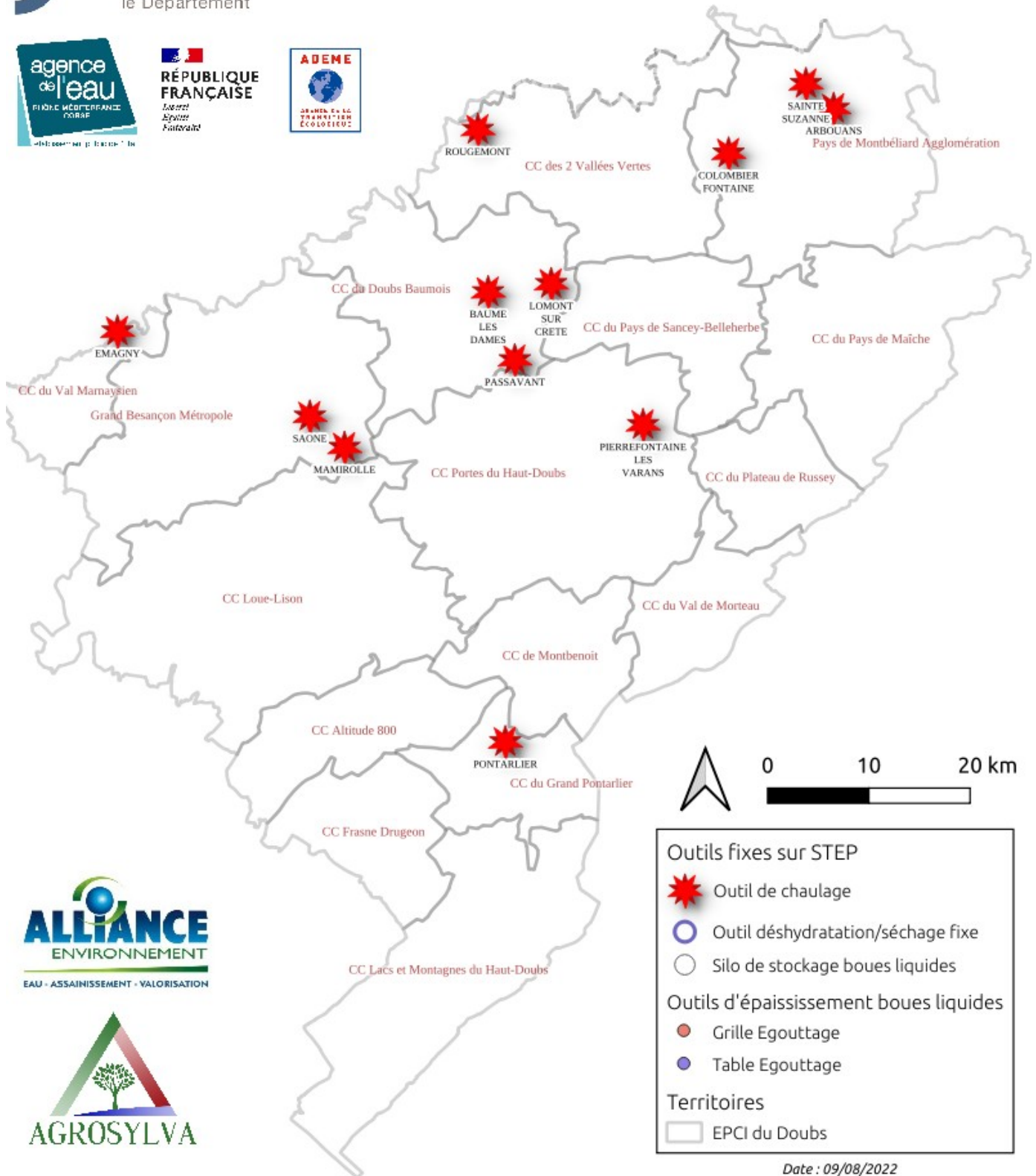


Date : 13/07/2022

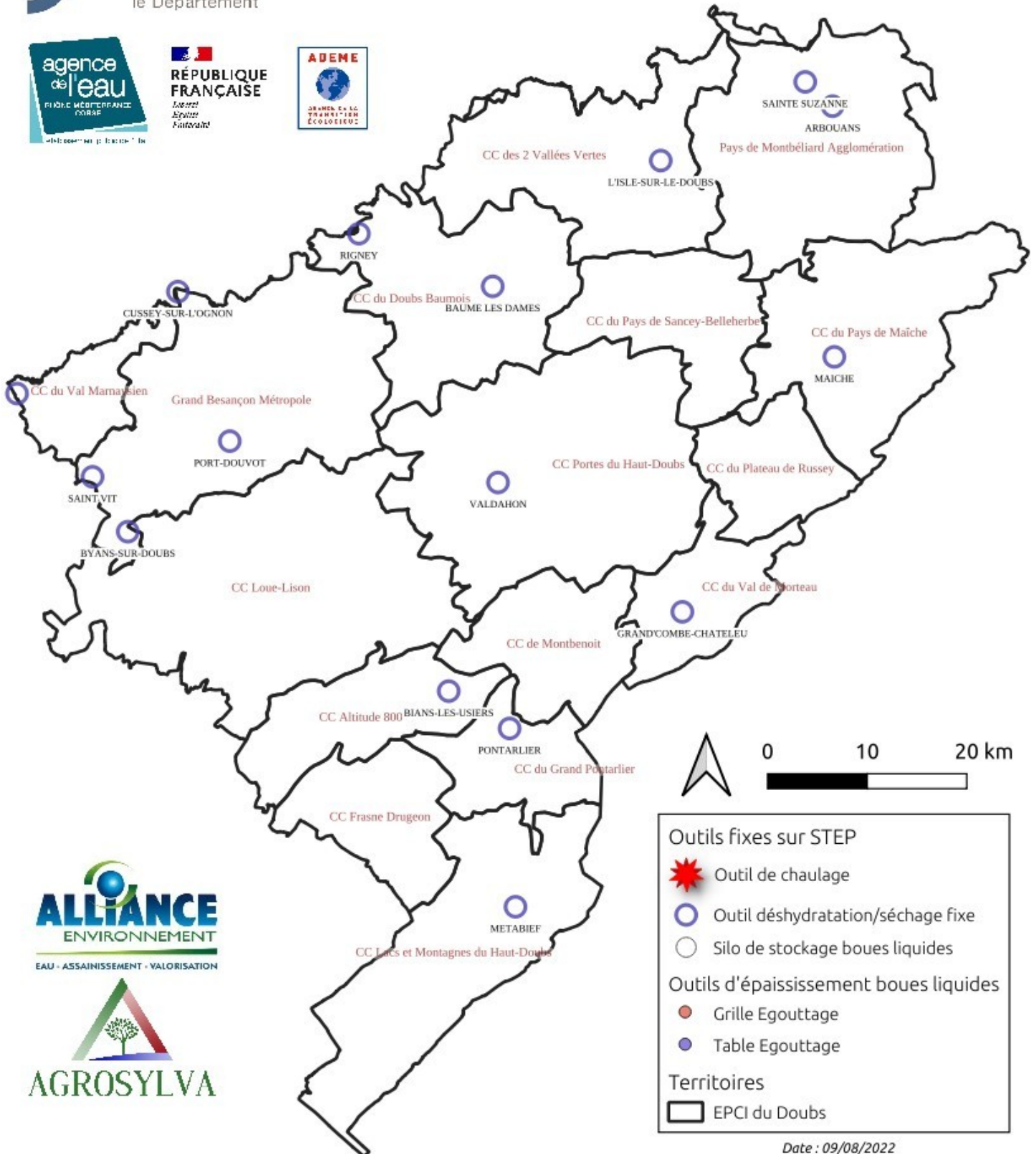


Étude de préfiguration de la gestion et de la valorisation des boues d'épuration domestiques dans le Doubs

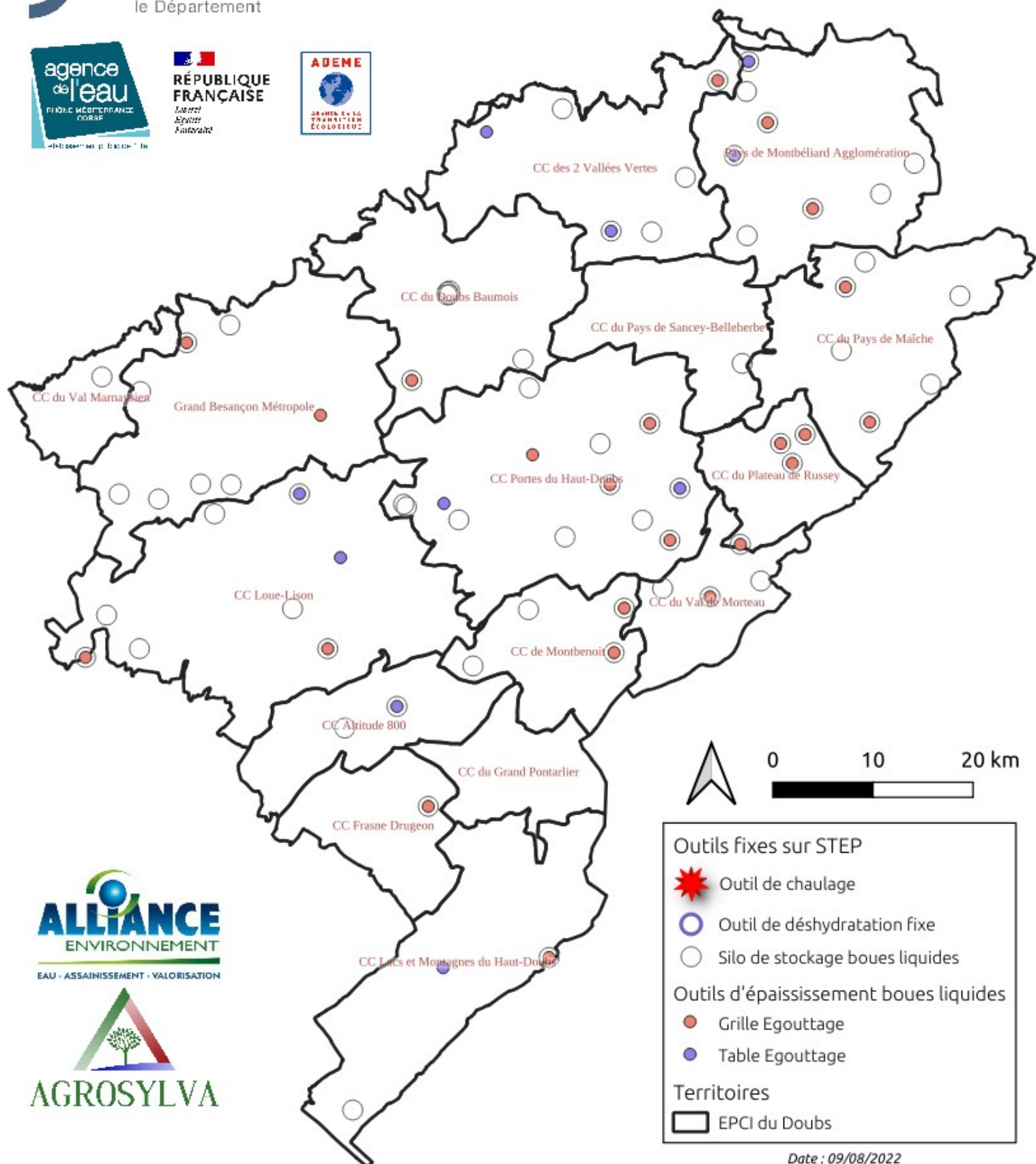
STEP dotées d'un équipement fixe de chaulage



STEP à boues récurrentes dotées d'un outil de déshydratation ou séchage



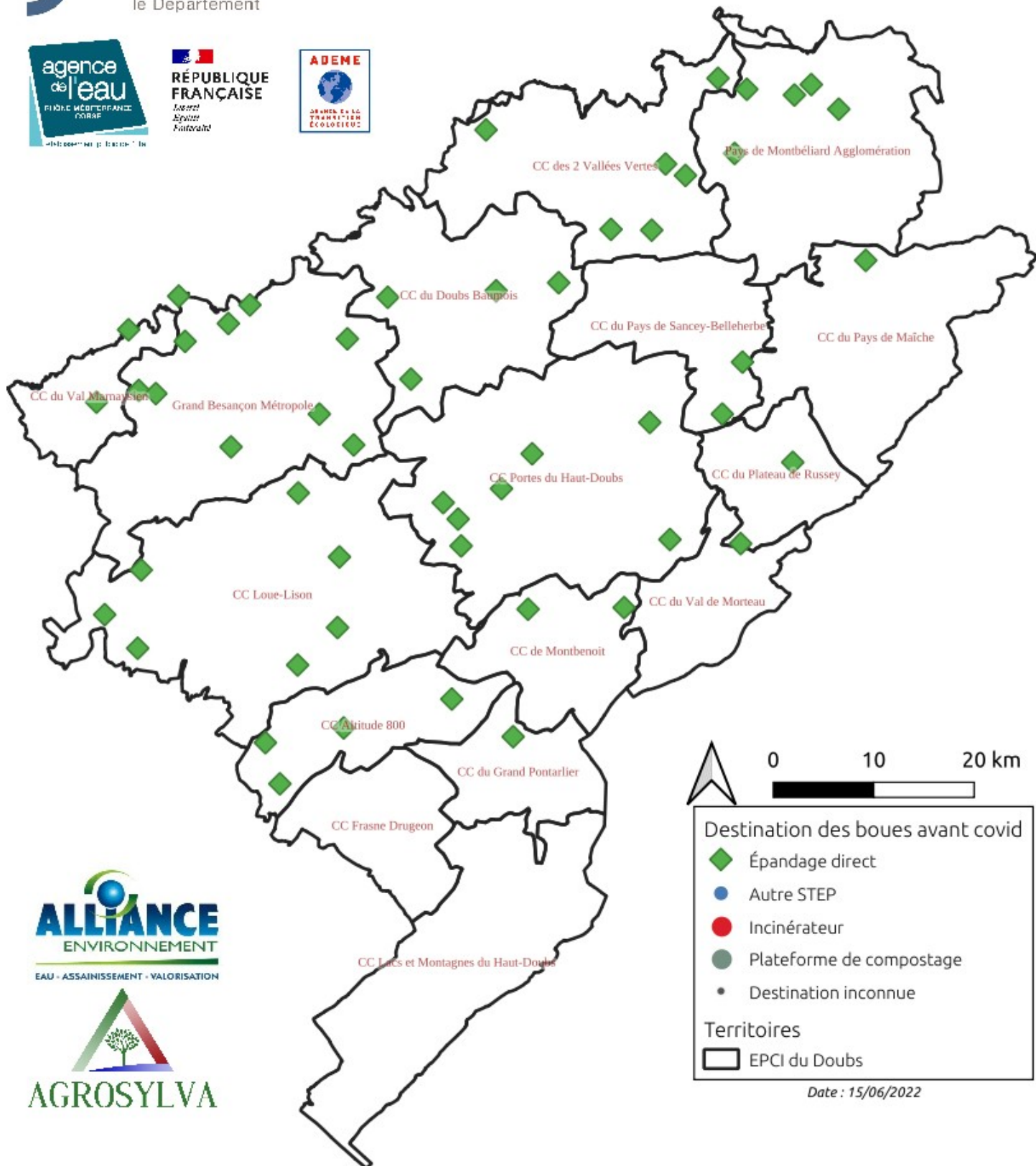
STEP dotées d'outils fixes pour les boues liquides (outils d'épaississement / silo de stockage)



ANNEXE 10 : DESTINATION DES BOUES PAR STEP AVANT LA PÉRIODE COVID

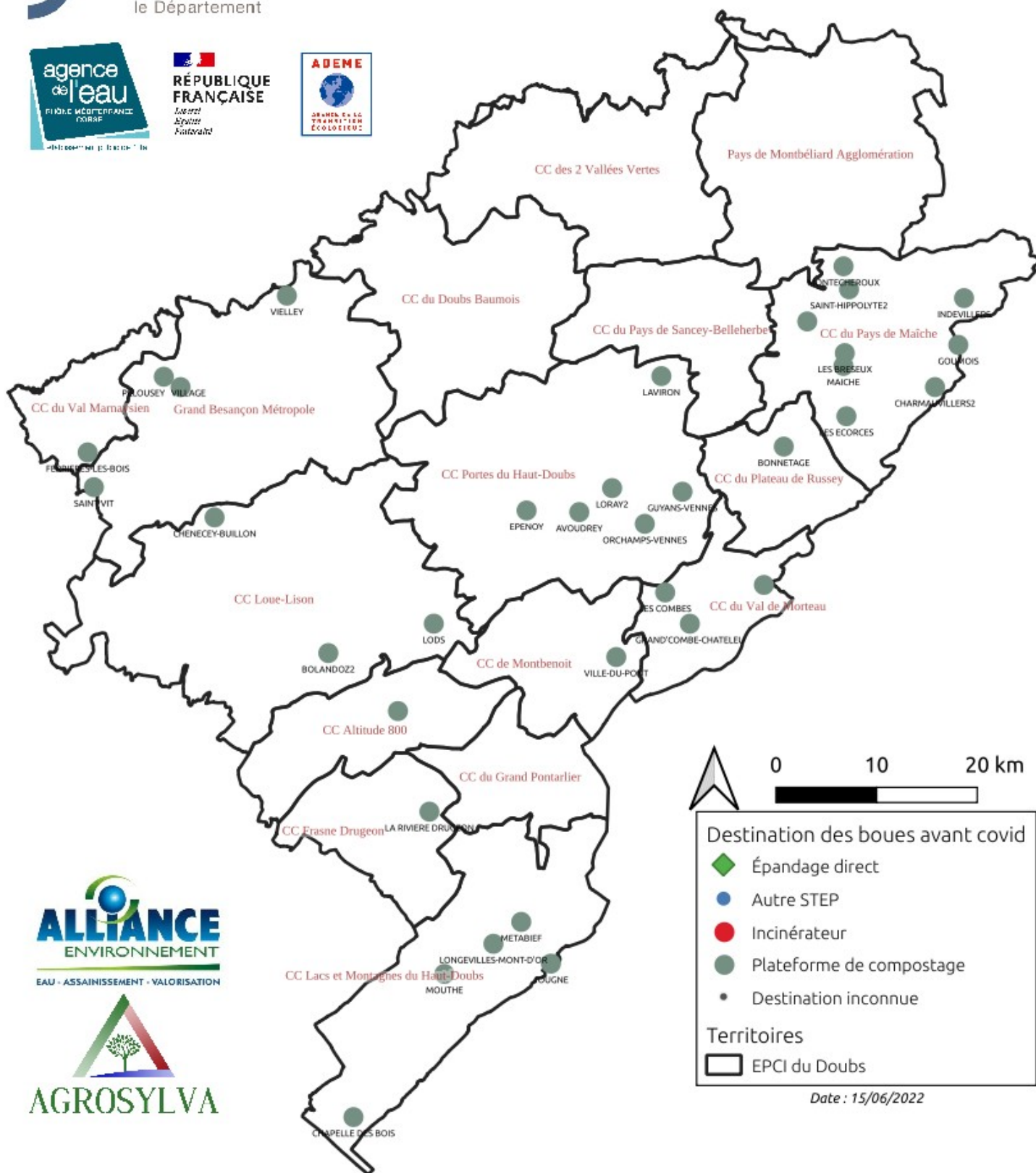
Étude de préfiguration de la gestion et de la valorisation des boues d'épuration domestiques dans le Doubs

Destination des boues avant Covid : épandage

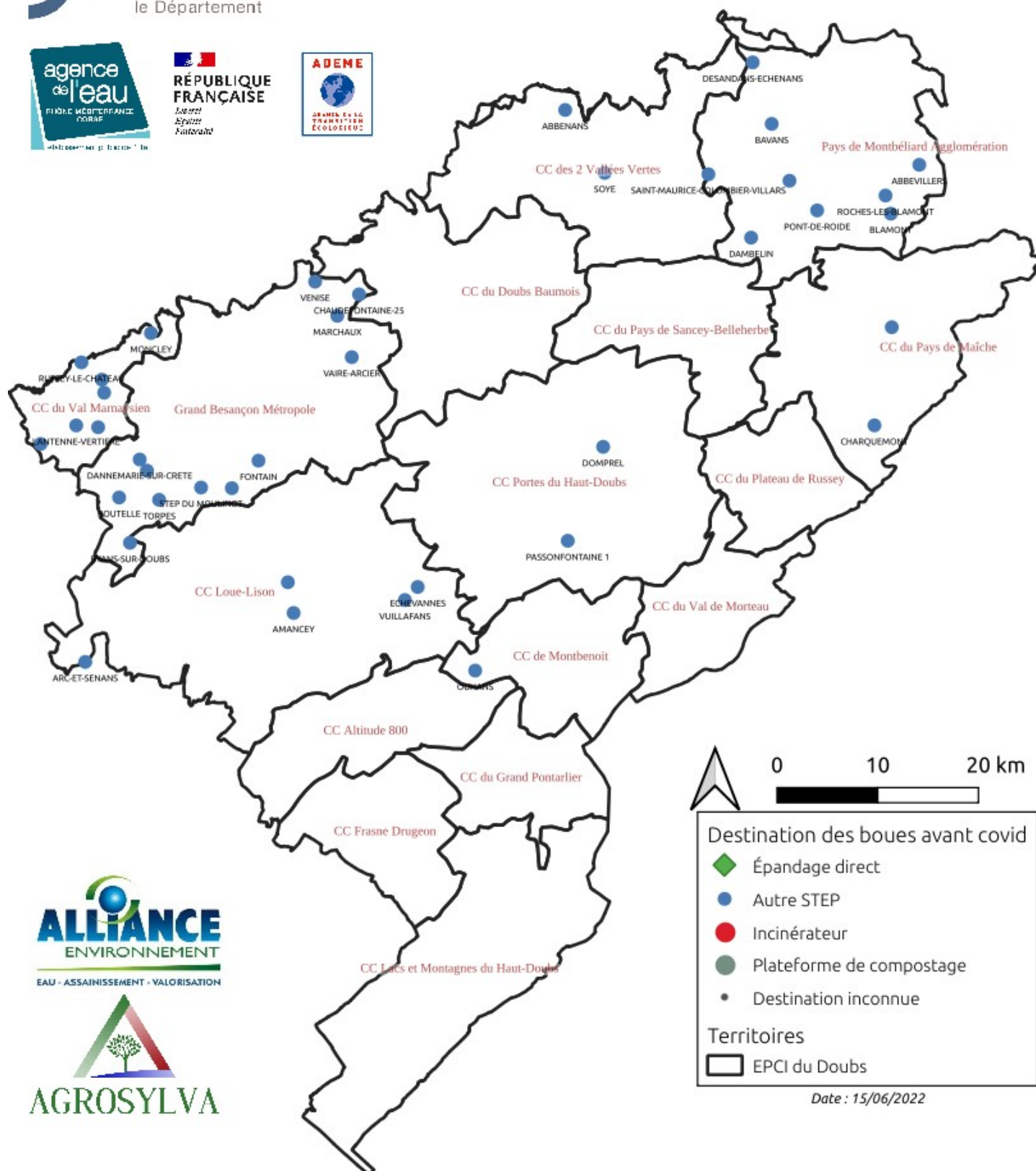


Date : 15/06/2022

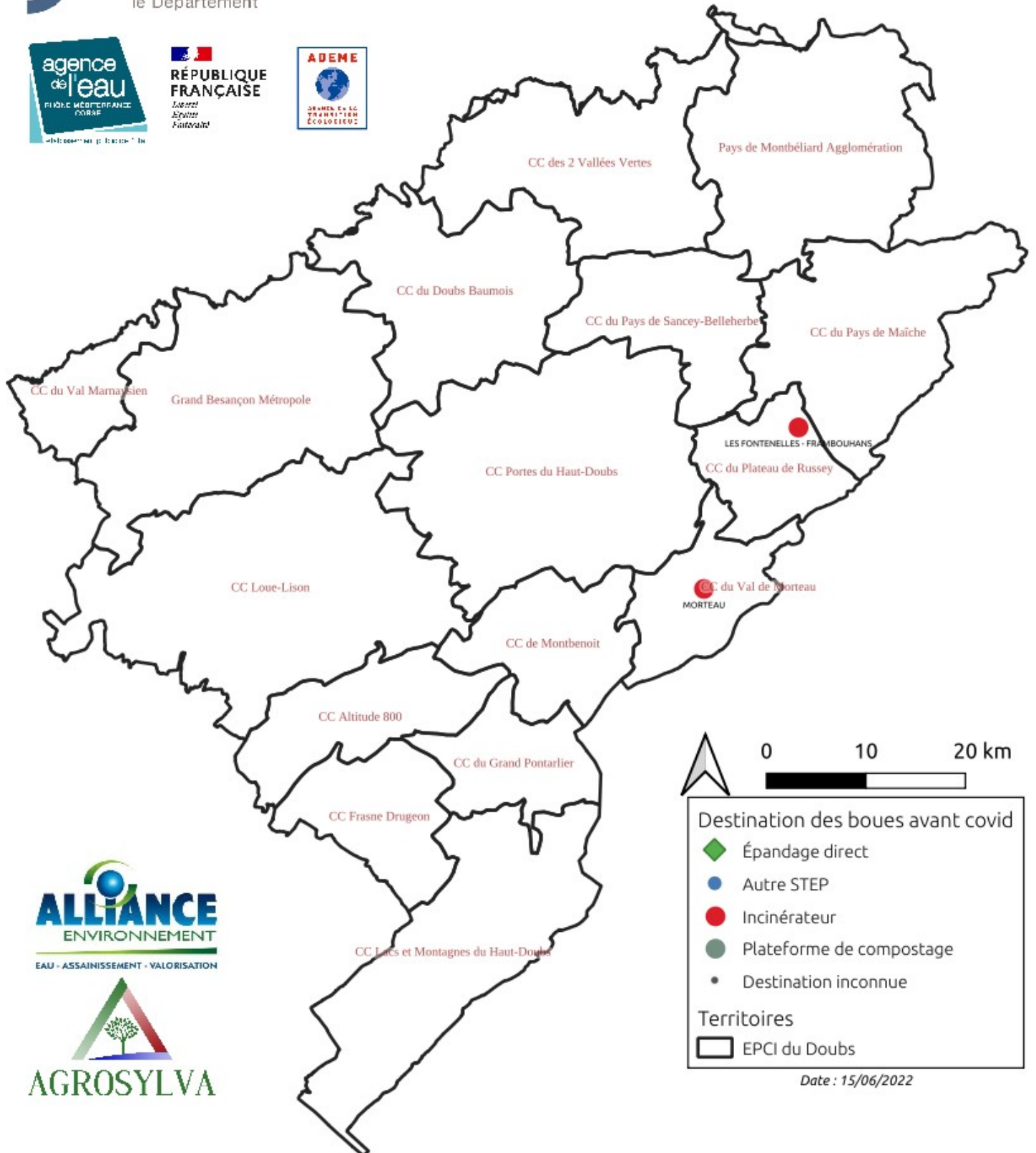
Destination des boues avant Covid : compostage externalisé



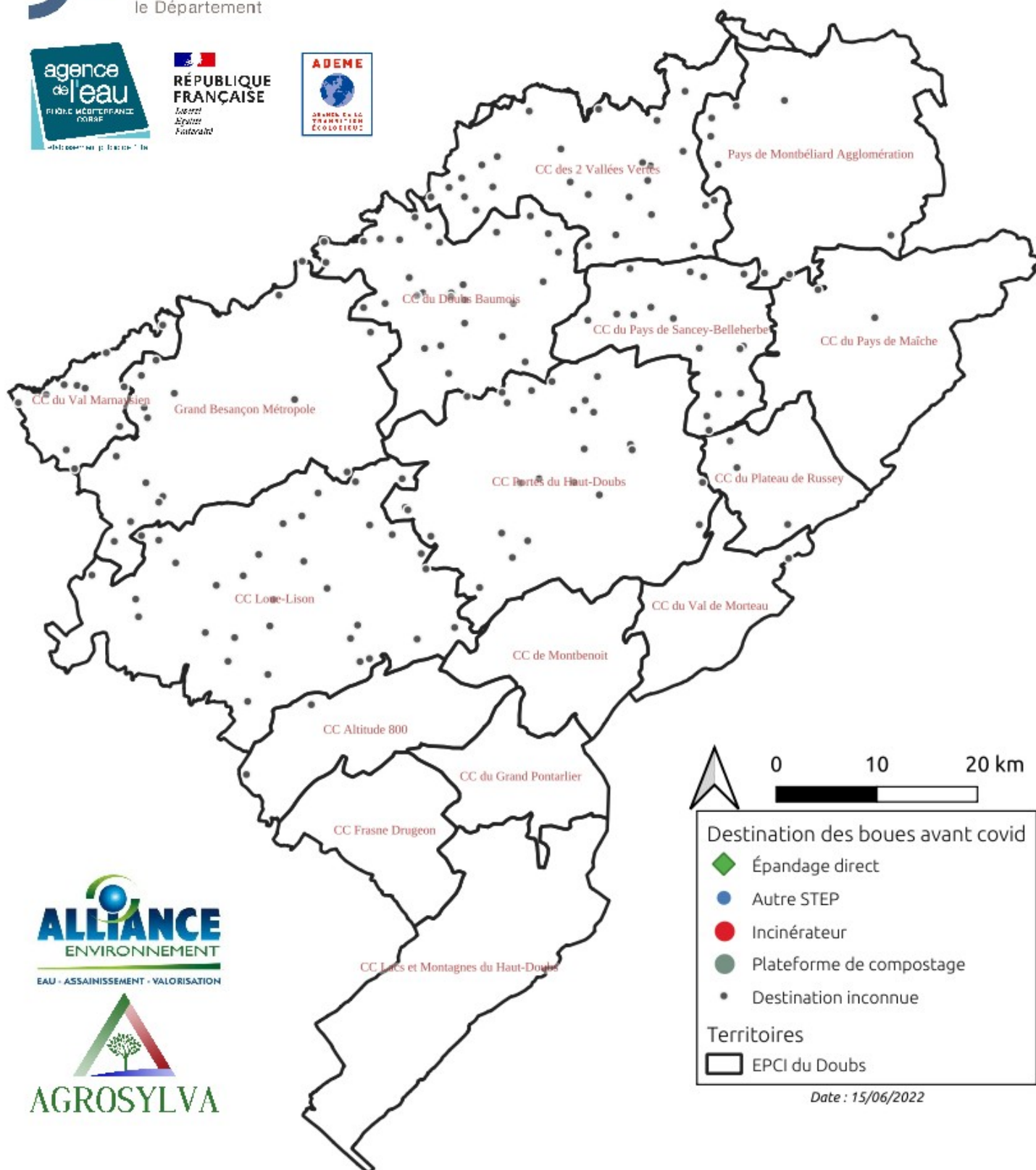
Destination des boues avant Covid : dépôtage autre STEP



Destination des boues avant Covid : incinération

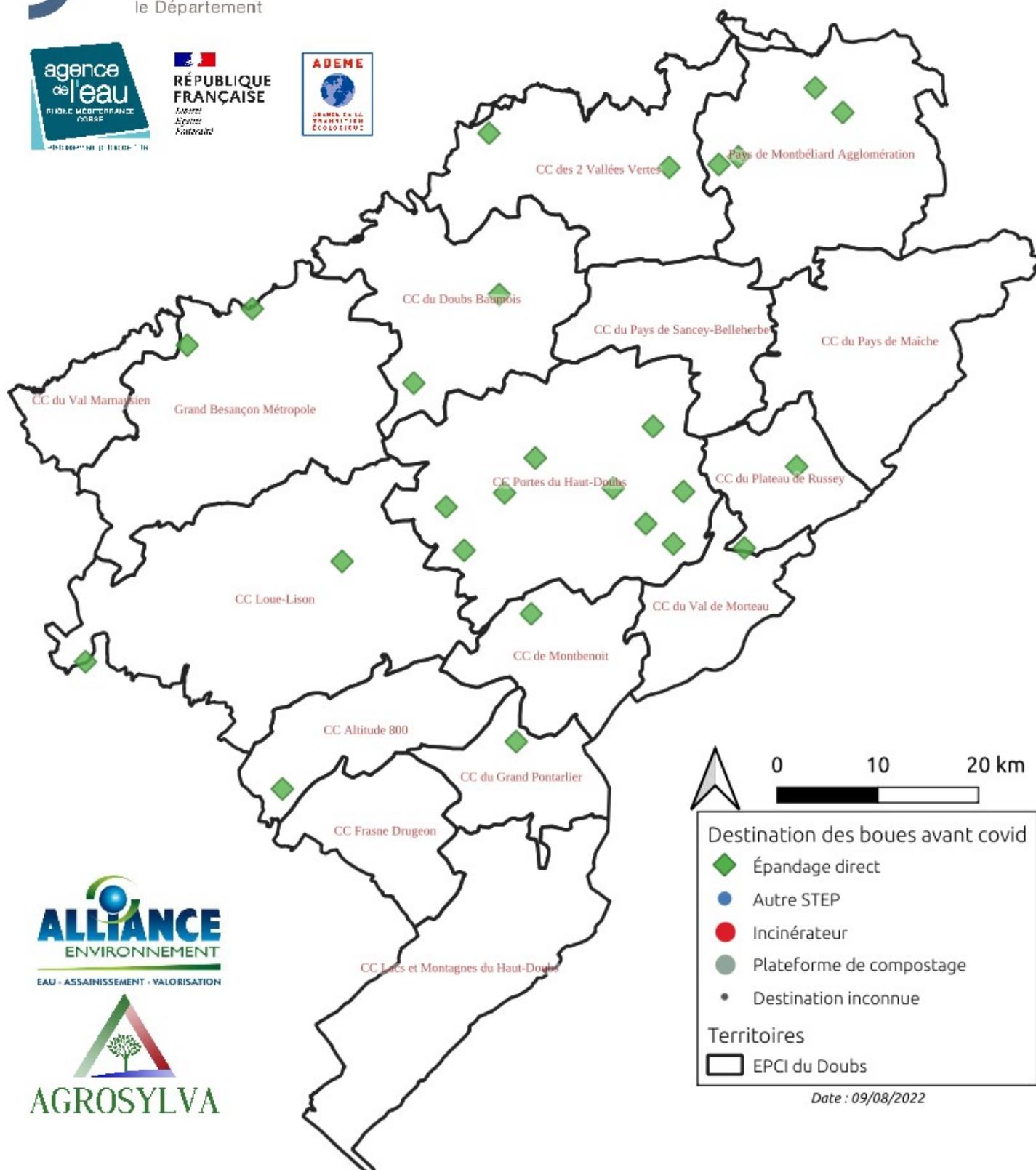


Destination des boues avant Covid : destination inconnue

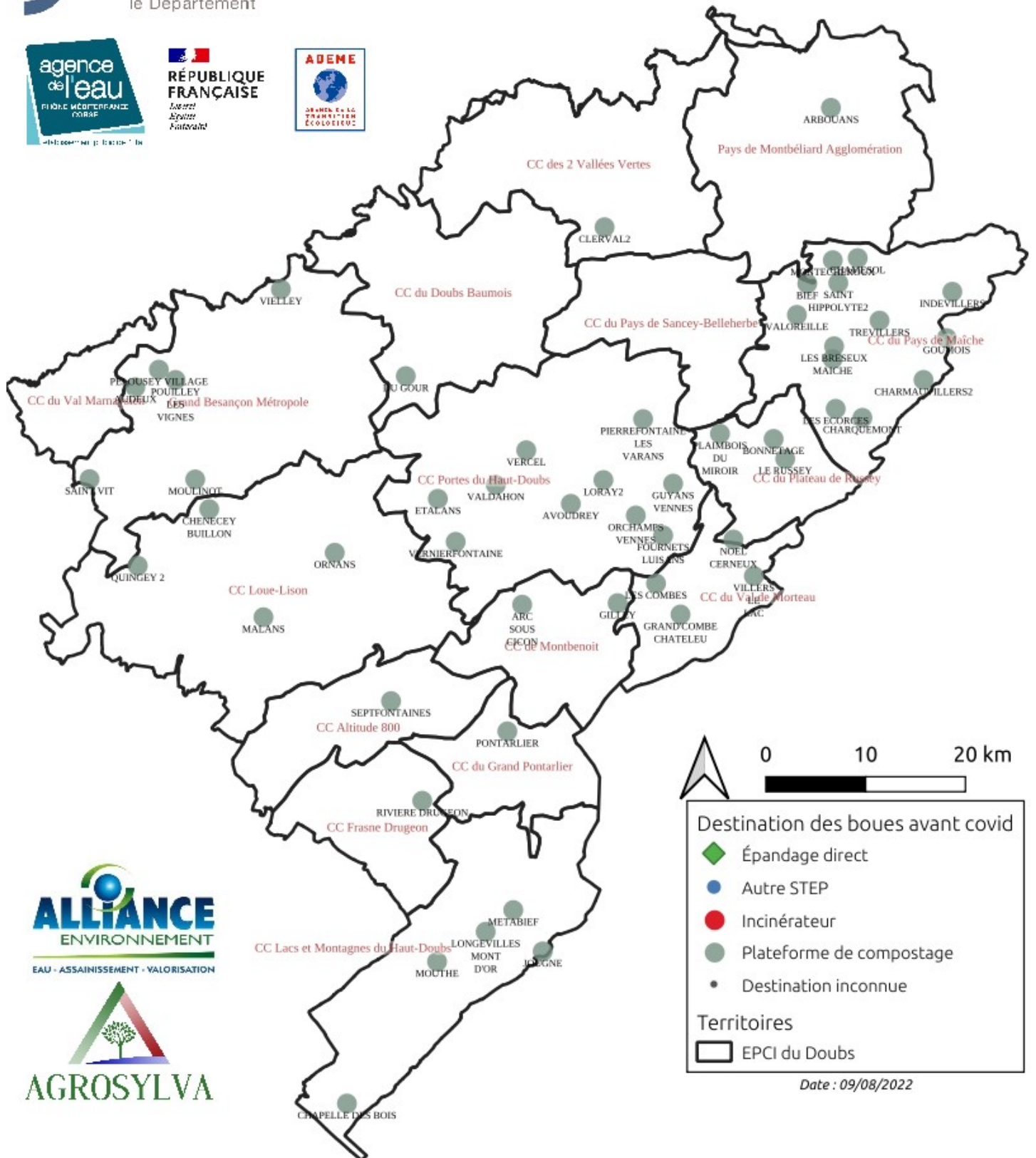


Étude de préfiguration de la gestion et de la valorisation des boues d'épuration domestiques dans le Doubs

Destination des boues après Covid : épandage



Destination des boues après Covid : compostage



Destination des boues avant covid

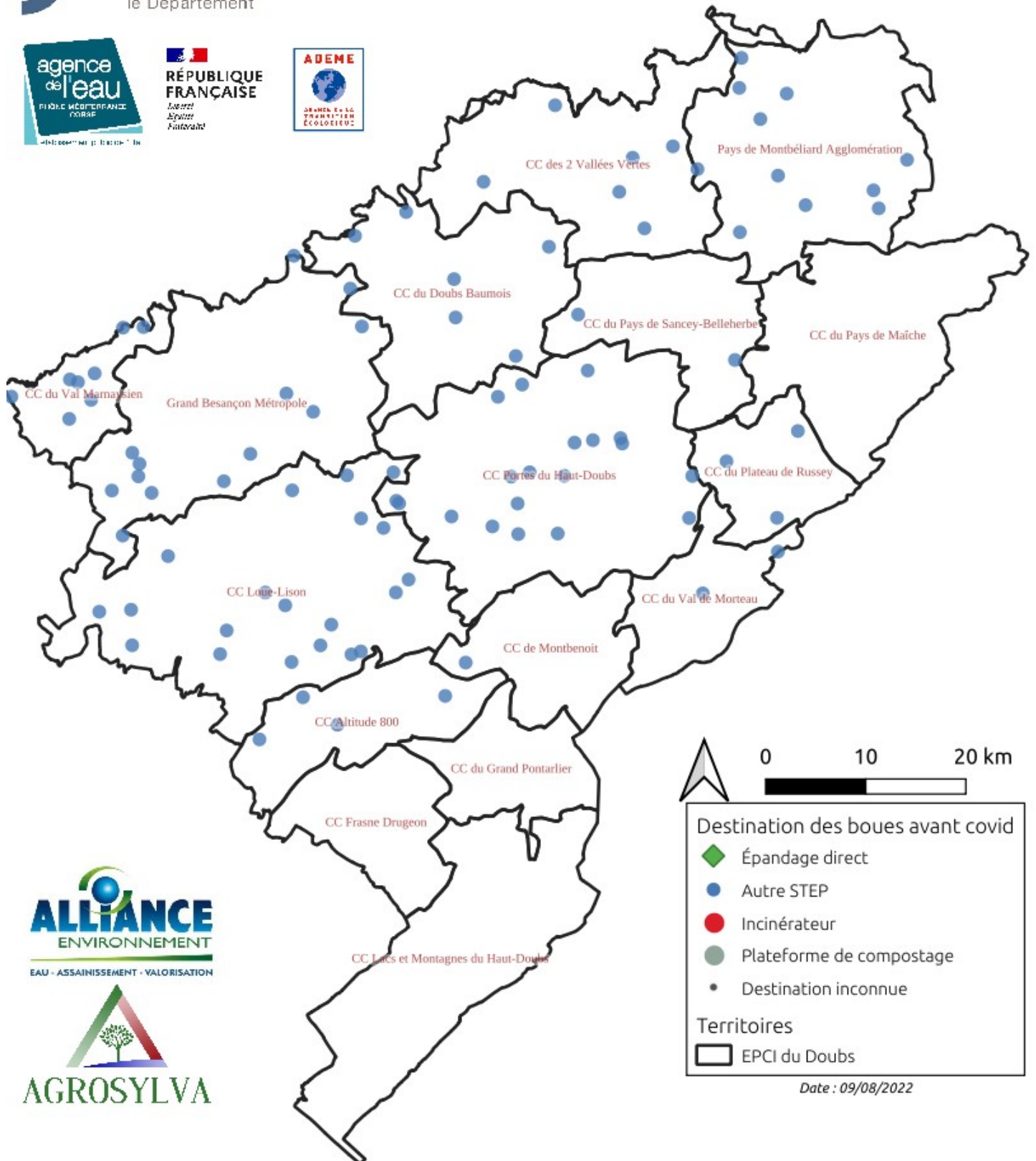
- ◆ Épandage direct
- Autre STEP
- Incinérateur
- Plateforme de compostage
- Destination inconnue

Territoires

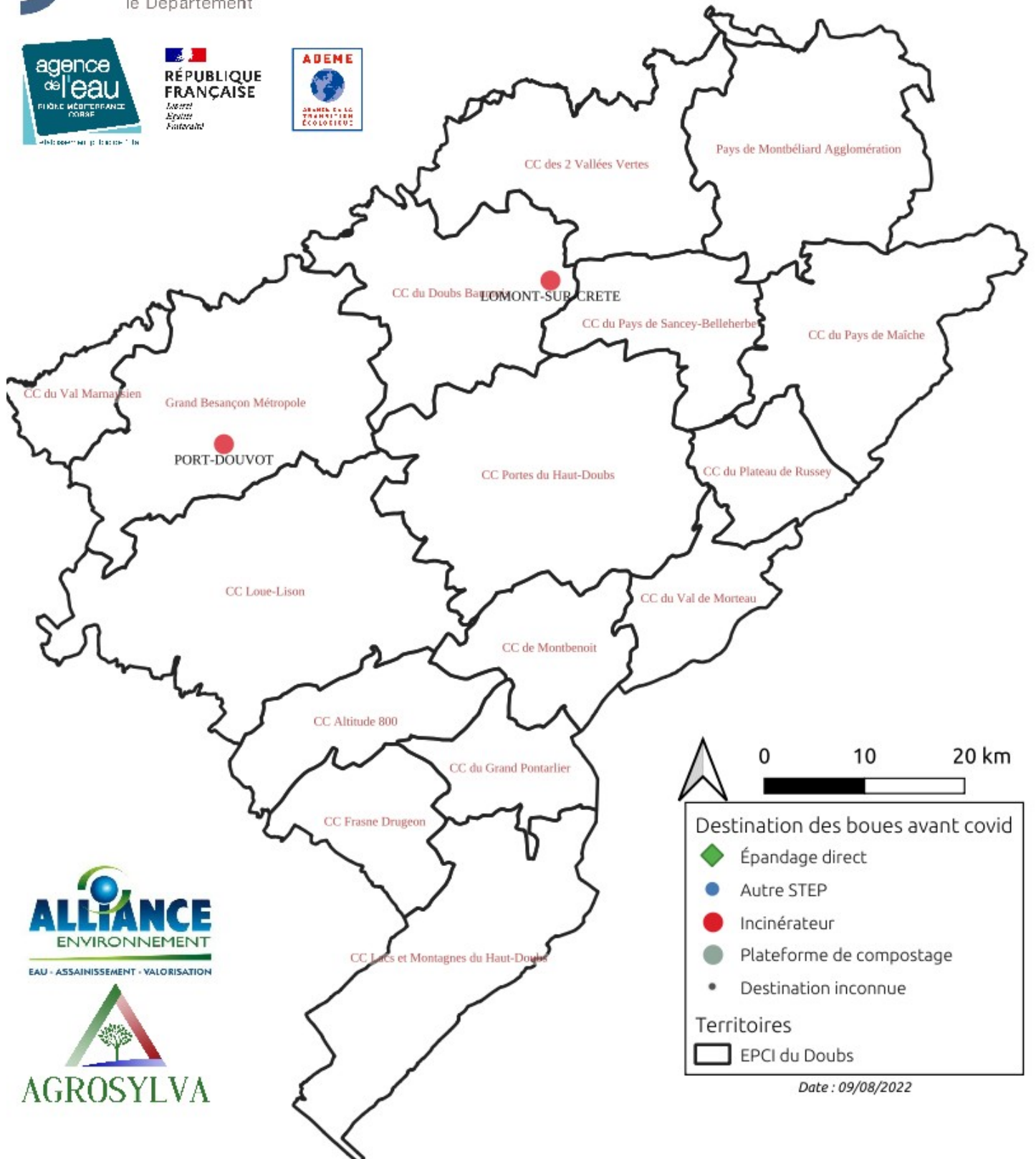
- EPCI du Doubs

Date : 09/08/2022

Destination des boues après Covid : dépôtage file eau autre STEP



Destination des boues après Covid : incinération



Étude de préfiguration de la gestion et de la valorisation des boues d'épuration domestiques dans le Doubs

Sites de traitement de boues externalisés



Sites de gestion des boues



Plateforme de compostage



Incinérateur



Centre d'enfouissement des déchets

Gisements de boues pris en charge

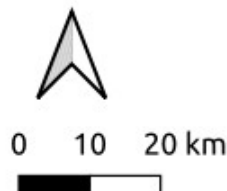
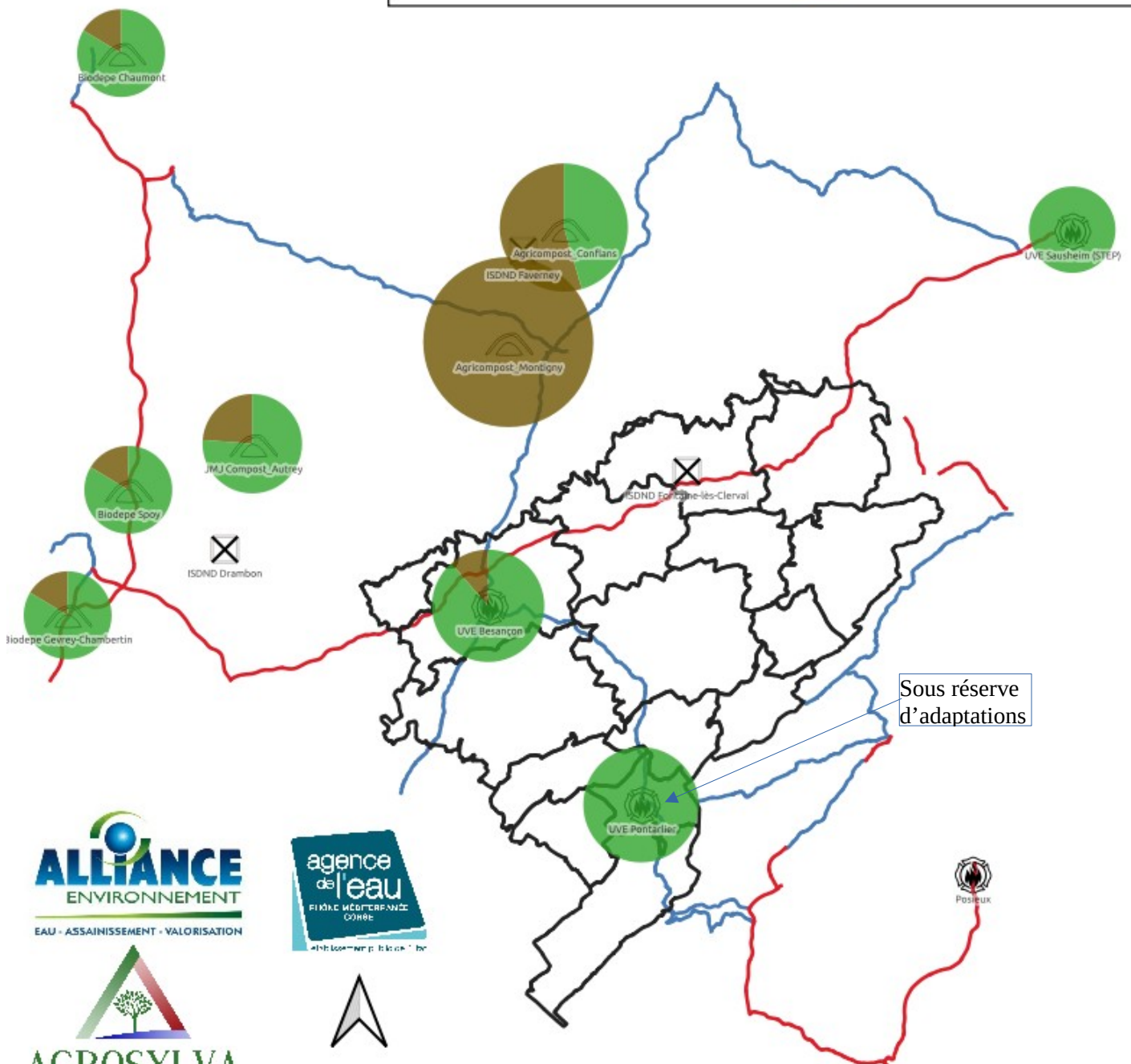
Tonnages annuels issus du Doubs

Capacité supplémentaire (marge)
(capacité théorique)

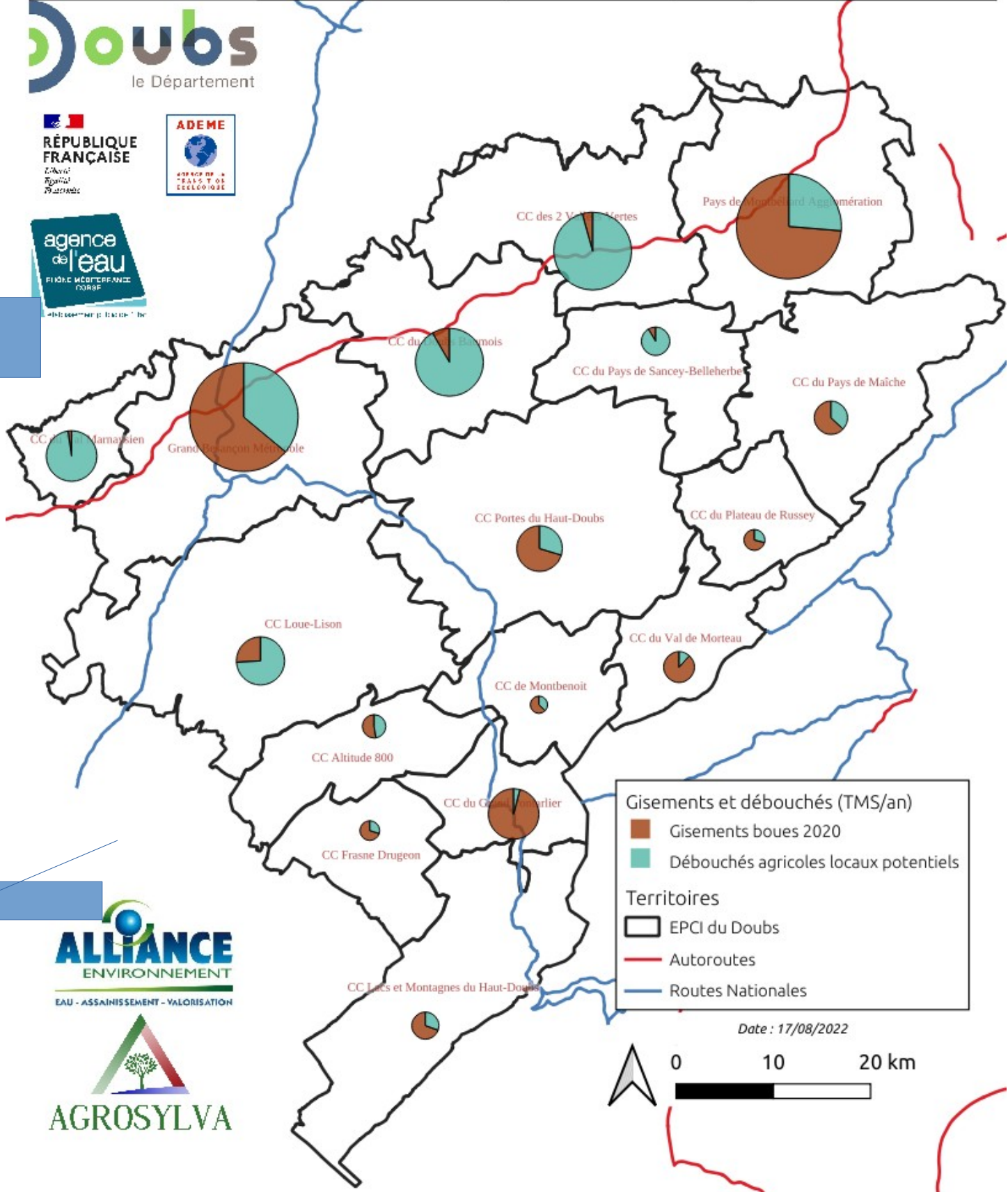
Territoires
 EPCI du Doubs

Autoroutes

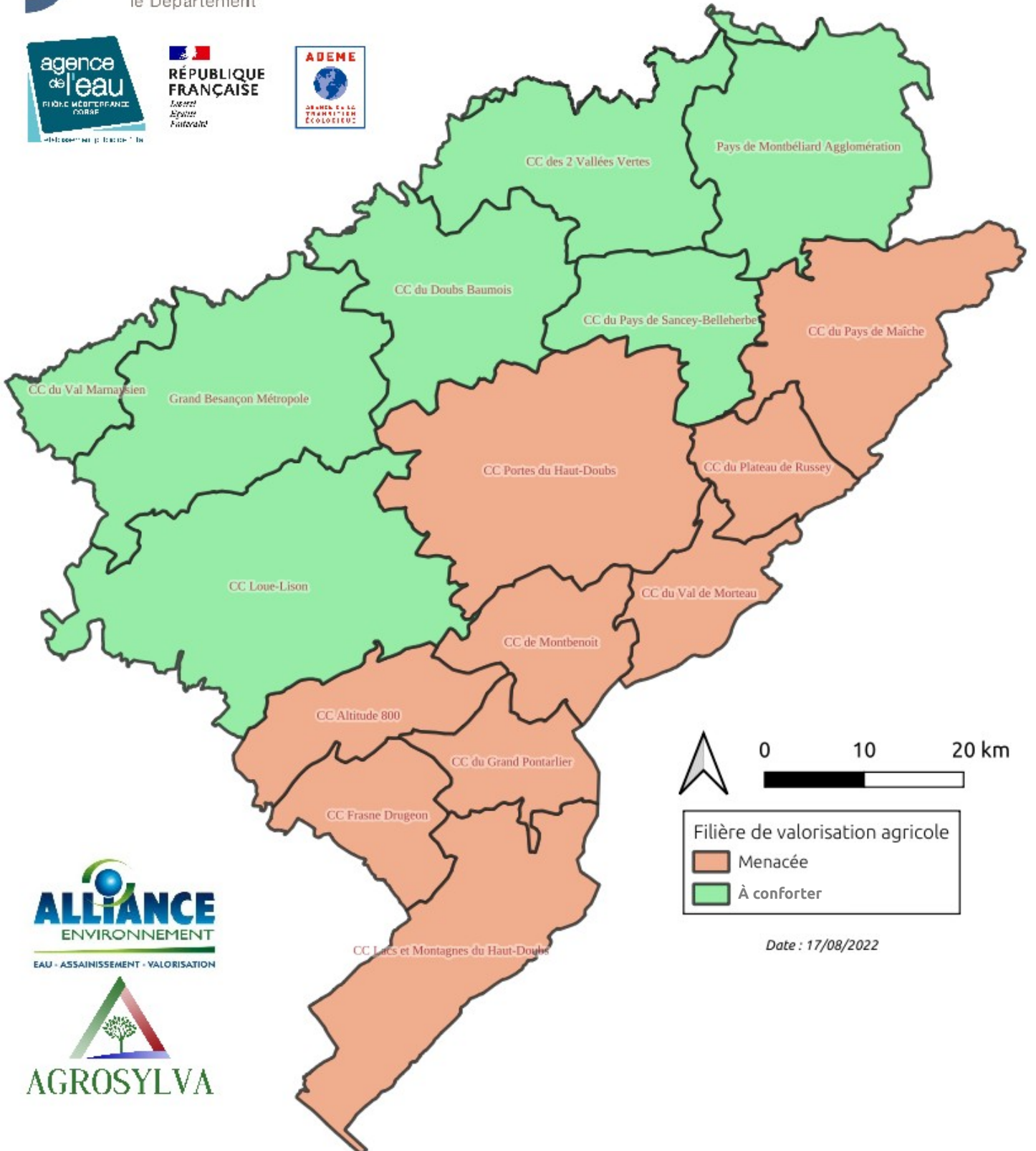
Routes Nationales



Étude de préfiguration de la gestion et de la valorisation des boues d'épuration domestiques dans le Doubs
Gisements de boues 2020 par EPCI comparés aux débouchés agricoles locaux potentiels (méthode du puzzle)

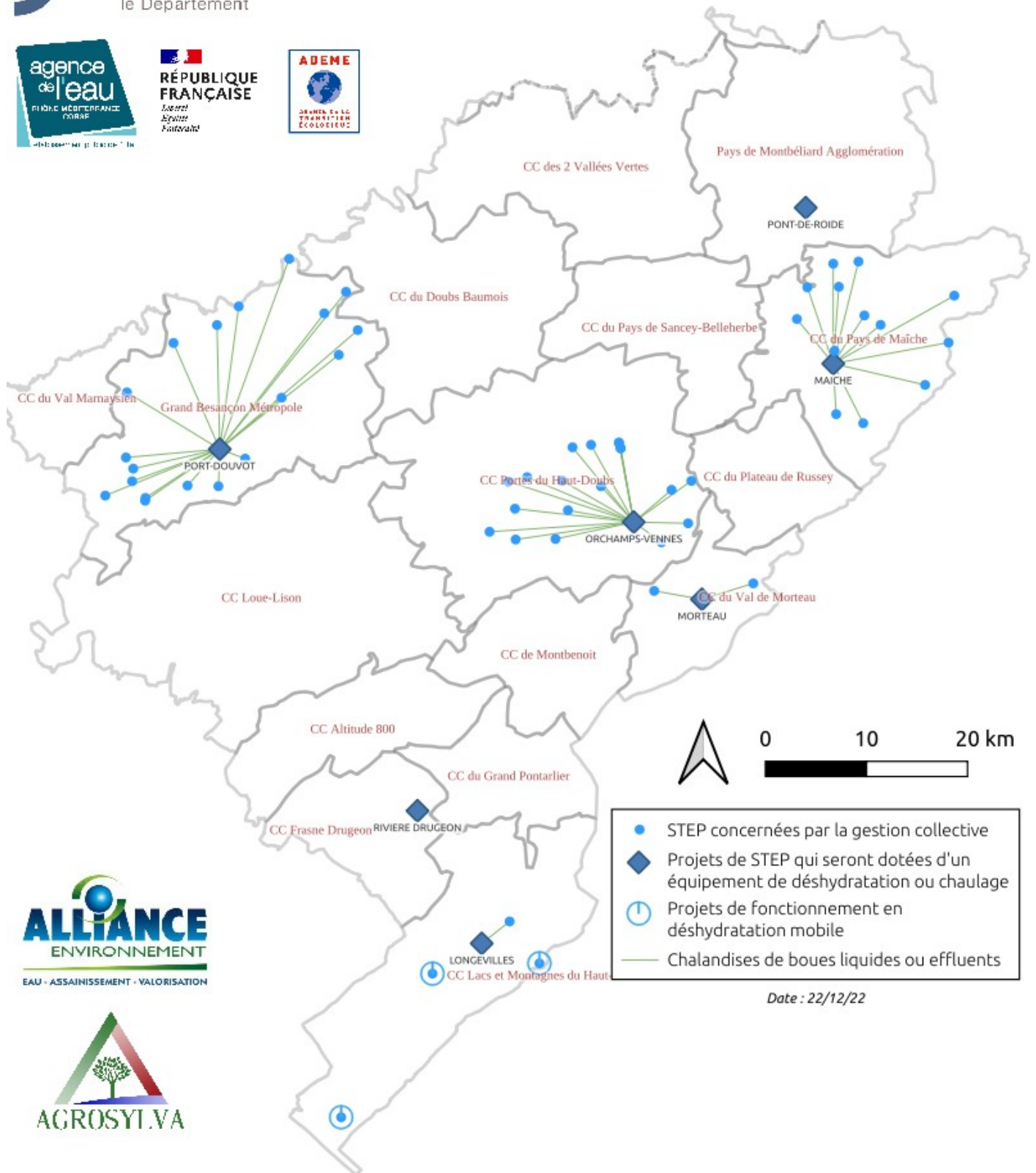


Étude de préfiguration de la gestion et de la valorisation des boues d'épuration domestiques dans le Doubs
Sectorisation vis à vis des contraintes de débouchés agricoles



Date : 17/08/2022

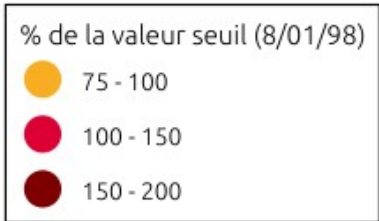
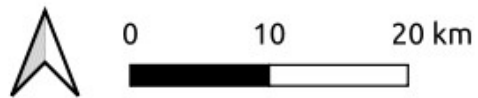
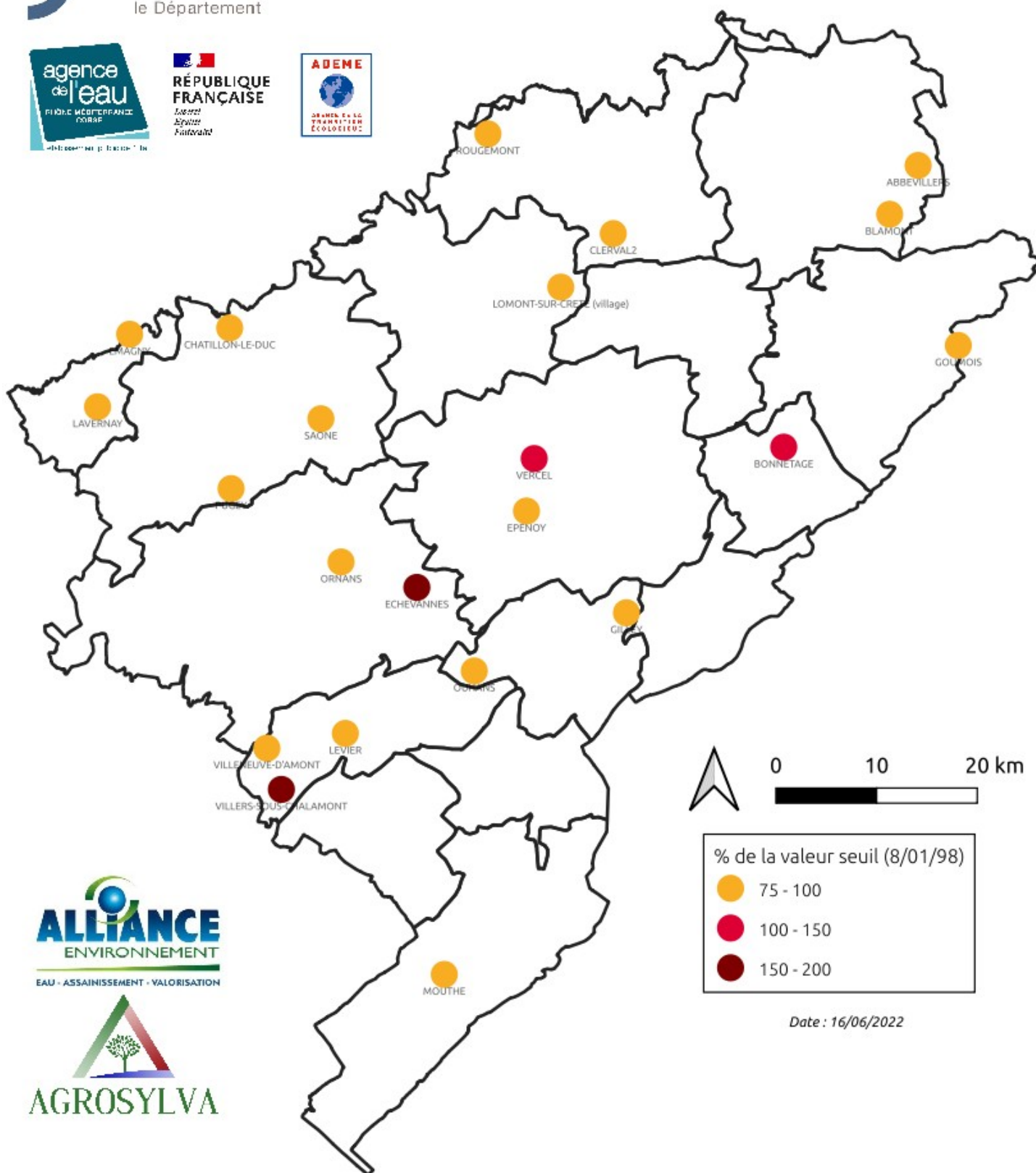
Étude de préfiguration de la gestion et de la valorisation des boues d'épuration domestiques dans le Doubs
Projets impliquant une gestion collective des boues par déshydratation mutualisée



ANNEXE 16 : STEP QUI ONT CONNU AU MOINS UNE NON CONFORMITÉ DE LEURS BOUES SUR LE PARAMÈTRE CUIVRE ENTRE 2016 ET 2020

Étude de préfiguration de la gestion et de la valorisation des boues d'épuration domestiques dans le Doubs

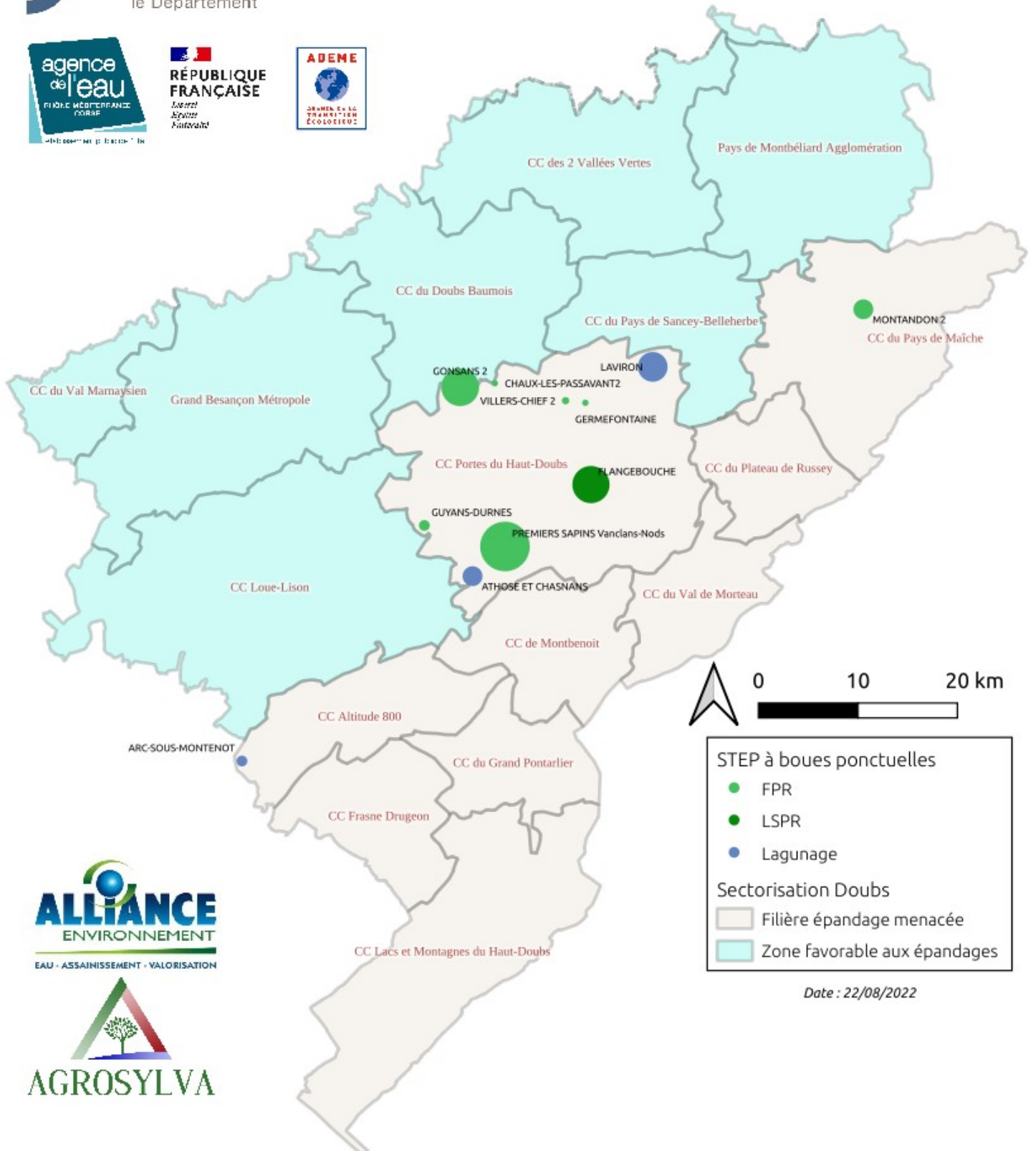
STEP qui ont eu au moins une non conformité en cuivre entre 2016 et 2020



Date : 16/06/2022



Étude de préfiguration de la gestion et de la valorisation des boues d'épuration domestiques dans le Doubs
Localisation des STEP à boues ponctuelles situées en zone "tendue" vis à vis des épandages de boues

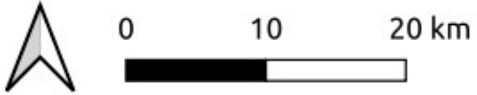
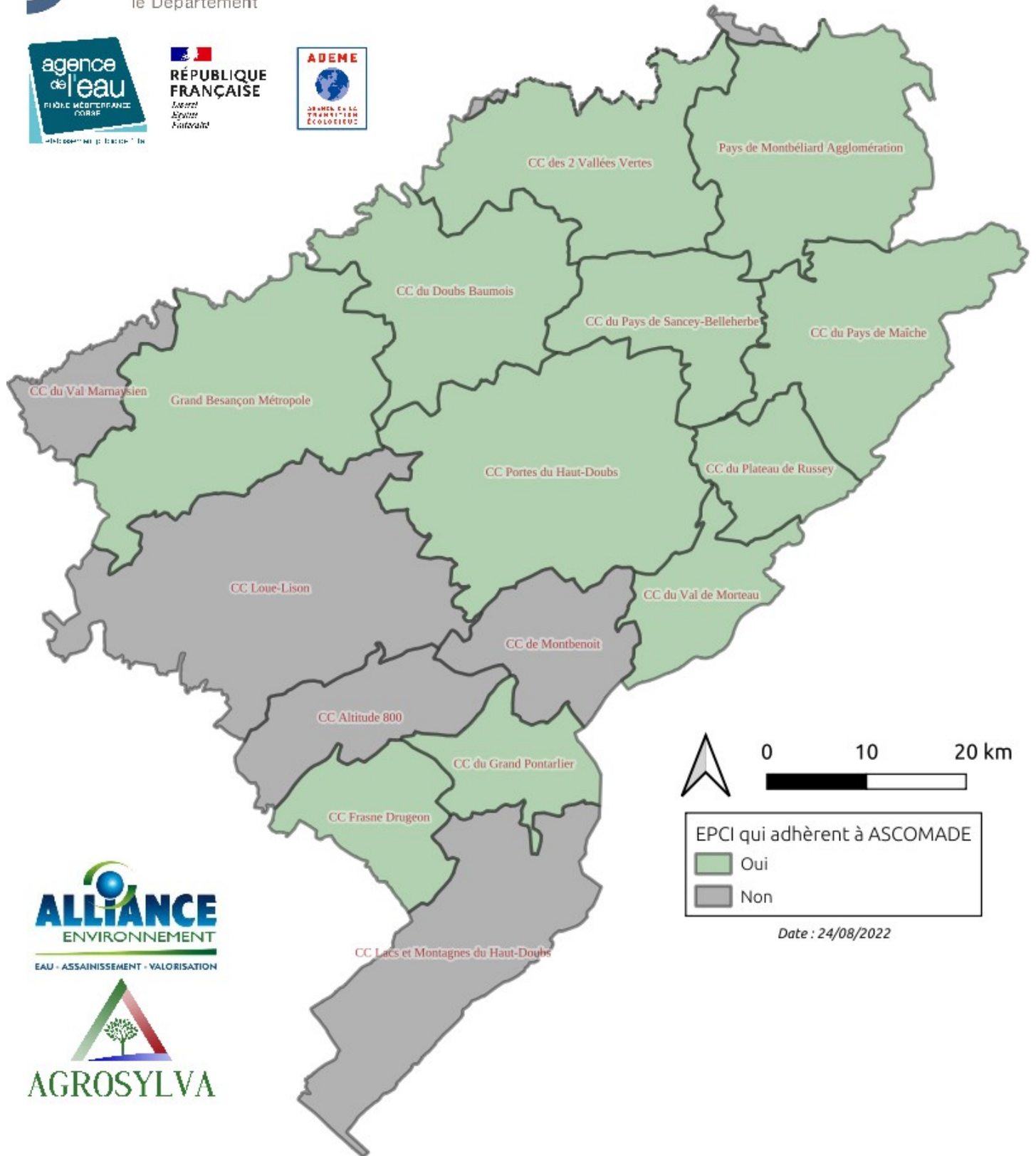


Date : 22/08/2022



Étude de préfiguration de la gestion et de la valorisation des boues d'épuration domestiques dans le Doubs

Collectivités qui adhèrent à ASCOMADE au titre de la compétence assainissement



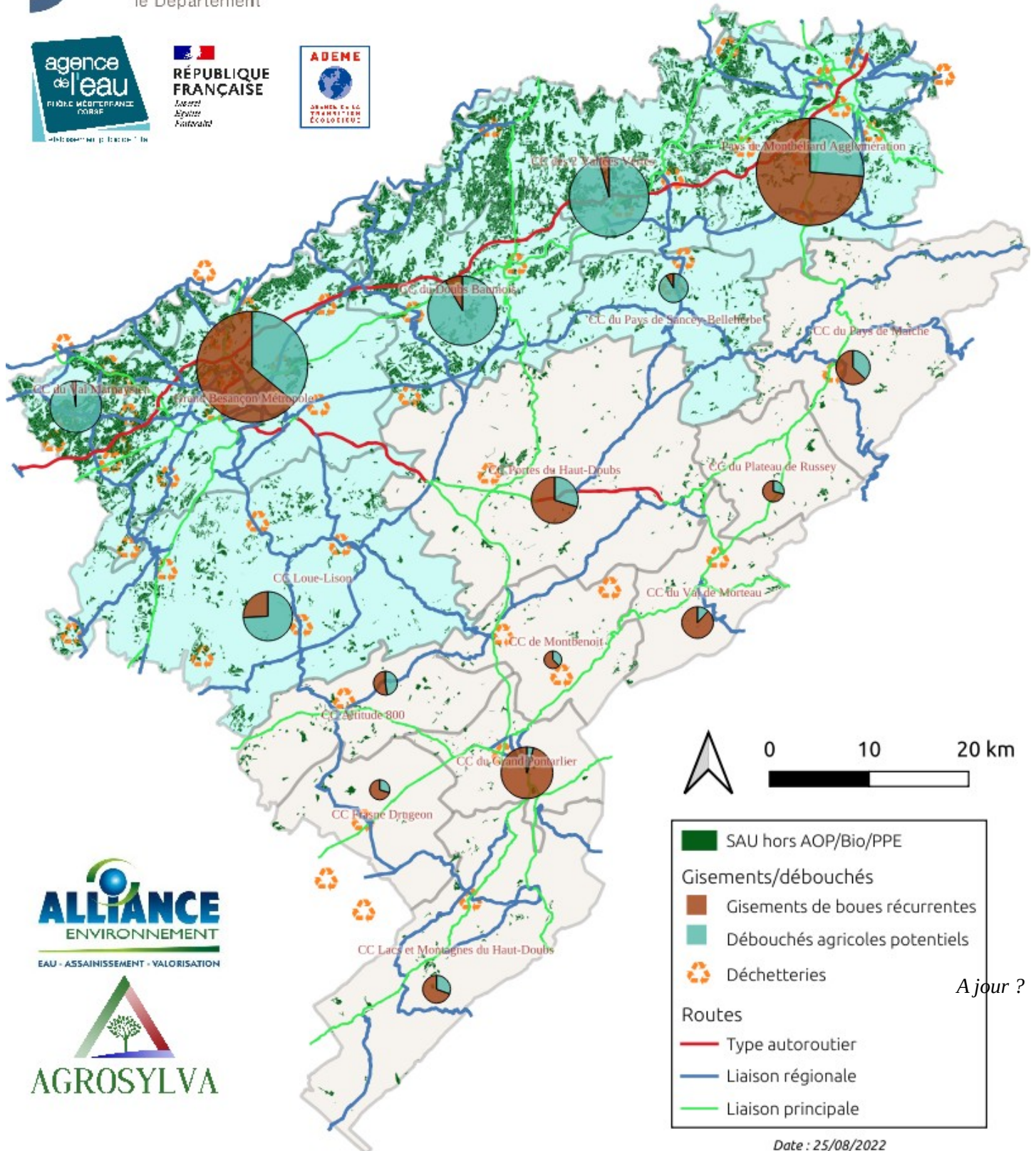
EPCI qui adhèrent à ASCOMADE

- Oui
- Non

Date : 24/08/2022

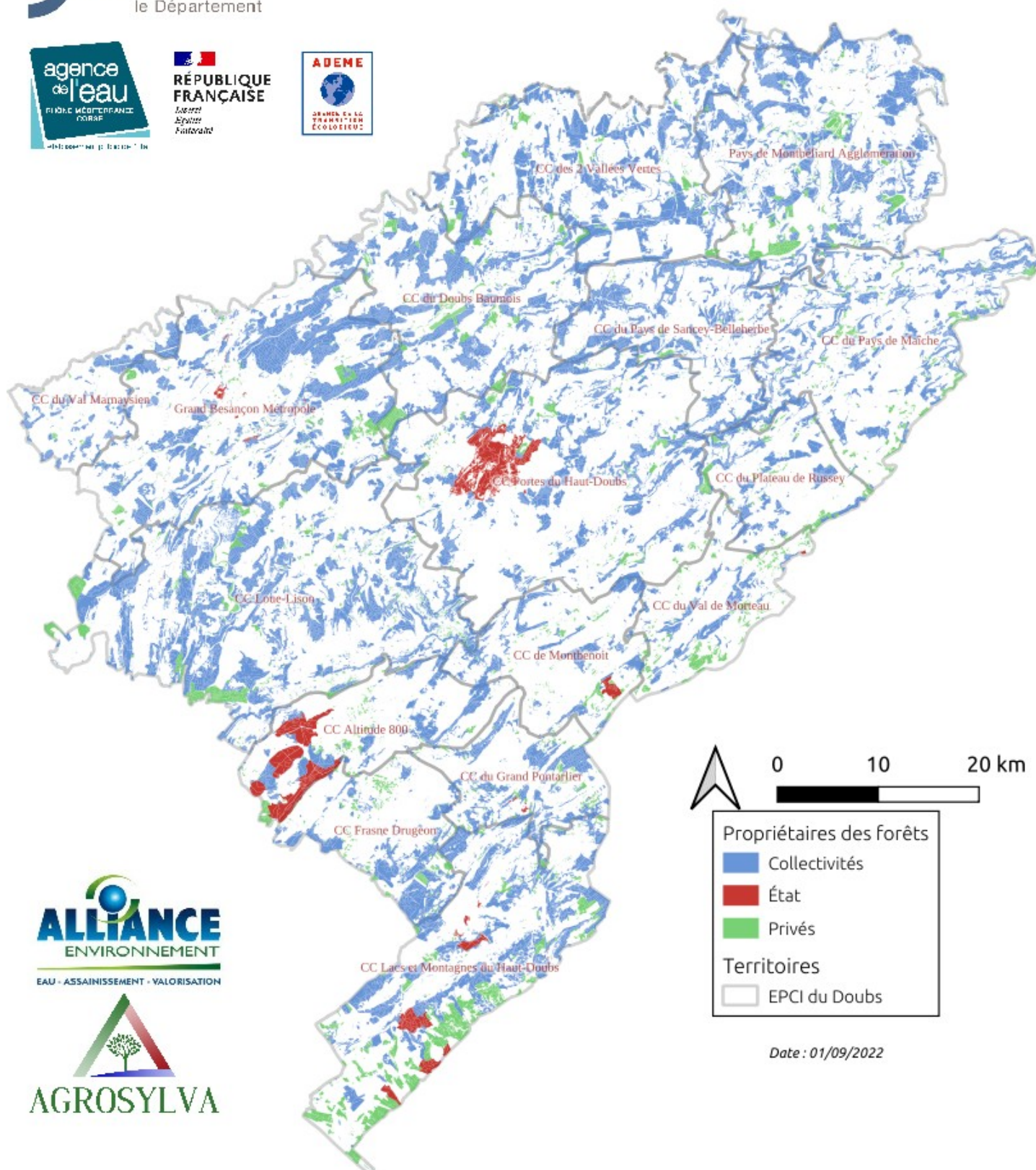


Étude de préfiguration de la gestion et de la valorisation des boues d'épuration domestiques dans le Doubs
Gisements de boues et débouchés potentiels mis en situation avec les liaisons routières



Étude de préfiguration de la gestion et de la valorisation des boues d'épuration domestiques dans le Doubs

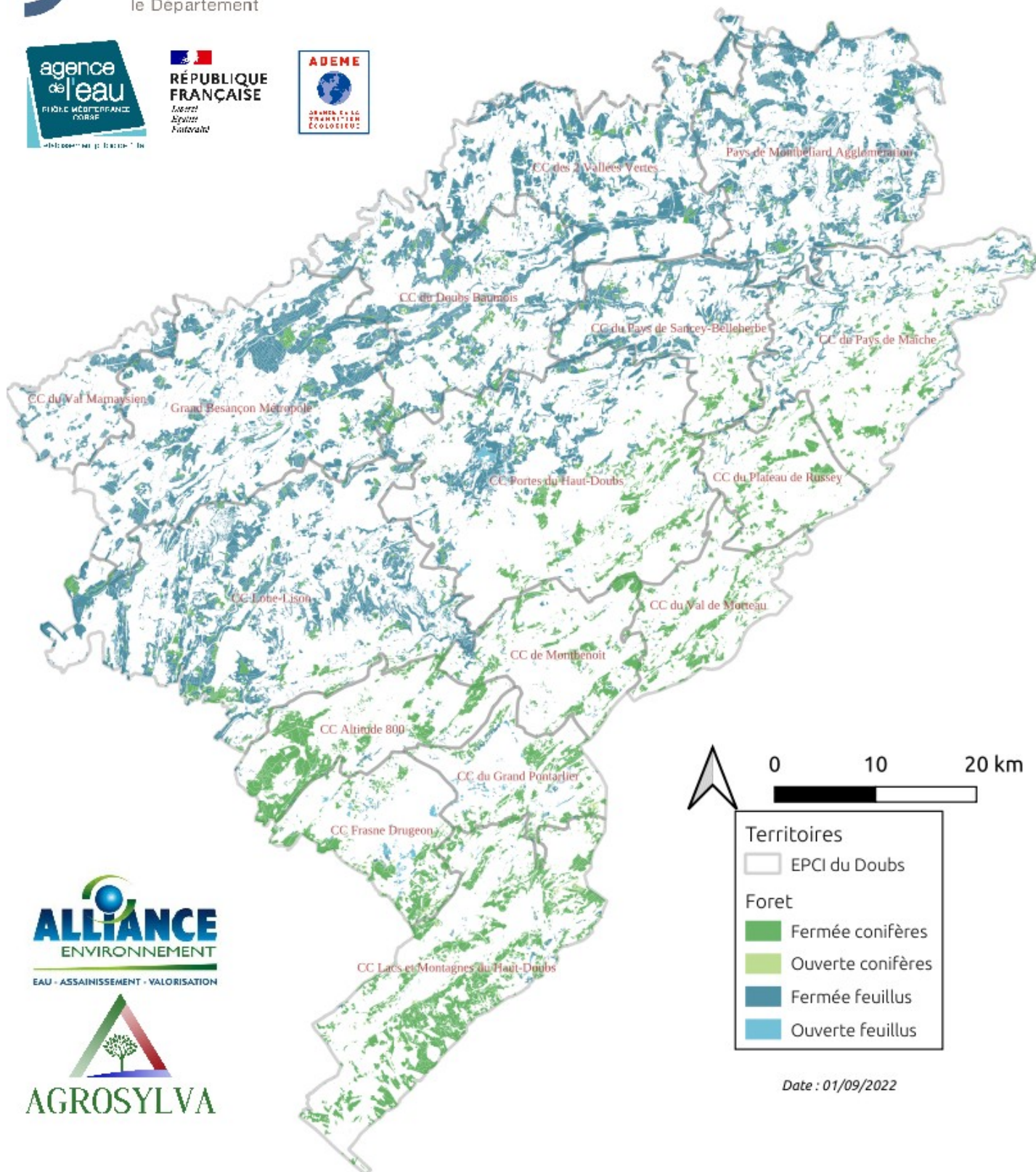
Catégories de propriétaires fonciers des surfaces forestières du département du Doubs



Date : 01/09/2022

Étude de préfiguration de la gestion et de la valorisation des boues d'épuration domestiques dans le Doubs

Répartition des catégories d'essences forestières sur le département du Doubs



Date : 01/09/2022

ANNEXE 22 : ANALYSE DE LA CONNAISSANCE SCIENTIFIQUE SUR L'IMPACT DES ÉPANDAGES DE BOUES DOMESTIQUES

APPROCHE SANITAIRE DE L'EPANDAGE DES BOUES D'EPURATION

Date : vendredi 25 novembre
2022

Mise à jour par :
Camille Mouton, Responsable du bureau d'études

ALLIANCE ENVIRONNEMENT EXPLOITATION

Agence 12

2, rue Pasteur
12000 Rodez

Tél : 05 65 55 00 41 – Fax : 05 65 75 51 42

Siège social

130, rue Clément Ader CS 10500
34400 Lunel

Tél : 04 67 47 00 24 – Fax : 04 67 42 98 42

SAS au capital de 3 830 000 € – 489 533 059 RCS Montpellier – APE 3821Z – www.alliance-env.fr



GLOSSAIRE

AEP : captage d'Adduction en Eau Potable

ANC : Assainissement Non Collectif

ARS : Agence Régionale de Santé

BRGM : Bureau de Recherche en Géologie Minière

C/N : rapport **carbone** sur **azote** ; inversement proportionnel à la vitesse de minéralisation des éléments constitutifs (éléments fertilisants, matière organique) de la boue ou du compost.

CAUE : Conseil d'Architecture, d'Urbanisme et d'Environnement

CBPA : Code des Bonnes Pratiques Agricoles

CaO : Oxyde de Calcium

CIPAN : Culture Intermédiaire Piège à Nitrates

CORPEN : Comité d'Orientation pour la Réduction de la Pollution des Eaux par les Nitrates

Cr : Chrome

CTO : Composés Traces Organiques (3 HAP et 7 PCB)

Cd : Cadmium

Cu : Cuivre

DDT : Direction Départementale des Territoires

DEV : Déchets d'Espaces Verts

DUP : Déclaration d'Utilité Publique

EH : Equivalent Habitant.

ETM : Eléments Traces Métalliques (Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn)

EU : Eaux Usées

HAP : Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques ; ce sont des Eléments Traces Organiques.

Hg : Mercure

ICPE : Installation Classée pour la Protection de l'Environnement

ISDD : Installation de Stockage des Déchets Dangereux

ISDND : Installation de Stockage des Déchets Non Dangereux

K₂O : Oxyde de Potassium

MEEDDAT : Ministère de l'Écologie de l'Énergie, du Développement Durable et de l'Aménagement du Territoire

MgO : Oxyde de Magnésium

MO : Matière Organique

MS : Matière Sèche

MV : Matières de Vidange

N : Azote

NH₄ : Azote ammoniacal

Ni : Nickel

OI : Organisme Indépendant

P : Phosphore

P₂O₅ : Oxyde de Phosphore

Pb : Plomb

pH : Potentiel Hydrogène

ppm : Partie Par Million

K : Potasse

PCB : PolyChloroBiphényles ; ce sont des Composés Traces Organiques (CTO)

PFC : Plate-Forme de Compostage

RPQS : Rapport sur le Prix et la Qualité du Service

RSD : Règlement Sanitaire Départemental

SAU : Surface Agricole Utile

Se : Sélénium

SPE : Surface Potentiel d'Épandage

STEP : STation d'Épuration

SYPREA : Syndicat des Professionnels du Recyclage en Agriculture

T_{MS} : Tonne de Matière Sèche

T_{MB} : Tonne de Matière Brute

TGAP : Taxe Générale sur les Activités Polluantes

U : Unité d'éléments fertilisants ; cela correspond à des kg/ha

Zn : Zinc

LAS : Linear Alkylbenzene Sulfonates

SOMMAIRE

| | |
|--|--------|
| GLOSSAIRE | - 1 - |
| SOMMAIRE | - 2 - |
| TABLE DES ILLUSTRATIONS..... | - 3 - |
| 1 VOIES DE CONTAMINATION ET RISQUES | - 4 - |
| 2 QUALITE DES BOUES | - 5 - |
| 2.1 Les Eléments-Traces Métalliques (ETM) | - 5 - |
| 2.2 Les Composés-Traces Organiques (CTO) | - 7 - |
| 2.3 Les micro-organismes pathogènes | - 8 - |
| 3 SUBSTANCES EMERGENTES..... | - 10 - |
| 3.1 Micropolluants organiques non pharmaceutiques..... | - 10 - |
| 3.2 Micropolluants à usage pharmaceutique | - 11 - |
| 3.3 État des lieux de la recherche et de la réglementation | - 12 - |
| 4 APPORT DE CONTAMINANTES AU SOL | - 13 - |
| 4.1 Les Eléments-Traces Métalliques (ETM) | - 13 - |
| 4.2 Les Composés-Traces Organiques (CTO) | - 15 - |
| 4.3 Substances émergentes | - 15 - |
| 5 DEVENIR DES POLLUANTS | - 17 - |
| 5.1 Persistance dans le sol | - 17 - |
| 5.2 Transfert du sol vers les végétaux..... | - 17 - |
| 6 EVALUATION DU RISQUE..... | - 19 - |
| 7 MAITRISE DES CONTAMINANTS CHIMIQUES ET BIOLOGIQUES DANS LES SOLS | - 20 - |
| 8 IMPACT DE L'ÉPANDAGE SUR LA QUALIT2 DES CULTURES ET DE L'ALIMENTATION..... | - 22 - |
| BIBLIOGRAPHIE..... | - 23 - |

TABLE DES ILLUSTRATIONS

| | |
|--|------------------------------------|
| Figure 1 : Part des différentes sources de contamination dans l'estimation des quantités totales d'ETM entrant sur les sols agricoles (ADEME, 2007)..... | Erreur ! Signet non défini. |
| Tableau 1 : Teneur moyenne en éléments-traces des boues d'épuration Françaises (MEEDDAT, 2005) | - 5 - |
| Tableau 2 : Nature des éléments-traces prédominants dans chaque type de roche | - 5 - |
| Tableau 3 : Stocks naturels d'éléments-traces dans les sols en France Métropolitaine (BDETM Gisol, 2011)- | 6 - |
| - | |
| Tableau 4 : Comparaison des teneurs en ETM (g/tMS) de plusieurs engrais et produits organiques (ADEME, 2001)..... | - 6 - |
| Tableau 5 : Teneurs moyennes en CTO des boues d'épuration françaises (SYPREA, 2000) | - 7 - |
| Tableau 6 : Charge en micro-organismes dans les boues d'épuration (ADEME 1994;CSHPPF 1998)..... | - 8 - |
| Tableau 7 : Survie des agents pathogènes dans différents milieux (d'après Berron, 1984; cité par FNDEA et ADEME, 1998)..... | - 9 - |
| Tableau 8 : Traitements avancés pour la réduction du risque pathogène (Commission Européenne, 2001)- | 9 |
| - | |

1 VOIES DE CONTAMINATION ET RISQUES

Les risques encourus lors de l'épandage de boues, comme lors de tout autre épandage de fertilisant, sont de trois natures :

- Les risques sanitaires pour l'homme par contamination directe (en particulier pour les intervenants de la filière d'épandage tels que le personnel des stations d'épuration, les transporteurs ou les agriculteurs) mais également par contamination due à une dégradation de la qualité des aliments.
- Les risques pour la santé des animaux et des cultures par la contamination directe du bétail après ingestion d'herbe souillée ou devenue toxique après absorption de contaminants contenus dans les boues.
- Les risques de contamination des sols, affectant leur bon fonctionnement biologique.

Les contaminants chimiques et biologiques de l'environnement actuellement recherchés dans un cadre réglementaire d'épuration sont les éléments-traces métalliques (ETM), les composés-traces organiques (CTO) et les micro-organismes pathogènes.

Depuis les années 1970 une nouvelle pollution a été identifiée sous forme de micropolluants. Analysées depuis seulement une quinzaine d'années, grâce à l'amélioration des techniques, ces substances dites émergentes comprennent les micropolluants organiques non pharmaceutiques (pesticides, cosmétiques, produits d'hygiène corporelle et d'entretien, retardateurs de flamme, plastifiants, etc.), et ceux à usage pharmaceutique (vétérinaire ou humain).

De plus, un certains nombres de microplastiques sont entraînés dans les réseaux d'eaux usées. Ces derniers sont traités en quasi-totalité par la station d'épuration avant rejet au milieu naturel mais se concentrent en partie dans les boues. L'origine de ces déchets plastiques est multiples (détergents, produits ménagers, cosmétiques, alimentation humaine...).

Les risques liés aux éléments ou composés-traces (ETM et CTO) s'expriment à long terme, par accumulation dans le sol après épandage. Deux conditions sont nécessaires : l'apport doit être régulier et les conditions physico-chimiques du sol ne doivent pas changer. Cependant, aux échelles de temps sur lesquelles peut s'observer le processus d'accumulation (50 à 100 ans au minimum, voire d'avantage), les parcelles agricoles sont soumises à des changements d'affectation, de pratiques culturales et de pertes par érosion (2 à 30 tonnes de terre /ha/an), ce qui suggère que le sol se transforme au cours du temps.

Les risques liés aux micro-organismes pathogènes s'expriment essentiellement à court terme, selon leur temps de survie dans le sol (quelques jours à quelques mois).

Les risques liés aux substances émergentes s'expriment à long terme, comme pour les ETM et les CTO, par la persistance dans l'environnement et le transfert du sol vers les végétaux consommés par l'homme et les animaux. Ces substances font l'objet d'une attention particulière car la majorité sont des perturbateurs endocriniens ou sont cancérigènes, mutagènes et reprotoxiques (CMR) potentiels ou avérés.

Les risques liés aux microplastiques sont surtout liés aux additifs qu'ils contiennent qui sont de potentiels contaminants chimiques. De plus, les bactéries qui se fixent sur les surfaces plastiques peuvent être des contaminants biologiques.

2 QUALITE DES BOUES

Une station d'épuration ne génère pas de produits polluants, elle ne fait que séparer la pollution rejetée par les diverses activités domestiques et industrielles et véhiculée par les réseaux d'assainissement.

La qualité des boues d'épuration dépend donc de la qualité des eaux usées, c'est-à-dire de la concentration en contaminants. Le taux de capture de ces contaminants par les boues se situe entre 70 % et 90 % des quantités entrantes dans la station d'épuration (ADEME, 1995).

2.1 Les Éléments-Traces Métalliques (ETM)

Le tableau 1 ci-après représente les teneurs moyennes en éléments-traces des boues d'épuration :

Tableau 1 : Teneur moyenne en éléments-traces des boues d'épuration Françaises (MEEDDAT, 2005)

| Éléments traces métalliques | Teneur moyenne g/t MS | % de la valeur seuil | Teneur moyenne Doubs g/t MS | % de la valeur seuil | Valeur seuil réglementaire g/t MS |
|-----------------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------------|----------------------|-----------------------------------|
| cadmium | 1,3 | 13% | 0,8 | 8% | 10 |
| chrome | 43 | 4% | 25,4 | 3% | 1000 |
| cuivre | 271,8 | 27% | 402,5 | 40% | 1000 |
| mercure | 1,1 | 11% | 0,5 | 5% | 10 |
| nickel | 21,3 | 11% | 18,4 | 9% | 200 |
| plomb | 49,7 | 6% | 23,1 | 3% | 800 |
| zinc | 598,3 | 20% | 515,7 | 17% | 3000 |

Le zinc et le cuivre sont les ETM les plus importants en quantité dans les boues (semblables aux valeurs des lisiers de porcs), puis viennent le plomb, le chrome, le nickel et enfin le cadmium et le mercure. Selon les activités économiques spécifiques raccordées au réseau d'assainissement, d'autres éléments métalliques peuvent être présents comme l'argent (rejets de laboratoires photos), le bore, le molybdène, etc.

Cas du Doubs : à titre de comparaison, sur 1066 bulletins d'analyses sur la période 2016-2020, les teneurs moyennes les plus importantes en termes d'ETM sont de 40% pour le cuivre et 18% pour le zinc.

Malgré tout, une politique rigoureuse de contrôle des rejets a prouvé qu'il était possible, même pour de grandes agglomérations, de produire des boues à faible teneur en ETM. Les données du Ministère du Développement Durable confirment enfin la baisse globale des teneurs en éléments traces des boues d'épuration.

2.1.1 Stocks naturels d'éléments traces dans les sols

Il faut garder à l'esprit que les éléments-traces sont naturellement présents dans les sols. Un certain nombre d'entre eux sont des oligo-éléments indispensables à l'alimentation des plantes. L'apport de boues par épandage vient alors augmenter le stock naturel du sol.

Les teneurs naturelles des sols en éléments-traces dépendent directement de la nature des roches mères sur lesquelles ils se sont formés (tableau 2).

Tableau 2 : Nature des éléments-traces prédominants dans chaque type de roche

| Type de roche | Élément-trace prédominant |
|-------------------------------|------------------------------|
| Magmatique ultrabasique | Chrome |
| Magmatique éruptive (basalte) | Cobalt, Nickel |
| Argiles-schistes | Chrome, Nickel, Zinc |
| Sédimentaires | Chrome, Zinc, Cadmium, Plomb |

Les stocks naturels d'éléments-traces varient d'une zone géographique à une autre et peuvent varier, pour un même lieu, selon la nature des travaux agricoles. Le tableau 3 ci-dessous présente des valeurs moyennes à l'échelle nationale.

Tableau 3 : Stocks naturels d'éléments-traces dans les sols en France Métropolitaine (BDETM Gisol, 2011)

| Eléments-traces | Stocks moyen national mg/kg | Valeurs limites de teneurs dans les sols mg/kg |
|-----------------|-----------------------------|--|
| cadmium | 0,28 | 2 |
| chrome | 38,3 | 150 |
| cuivre | 13,3 | 100 |
| mercure | 0,046 | 1 |
| nickel | 19,5 | 50 |
| plomb | 21,7 | 100 |
| zinc | 56,4 | 300 |

2.1.2 Comparaison avec quelques engrais et produits organiques

Certains effluents d'élevage comme les lisiers ou engrais minéraux présentent des teneurs en ETM proches voire supérieures à ceux des boues d'épuration comme le montre le tableau 4 ci-dessous.

Tableau 4 : Comparaison des teneurs en ETM (g/tMS) de plusieurs engrais et produits organiques (ADEME, 2001)

| | Cd | Cr | Cu | Hg | Ni | Pb | Se | Zn |
|--|------------|-----------|------------|------------|-----------|-----------|----------|------------|
| Boues de station d'épuration | 2,5 | 50 | 330 | 2,3 | 40 | 90 | 10 | 800 |
| Engrais phosphaté (Super 45) | 48 | 230 | 35 | * | * | 2,5 | * | 380 |
| Engrais azoté (Ammonitrate) | 0,5 | 7 | 0,5 | * | * | 0,2 | * | 0,8 |
| Engrais potassique (Chlorure de Potassium) | * | 11 | 5 | * | * | * | * | 11 |
| Fumiers de bovins | 0,7 | 11 | 28 | * | 21 | 10 | * | 150 |
| Lisiers de porcs | 0,3 | 18 | 300 | * | 14 | 12 | * | 700 |
| Moyenne des boues du Doubs | 0,8 | 25 | 402 | 0,5 | 18 | 23 | * | 515 |

* les colonnes vides correspondent le plus souvent à des valeurs nulles, parfois des valeurs manquantes

2.2 Les Composés-Traces Organiques (CTO)

Ce sont des produits chimiques (hydrocarbures et leurs dérivés, produits de dégradation, solvants, etc...) qui sont dégradés, plus ou moins fortement, par l'activité microbiologique du sol. A haute dose, ils peuvent également être toxiques pour les micro-organismes essentiels à la fertilité du sol.

La réglementation française a retenu comme indicateur des composés résistants à la biodégradation :

- Trois HAP ou hydrocarbures polycycliques aromatiques, issus principalement de la combustion des carburants ou du chauffage et dans une moindre mesure d'effluents industriels mais aussi de la dégradation naturelle de matière végétale (feux de forêt et de prairies, éruptions volcaniques)
- Sept PCB ou polychlorobiphényles, autrefois utilisés comme isolant dans les transformateurs électriques, ne sont plus produits en France depuis 1977 mais sont persistants dans l'environnement.

Ils peuvent se retrouver dans les eaux usées par le lessivage des chaussées par les eaux de pluie (réseaux unitaires), mais ils sont essentiellement présents dans les sols et cultures via les retombées atmosphériques et la pollution de l'air (combustion, incinération, circulation, etc.) . Dans ce cadre, ils se déposent directement à la surface des plantes et sont « exportés » en même temps que la récolte vers les circuits de transformation agro-alimentaires.

Le tableau 5 ci-dessous présente les teneurs moyennes en CTO des boues d'épuration.

Tableau 5 : Teneurs moyennes en CTO des boues d'épuration françaises (SYPREA, 2000)

| CTO considéré | | Teneur moyenne (g/t MS) | Valeur-limite réglementaire (g/t MS) | % de la valeur seuil | Teneur moyenne Doubs |
|---|----------------------|-------------------------|--------------------------------------|----------------------|----------------------|
| Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) | Fluoranthène | 0,06 à 0,68 | 5 | 11% | 0,37 |
| | Benzo(b)fluoranthène | 0,10 à 0,38 | 2,5 | 16% | 0,25 |
| | Benzo(a)pyrène | 0,08 à 1 | 2 | 16% | 0,16 |
| Polychlorobiphényles : total 7 PCB | | 0,06 à 0,35 | 0,8 | 25% | 0,07 |

Cas du Doubs : à titre de comparaison, sur 1066 bulletins d'analyses sur la période 2016-2020, les teneurs moyennes les plus importantes en termes de CTO sont égales à 10% de la valeur seuil.

Les CTO sont présents dans les boues à de très faibles teneurs (moins de 1 g/tMS), souvent sous le seuil de détection analytique.

Stocks naturels de composés traces organique dans les sols

Ces molécules sont majoritairement d'origine anthropique (produits de la chimie, résidus de combustion, etc.) et à la différence des éléments traces métalliques, ils ne sont pas présents à l'état naturel dans le sol.

Les stocks initiaux de CTO dans le sol avant épandage peuvent être quantifiés, ce qui permet d'évaluer la persistance de ces molécules dans le sol.

Ces produits particulièrement persistants font craindre, comme pour les ETM, une accumulation dans le sol. Toutefois, les expérimentations tendent à montrer que les CTO apportés par les boues ne passent pas du sol vers les plantes. (Source : étude CNRS/INERIS 14 novembre 2014 substances émergentes dans les boues et composts de boues de stations d'épurations d'eaux usées collectives – caractérisation et risques sanitaires)

2.3 Les micro-organismes pathogènes

Les boues d'épuration contiennent des micro-organismes vivants en provenance des eaux usées et des processus de traitement. Seule une infime partie d'entre eux sont pathogènes et présentent un danger infectieux. Ces organismes appartiennent à cinq catégories différentes d'êtres vivants : virus, bactéries, protozoaires, champignons et helminthes (vers parasites). Parmi eux, on distingue habituellement ceux qui affectent l'homme et ceux qui nuisent aux animaux.

Les quantités des différents micro-organismes pathogènes dans les boues varient en fonction :

- De la nature des rejets recueillis par le réseau (domestiques, industriels, ...),
- De la taille de l'agglomération,
- De l'état sanitaire de la population raccordée,
- Des traitements effectués sur les eaux et les boues.

Les principaux micro-organismes pathogènes rencontrés dans les boues d'épuration sont présentés dans le tableau 6 suivant :

Tableau 6 : Charge en micro-organismes dans les boues d'épuration (ADEME 1994;CSHPF 1998)

| | | |
|--|-------------------------|---|
| Œufs d'helminthes | Boues primaires | $10^3-10^4/\text{kg}$ |
| | Boues digérées | $10^2-10^3/\text{kg}$ |
| | Boues semi-déshydratées | $10^1-10^3/\text{kg}$ |
| Kystes de protozoaires (<i>Giardia</i>) | Boues primaires | $7.7 \cdot 10^4-3 \cdot 10^6/\text{kg}$ |
| | Boues digérées | $3 \cdot 10^4-1 \cdot 10^3/\text{kg}$ |
| | Boues déshydratées | $7 \cdot 10^1-10^2/\text{kg}$ |
| Entérovirus | Boues primaires | nd- 10^3 NPPUC/10g |
| | Boues activées | nd-270 NPPUC/10g |
| | Boues épaissies | nd-72 NPPUC/10g |
| Bactéries (<i>Salmonella</i>) | Boues primaires | $10^2-10^3/\text{g}$ |
| | Boues secondaires | $9 \cdot 10^2/\text{g}$ |
| Coliformes fécaux | Boues primaires | $10^7-10^8/\text{g}$ |
| | Boues secondaires | $10^6/\text{g}$ |
| | Boues digérées | $10^2-10^6/\text{g}$ |

nd : non détecté ;

NPPUC : nombre le plus probable d'unités cytopathiques

Ces chiffres sont à comparer avec la charge de notre environnement en micro-organismes :

- Le sol : 10^8-10^9 /g, c'est-à-dire autant de bactéries que dans les boues
- Les excréments des animaux familiers véhiculent de nombreux micro-organismes fécaux (ex. pour un chat : $7,9 \cdot 10^6$ coliformes fécaux/g de fèces et $27 \cdot 10^6$ streptocoques fécaux/g de fèces)
- Le lisier de porc : $2 \cdot 10^5$ coliformes/ml

La survie de ces organismes dans le sol dépend de nombreux paramètres liés aux caractéristiques de la boue, aux conditions d'épandage et aux conditions climatiques, ainsi qu'aux caractéristiques physico-chimiques du sol (PH et potentiel redox) ?. Globalement, les virus et les bactéries ont des durées de vie assez courtes dans les sols tandis que les helminthes peuvent survivre pendant plusieurs mois après épandage. En effet, le sol ne constitue pas un milieu favorable à la survie des micro-organismes pathogènes. L'épandage accélère leur destruction en les soumettant aux effets du climat (température, rayonnement solaire, humidité) et aux effets du sol (compétition avec d'autres micro-organismes, conditions physico-chimiques).

Ainsi, l'action de nombreux facteurs défavorables en terre labourable limite la survie et la présence dans l'horizon superficiel à une durée comprise entre 30 et 90 jours. La survie des protozoaires est quant à elle mal connue (ADEME, SYPREA, FP2E et INERIS, 2007).

Le tableau 7 suivant donne une idée du temps de survie des micro-organismes selon les milieux cultivés.

Tableau 7 : Survie des agents pathogènes dans différents milieux (d'après Berron, 1984; cité par FNDEA et ADEME, 1998)

| ORGANISMES | TEMPS ET MILIEU DE SURVIE | | |
|-------------------|------------------------------------|---|-----------------------------------|
| | Minimal | Moyenne | Maximal |
| Bactéries | | | |
| Coliformes | 6 jours milieu à 40-60% d'humidité | 14 jours sur herbe | 38 jours surface du sol |
| Salmonelles | 5 jours sur choux et groseilles | 40 jours sur légumes ou en surface du sol | 3 mois d'hiver ou sur sol sableux |
| Streptocoques | 35 jours surface du sol | | 63 jours dans le sol |
| Virus | | | |
| Entérovirus | 4 jours sur racines de haricots | | 12 jours dans le sol |
| Helminthes (vers) | | | |
| Œufs d'Ascaris | 27 jours sur légumes | 2 ans sur sol irrigué | 6 ans dans le sol |

La prévention des risques sanitaires liés aux agents biologiques a conduit à des restrictions d'application, définies par la réglementation, en fonction de la nature des activités à protéger.

Toutefois, l'enfouissement des boues peut ralentir la disparition, ou l'inactivation (perte de la viabilité) des micro-organismes pathogènes. Certains organismes, comme les vers parasites, peuvent prendre des formes de résistance (œufs) qui leur donnent une bonne capacité de survie. **Cela justifie un renforcement des précautions en cas d'épandage sur prairies** en particulier.

Les procédés d'épuration biologiques ou physico-chimiques classiques ayant une efficacité limitée sur les micro-organismes pathogènes, **des traitements d'hygiénisation des boues ont été développés permettant d'éliminer en grande partie ou totalement ces micro-organismes pathogènes.**

Le tableau 8 ci-dessous donne un aperçu de ces traitements.

Tableau 8 : Traitements avancés pour la réduction du risque pathogène (Commission Européenne, 2001)

| Procédé | Paramètres |
|--|---|
| Compostage en andains | 55°C, 4 heures entre chaque 3 retournements, suivi d'une maturation |
| Compostage en andain et en tunnel | 40 °C, 5 jours dont 4 heures à 55 °c suivi d'une maturation |
| Séchage thermique | 80 °C, 10 min et réduction de l'humidité en dessous de 10 % |
| Digestion thermophile (aérobie et anaérobie) | 55°C, 4 heures avec une temps de séjour suffisant pour stabiliser la boue |
| Traitement thermique suivi d'une digestion | 70 °C, 30 min suivi d'une digestion anaérobie mésophile à 35 °C avec un temps de séjour de 12 jours |
| Chaulage | pH 12, 55 °C pendant 2 heures après mélange |

On considère qu'une boue est hygiénisée lorsque les concentrations en micro-organismes pathogènes sont réduites en dessous des seuils définis par l'article 16 de l'arrêté du 8/01/98.

Si ces procédés peuvent être utilisés à un coût acceptable pour les grosses stations d'épuration, ils restent, d'un point de vue économique, difficilement accessibles pour les petites communes.

Mais en premier lieu, les règles élémentaires d'hygiène du travail lors de la manipulation des boues d'épuration – comme de toute matière organique animale ou végétale – doivent être respectées (vêtements de travail lavés régulièrement, lavage des mains, douche, lavage du matériel, etc.).

3 SUBSTANCES EMERGENTES

Ce sont des substances dites « nouvelles » présentes sur le marché et dans l'environnement, mais pas ou peu réglementées à ce jour. Elles ne font pas l'objet d'une définition générale et il n'existe pas de liste exhaustive de substances incluses dans ce terme. Soit parce qu'elles viennent d'apparaître et que leur comportement, leur devenir et leurs effets ne sont pas bien connus, soit parce qu'elles ne faisaient pas l'objet d'évaluation de risques auparavant.

De nombreuses études, commandées par les établissements institutionnels ont été réalisées avec la collaboration d'organismes de recherche publics ou privés, afin d'identifier les substances présentes dans l'environnement et de les quantifier. Il n'existe pas beaucoup d'études en France concernant les substances émergentes dans les boues et leur devenir, mais on s'y intéresse néanmoins de plus en plus.

Les résultats présentés dans cette notice sont issus du projet AMPERES, d'une étude de l'INRA et d'une étude de l'INERIS parues respectivement en 2009, 2013 et en 2014, qui ont quantifié les substances émergentes dans les boues en sortie de STEP et caractérisé les risques associés à leur épandage.

Les listes de substances sont établies à partir d'examen d'écotoxicité et d'occurrence. Pour les substances pharmaceutiques, les données de consommation de médicaments française sont également prises en compte.

3.1 Micropolluants organiques non pharmaceutiques

Issues de l'activité industrielle, ces substances sont présentes tout au long de la chaîne de production. On les utilise dans tous les secteurs d'activité et elles sont nos produits du quotidien.

Le tableau 9 suivant illustre la présence de quelques substances dans les boues d'épuration.

Tableau 9 : Teneurs moyennes en substances non pharmaceutiques des boues d'épuration françaises (AMPERES, 2009 et INERIS, CNRS 2014) et mondiale (INRA, 2013)

| Substances | Présence | Ordre de grandeur (3 études) ($\mu\text{g/g}$ de MS) |
|--|----------|--|
| Phénols, Alkylphénols | 70 % | 0,1 à 360 |
| HAP (origine pyrolitique, pétrogénique) | 85 % | 0,5 à 10 |
| PBDE (retardateurs de flamme) | -* | 0,2 à 110 |
| COV (intermédiaires de synthèse) | 10 % | <0,3 |
| PFOA/PFOS (imperméabilisants) | -* | <0,1 |
| Phtalates (plastifiants) | >70% | 10 |
| PCDD / PCDF (dioxines / furanes) | -* | $0,01 * 10^{-3}$ (= 10 ng/kg) |
| LAS (détergents, liquide vaisselle) | -* | 10 |
| Galaxolide odorante (savon, spray, parfum) | 93 % | <70 |
| Cholestènes (produits de soins corporels) | 89 % | 6500 |

*manque de données ou valeurs ne dépassant pas les limites de détection ou de quantification.

Les teneurs des substances retrouvées dans les boues sont relativement faibles, de l'ordre du $\mu\text{g/g}$, voire une centaine de $\mu\text{g/g}$ de MS. Cependant, les risques associés sont essentiellement fonction de l'écotoxicité de ces substances même à faibles concentrations.

Les cholestènes ne sont pas à prendre en compte car ils sont présents naturellement dans les excréments et les végétaux, d'où une teneur élevée dans les boues.

En général (dans les 3 études) et indépendamment de leurs effets, les substances retrouvées en concentrations les plus élevées sont les phénols et les alkylphénols. Les PBDE (Polybromodiphényléthers), les HAP, les Phtalates et la Galaxolide sont aussi présents dans des quantités plus ou moins importantes suivant les études. A noter que les HAP ont été mesurés dans 100% des échantillons par l'INERIS.

Les substances retrouvées dans des gammes de concentrations les plus faibles sont les COV (nonane, cyclohexane, octane,...) avec une fréquence de détection de 10%.

Cas des pesticides

Les pesticides sont très solubles dans l'eau et ne sont donc que très peu retrouvés dans les boues (exemple du glyphosate et de son produit de dégradation, l'AMPA). Dans les études considérées, ils ont été quantifiés à des teneurs très faibles, inférieures à 0,1 µg/L (SIAAP, 2014 et AMPERES, 2009).

En général, les apports en pesticides liés aux épandages de boues d'épuration domestiques sont faibles quand on les compare avec les quantités apportées par les traitements phytosanitaires directement sur les cultures. Le risque lié à l'épandage des boues paraît donc négligeable face aux pratiques culturales classiques.

3.2 Micropolluants à usage pharmaceutique

Les substances pharmaceutiques sont devenues une source inquiétante de pollution de l'environnement, due à la consommation croissante de médicaments à destination humaine mais aussi vétérinaire. Cette contamination provient de plusieurs sources :

- rejets lors des procédés de fabrication ;
- médicaments non utilisés jetés aux ordures ;
- rejets par le réseau d'assainissement ;
- excréctions animales directement dans le milieu.

La France est l'un des pays les plus consommateurs de médicaments en Europe (InVS, 2015). En 2013, un peu moins de 3,1 milliards de boîtes ont été vendues, soit environ 48 boîtes par habitant (ANSM, 2013). En 2014, la consommation de médicaments s'élevait à 33,9 milliards d'euros, soit plus de 500 euros par habitant (DREES, 2015).

Les médicaments à usage humain les plus vendus sont les analgésiques (paracétamol) et les anti-inflammatoires (ibuprofène), suivis par les antidépresseurs, les antibiotiques (ciprofloxacine, norfloxacine, ofloxacine) et les bêtabloquants (propranolol) (ANSM, 2013 et INERIS, 2009).

La France est le 1^{er} pays consommateur de médicaments à usage vétérinaire d'Europe ; les plus vendus sont les antibiotiques, les hormones et les antiparasitaires (INERIS, 2009).

Logiquement, ces substances se retrouvent dans les boues d'épuration comme le montre le tableau 10 ci-dessous.

Tableau 10 : Teneurs moyennes en substances pharmaceutiques des boues d'épuration françaises (AMPERES 2009, INERIS, CNRS 2014) et mondiale (Patureau D., 2013)

| Substances | Présence | Ordre de grandeur (3 études) (ng/g de MS) |
|--|----------|--|
| Hormones œstrogènes | 90 % | 30 |
| Bêtabloquants | 98 % | 210 |
| Antibiotiques | 80 % | 1000 |
| Antidépresseurs | 70 % | 135 |
| Anti-inflammatoires Analgésiques | 50 % | 1500 |
| Antiépileptique (carbamazépine) | 70 % | 60 |
| Antifongique | - | 14 |
| Antibactérien (triclosan) | 90 % | 500 |
| Antiémétique (dompéridone 1 ^{ère} fois détecté, INERIS 2014) | 60 % | quelques ng à 1360 |
| Stimulant (caféine) | 70 % | 200 |

Les substances pharmaceutiques étant particulièrement hydrophiles, elles sont cependant présentes dans les boues à des teneurs faibles, de l'ordre du ng/g voire du µg/g de MS pour les analgésiques et les antibiotiques qui sont les médicaments les plus consommés. De l'aspirine a été retrouvée dans des boues à une concentration de 8000 ng/g de MS par l'INERIS. Les études de l'INRA révèlent des concentrations en antibiotiques et antibactériens autour de 2 000 ng/g de MS.

Il existe peu de données nous permettant de comparer ces résultats avec d'autres types de fertilisants (lisiers, fumiers, etc) ou par rapport à la contamination d'autres milieux.

Il semblerait malgré tout que ces substances soient plus aptes à la dégradation qu'à l'accumulation dans les boues (AMPERES, 2009).

3.3 État des lieux de la réglementation et de la recherche

3.3.1 La réglementation

Au niveau de la réglementation, plusieurs textes concernent les micropolluants dans l'environnement : la loi Grenelle, le Plan National sur les Résidus de Médicaments dans les Eaux (PNRME), etc. (SIAAP, 2014).

Ces textes sont axés sur le compartiment « eau » car c'est le milieu le plus récepteur de contaminants et par lequel la diffusion de la pollution se fait.

En ce qui concerne les boues, la Directive n° 2013/39/UE du 12/08/13 (concernant les substances prioritaires pour la politique dans le domaine de l'eau) intègre de nouvelles substances identifiées comme préoccupantes (hormones, nouveaux pesticides, produits de beauté) sélectionnées sur la base de leur fréquence d'apparition dans les boues, de leur écotoxicité potentielle et de leur utilisation à grande échelle.

Aujourd'hui, en France, aucune réglementation ne concerne les substances émergentes et aucune teneur limite n'est fixée dans les boues d'épuration.

3.3.2 La recherche

Depuis une vingtaine d'années, de nombreux programmes de recherche sur le sujet de ces substances émergentes ont vu le jour.

En Europe, les travaux du réseau NORMAN et en France, les bases de données des Agences de l'eau, de l'ARS, etc. permettent d'établir une liste des substances présentes dans l'environnement.

En ce qui concerne les boues d'épuration, le projet AMPERES (2006-2009) quantifie la présence et les teneurs en substances émergentes dans les eaux usées et les boues en sortie de STEP et évalue l'efficacité d'élimination de différentes filières de traitement. Le projet ARMISTIQ (en cours) apporte de nouvelles connaissances sur l'optimisation des procédés de traitement des eaux usées.

Des chercheurs de l'INRA en partenariat avec l'ONEMA ont étudié les flux de micropolluants prioritaires et émergents sur les sols via les apports de produits résiduels organiques. Le rapport final a été publié en 2013.

En 2011, l'INERIS, le SYPREA, l'ADEME et le CNRS ont lancé un vaste programme de recherche des substances émergentes dans les boues, les composts de boues et les sols afin d'évaluer les risques sanitaires et environnementaux qui pourraient y être associés. Les résultats ont été publiés en 2014.

Les études sur le sujet demeurent peu nombreuses et l'extrapolation de ces dernières délicates, les conclusions émises permettent de mettre en évidence :

- La présence quasi-systématique de substances indésirables dont les composés pharmaceutiques dans les boues amoindrie dans les composts et les digestats de boues,
- L'absence d'écotoxicité dans le cadre d'application d'une dose usuellement pratiquée pour des épandages avec un impact présent pour des doses 5 (boues non chaulées) à 10 fois supérieures,
- Une bioaccumulation et une persistance faibles mais restants variables selon les familles de substances avec des données incomplètes pour en tirer la moindre généralité,
- Un risque sanitaire peu alarmant sans toutefois de données complètes pour l'affirmer avec certitude.

En clair, dans le cadre des scénarios et hypothèses étudiées, le risque lié au retour au sol des boues et composts de boues est nettement inférieur aux valeurs de référence qui fixent le niveau de risque acceptable.

4 APPORT DE CONTAMINANTS AU SOL

4.1 Les Éléments-Traces Métalliques (ETM)

4.1.1 Apports par épandage de boues

Le tableau 11 ci-dessous montre que sur la base des concentrations moyennes observées, les flux annuels liés aux épandages de boues sont inférieurs aux seuils réglementaires (ADEME, 2007).

Tableau 11 : Flux moyen d'ETM apportés à l'hectare par l'épandage de boues de STEP (ADEME, 2007)

| Éléments-traces | Flux moyen apporté par les boues de STEP g/ha/an | Flux limites réglementaires g/ha/an | % du seuil réglementaire |
|-----------------|--|-------------------------------------|--------------------------|
| cadmium | 2,4 | 15 | 16% |
| chrome | 61,8 | 1200 | 5% |
| cuiivre | 431 | 1200 | 36% |
| mercure | 2,6 | 12 | 22% |
| nickel | 37,2 | 300 | 12% |
| plomb | 125 | 900 | 14% |
| sélénium | 4,7 | 120 | 4% |
| zinc | 944,9 | 3000 | 31% |

Comparaison avec différents types de fertilisation

Quatre types de fertilisation habituellement pratiqués sont comparés :

- Fertilisation minérale uniquement
- Fertilisation par des boues complétées par des engrais minéraux (l'épandage de boues ne subvenant pas entièrement aux besoins des sols et des cultures, une fertilisation complémentaire par des engrais minéraux est souvent nécessaire)
- Fertilisation par fumier complétée par de l'ammonitrate
- Fertilisation par lisier complétée par de l'ammonitrate

Le tableau 12 suivant présente le bilan des apports en ETM des différents types de fertilisation pour des besoins correspondant à la moyenne de la fertilisation pratiquée en France.

Tableau 12 : Bilan des apports (en g/ha/an) des différents types de fertilisation pratiqués

| Type de fertilisation | Cd | Cr | Cu | Hg | Ni | Pb | Se | Zn |
|--------------------------|-----|------|-----|-----|------|------|----|------|
| Engrais minéraux | 4,5 | 24,8 | 3,8 | 0 | 0 | 0,3 | 0 | 35,8 |
| Boues + engrais minéraux | 2,7 | 54 | 330 | 2,3 | 40 | 90 | 10 | 802 |
| Fumier + ammonitrate | 2,7 | 43,3 | 105 | 0 | 79 | 37,5 | 0 | 565 |
| Lisier + ammonitrate | 0,4 | 22 | 338 | 0 | 15,7 | 13,5 | 0 | 787 |

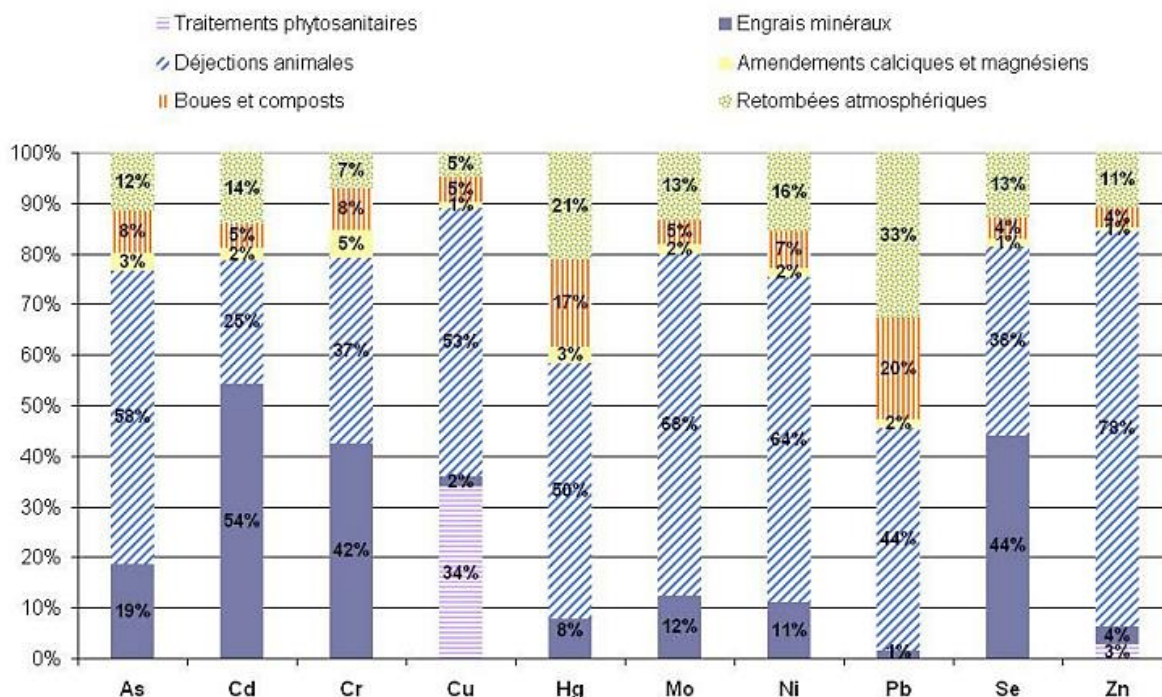
Pour des fertilisations intégrant des produits organiques (fumiers, lisiers ou boues), on constate des quantités tout à fait comparables d'apport au sol. La fertilisation chimique seule apporte le moins d'ETM (à l'exception du cadmium lié aux engrais phosphatés).

4.1.2 Origines des apports au sol d'ETM

Les apports au sol de contaminants métalliques proviennent de diverses sources, dont les principales sont les déchets urbains et agricoles, les engrais et les produits phytosanitaires.

Le graphique suivant présente une estimation des proportions totales d'ETM apportés aux sols en France chaque année en fonction des sources majeures d'apports :

Figure 1 : Part des différentes sources de contamination dans l'estimation des quantités totales d'ETM entrant sur les sols agricoles (ADEME, 2007)



La figure 1 montre ainsi que :

- les déjections animales jouent un rôle important dans les apports d'ETM sur les sols agricoles (part de 25% à 78% en fonction du type d'ETM). Il convient de rappeler que les déjections animales correspondent aux plus gros tonnages de produits épandus sur sols agricoles (près de 300 millions de tonnes de matière brute),
- les engrais minéraux jouent un rôle qui peut être important pour certains ETM : 54% pour le cadmium, 42% pour le chrome et 44% pour le sélénium. On rappelle que la quantité d'engrais minéraux livrés en France métropolitaine s'élève à 9,6 millions de tonnes,
- les traitements phytosanitaires comptent pour 34% des quantités de cuivre entrant sur les sols agricoles (alors que les quantités de zinc apportées restent faibles : 3% des quantités totales),
- les retombées atmosphériques constituent une source de contamination diffuse non négligeable, représentant de 5% à 33% en fonction des ETM, et le plus souvent de l'ordre de 10-15%,
- les boues urbaines et composts de miats prennent une part relativement faible dans le total des quantités d'ETM entrant sur les sols agricoles français (autour de 4-8%) sauf pour les ETM suivants : mercure (17%) et plomb (20%),
- les amendements calciques et magnésiens jouent, à l'échelle de la France, un rôle faible sur les entrées d'ETM sur les sols agricoles (de l'ordre de 1 à 5%).

Les études montrent que les apports varient selon la proximité des villes, d'installations industrielles, d'infrastructure routières ou des zones d'épandage des effluents d'élevage.

4.2 Les Composés-Traces Organiques (CTO)

4.2.1 Apports par épandage de boues

Les flux de CTO liés aux épandages de boues sont de l'ordre du gramme ou de la centaine de grammes par hectare. Pour fixer les idées, il faut savoir, par exemple dans le domaine du jardinage, que les pesticides, produits phytosanitaires spécifiquement autorisés et utilisables dans un cadre très précis, sont appliqués à des doses comprises entre 1000 et 4000 grammes par hectare.

4.2.2 Origine des apports au sol de CTO

Les apports au sol de ces molécules proviennent de l'application directe de produits organiques composés de déchets urbains et de produits industriels (boues, composts, engrais, produits phytosanitaires) sur les parcelles, des retombées atmosphériques et de la pluie lessivant ces particules.

Le tableau 13 suivant présente une estimation des proportions totales de CTO apportés aux sols en France chaque année en fonction de différentes sources d'apports.

Tableau 13 : Contribution des différentes sources de composés traces organiques dans la contamination des sols français (Miquel G., 2003)

| Composés | Sols cultivés en zone agricole | | | | Sols cultivés en zone urbaine | | | |
|----------|--------------------------------|-------|---------|---------|-------------------------------|-------|---------|---------|
| | pluies | boues | fumures | engrais | pluies | boues | fumures | engrais |
| PCB | 44% | 38% | 17% | 1% | 44% | 38% | 17% | 1% |
| HAP | 44% | 38% | 17% | 1% | 80% | 14% | 6% | 0% |

Les apports au sol de CTO se font essentiellement par les pluies. Pour les HAP, ils sont plus importants en zone urbaine car il y a plus d'émission de poussières en ville (activité industrielle, circulation, etc.).

Les apports par les boues de ces composés restent peu élevés comparés aux autres sources. Ils représentent la seconde des contributions, devant les fumures et loin devant les engrais minéraux.

4.3 Substances émergentes

4.3.1 Apports par épandage de boues et comparaison avec différents produits résiduaux organiques (PRO)

Le tableau 14 suivant présente les apports moyens au sol par les boues et par différents produits résiduaux organiques. Ils sont calculés d'après les ratios agronomiques appliqués et la moyenne des concentrations des substances quantifiées, pour une dose d'épandage moyenne de 4 TMS/ha/an.

Tableau 14 : Bilan des apports des différents PRO en g/ha/an (Patureau D., 2013 et INERIS 2014).

| PRO | Phénols | HAP | PCDD/F | LAS | Phtalates | Antibiotiques | Antibactériens | Hormones |
|--------------------------|---------|-----|----------|-----|-----------|---------------|----------------|----------|
| Boues | 200 | 10 | 0,000025 | 38 | 140 | 10 | 10 | 1 |
| Compost de boues | 115 | 10 | 0,000015 | 35 | 20 | - | - | 5 |
| Fumier | - | 5 | 0,000002 | 415 | 55 | 0.5 | 50 | 100 |
| Compost de déchets verts | - | 5 | 0,000030 | 110 | 10 | - | - | - |
| Compost de biodéchets | - | 20 | 0,000030 | 60 | 20 | - | - | - |

Globalement, le tableau ci-dessus indique que la teneur des boues d'épuration en substances émergentes est assez similaire de celle des autres produits résiduels organiques hormis pour les phénols, les phtalates et les antibiotiques où ces dernières sont largement excédentaires.

4.3.2 Origine des apports au sol

Les apports de contaminants émergents dans l'environnement proviennent de différentes sources (INERIS, 2009) :

- Les rejets ou pertes lors des procédés industriels utilisant ou fabricant des substances émergentes. Si ces rejets sont réceptionnés dans des systèmes ne permettant pas leur traitement, ils constituent une contamination directe de l'environnement.
- Les rejets par excrétion humaine, par les médicaments jetés directement dans les toilettes, l'utilisation de produits d'entretien ou d'hygiène corporelle, les rejets des hôpitaux, se retrouvant dans le réseau d'assainissement et donc potentiellement dans les boues en sortie. L'élimination des substances dépendra de l'efficacité des procédés de traitement. L'apport au sol provient ensuite de l'épandage des boues.
- Les rejets par excrétion des élevages, directement sur les parcelles.
- Les traitements phytosanitaires des élevages ou directement sur les parcelles.
- Les retombées atmosphériques.
- La lixiviation des substances.

Les apports par épandage de boues sont marginaux (Duchemin J., 2012) :

- En pesticides, par rapport aux traitements phytosanitaires.
- En métaux, par rapport aux engrais (Cd, phosphates), aux lisiers (Cu, Cr, Zn), aux pesticides (Cu, As) et aux dépositions atmosphériques (Pb, Cd).
- En antibiotiques, par rapport aux usages vétérinaires.

5 DEVENIR DES POLLUANTS

Les deux paramètres permettant d'estimer le risque sanitaire lié à la présence de substances dans les boues sont la persistance dans le sol et le transfert vers les végétaux ou les animaux.

5.1 Persistance dans le sol

La persistance des substances dans le sol dépend de leur capacité à ne pas subir les phénomènes de biodégradation, de photolyse ou d'hydrolyse, ainsi que de leur potentiel de dégradation, de lessivage ou de volatilisation.

La persistance peut être qualifiée en comparant les teneurs en substances dans les boues avec celles des sols suite à l'épandage. Elle est généralement déterminée par le temps de demi-vie ($T_{1/2}$) des molécules, c'est-à-dire le temps pour que leur concentration diminue de moitié.

Les phénols, alkylphénols, PBDE, COV et les cholestènes sont persistants dans le sol entre une dizaine de jours et plusieurs mois. Des expériences réalisées en plein champ ont démontré une persistance pour les Nonylphénols de 8 ans après l'amendement, mais à une dose très supérieure à la normale (Vikelsø et al., 2012).

Les produits pharmaceutiques semblent être les substances les moins persistantes, avec un $T_{1/2}$ inférieur à 30 jours.

Les éléments traces métalliques et organiques, eux, sont très persistants et ne se dégradent que très peu. C'est sur ce constat que se base la réglementation liée aux épandages qui prévoit des seuils en termes de teneurs annuelles et de flux.

5.2 Transfert du sol vers les végétaux

Le potentiel de transfert conditionne la présence éventuelle de substances dans les organes consommés par l'homme ou l'animal et par conséquent le transfert vers l'homme.

Ce potentiel est évalué par un facteur de bioaccumulation déterminé par le rapport entre la concentration en substances dans le végétal et celle du sol.

Le transfert du sol vers la plante se fait essentiellement par prélèvement racinaire des substances en solution. Seule une fraction sera disponible pour les racines. Les substances auraient tendance à s'accumuler dans les parois des végétaux et sont très peu absorbées et transférées dans les autres parties de la plante.

D'autres transferts de substances ont lieu au niveau des parties aériennes, suite aux dépôts de poussières, en pénétrant par les stomates. Les teneurs en substances sont importantes lorsque les cultures sont proches de zones urbanisées ou d'activité industrielle, preuve que la source de contamination majeure des végétaux est constituée par les dépôts atmosphériques (Tremel-Schaub A. et al, 2005).

La caractérisation des teneurs en micropolluants dans les végétaux, suite à l'épandage de boues, doit donc être réalisée dans des conditions stériles à toutes autres sources d'apport. Les résultats de tests effectués en laboratoire montrent que les teneurs retrouvées dans les végétaux sont faibles, de l'ordre du ng/g de MS voire du µg/g.

Les substances les plus aptes au transfert seraient les alkylphénols. D'après une expérience réalisée par l'INERIS sur du colza, du blé et de la pomme de terre, ils représentent plus de 90 % des substances retrouvées. Puis viendraient les HAP et les PBDE.

Les substances pharmaceutiques sont présentes dans les plus faibles teneurs et n'ont, dans certains tests, d'ailleurs pas été détectées. Le triclosan (antibactérien souvent présent) posséderait un fort potentiel de transfert, mais il est facilement biodégradé.

Les résultats démontreraient que la majorité des substances sont faiblement persistantes dans le sol et faiblement bio-accumulées dans les végétaux. Mais il convient de souligner qu'ils ont été obtenus dans des conditions non représentatives de la réalité et qu'ils ne peuvent être extrapolés à d'autres végétaux.

Les paramètres de persistance et de transfert dépendent en effet des conditions météorologiques, de la composition des boues (susceptible de changer en fonction du mode de vie et de l'activité industrielle), etc. De plus, travailler sur d'aussi faibles concentrations ne permet pas d'obtenir des résultats probants.

Même si ces résultats sont encourageants pour la filière d'épandage, ils nécessiteraient des travaux complémentaires pour les conforter.

Le tableau ci-dessous présente les évolutions possibles des contaminants dans le sol.

Tableau 15 : Evolution potentielle des contaminants présents dans les sols.

| Contaminants | Evolutions potentielles dans les sols |
|-----------------------------|---|
| Micro-organismes pathogènes | Intégration* au sein de l'activité biologique du sol par prise en charge ou destruction par les populations indigènes de micro-organismes. |
| ETM | <ul style="list-style-type: none"> – Transfert** minime – Stockage voire accumulation*** |
| CTO | Pas de transfert, et selon la nature chimique : <ul style="list-style-type: none"> – Minéralisation**** – Intégration – Accumulation |
| Substances émergentes | <ul style="list-style-type: none"> – Dégradation (biologique, photolyse, etc.) – Transfert – Stockage voire accumulation |

**Intégration : évolution durable mais sans conséquences pour les utilisations actuelles et futures du sol.*

***Transfert : soit vers les couches profondes par lessivage, soit vers les plantes par absorption, ou encore vers d'autres parcelles par érosion éolienne, hydraulique, etc..*

****Accumulation : augmentation de la teneur en contaminant jusqu'à pouvoir remettre en cause certains usages du sol ou altérer l'environnement.*

*****Minéralisation : processus faisant disparaître un grand nombre de composés organiques, sans conséquences pour le sol ou les cultures.*

6 EVALUATION DU RISQUE

L'évaluation des risques passe par l'identification des dangers, la détermination des relations doses-réponses et l'évaluation de l'exposition (Chenon P. et al., 2016).

Les relations doses-réponses sont définies par les valeurs toxicologiques de référence (VTR) attribuables à chaque substance. Les VTR des substances analysées sont recherchées dans la littérature ou dans des bases de données. Pour certaines substances dont le VTR n'est pas disponible ou non défini, une approche qualitative est au minimum requise.

On distingue les effets avec seuil (effet à partir d'une certaine concentration) et sans seuil (il suffit que la substance soit présente). Pour les effets avec seuil, on calcule le quotient de danger (QD) ; pour les effets sans seuil, c'est un excès de risque individuel (ERI) qui est estimé.

- QD pour les effets à seuil :

$$\text{QD} = \frac{\text{Dose d'exposition}}{\text{valeur toxicologique de référence}}$$

- ERI pour les effets sans seuil :

$$\text{ERI} = (\text{dose d'exposition}) \times (\text{valeur toxicologique de référence})$$

Les résultats de l'étude réalisée par l'INERIS montrent que les substances contribuant le plus aux risques sont les ETM, les organoétains, les PCB et les PBDE, pour les substances à effet avec seuil.

Pour celles à effets sans seuil, ce sont les HAP, les dioxines, les ETM et les PCB.

Les substances pharmaceutiques semblent n'avoir qu'une faible contribution.

Les risques attribuables à l'épandage de boues sont très inférieurs aux valeurs repères (protocole des tests effectués en laboratoire). Ces résultats méritent d'être étayés par des études complémentaires, du fait d'incertitudes liées aux paramètres expérimentaux et aux calculs effectués.

D'une manière générale, le risque lié aux substances émergentes vient du fait de leur **rejet diffus et généralisé**, leur **conférant une pseudo-persistance** dans l'environnement. Si on ajoute à cela la grande variété de substances, il y a un risque de **génération de molécules « filles » et d'effet cocktail**.

La présence dans l'environnement de nombreuses substances en mélange, peut en effet donner lieu à plusieurs types de réactions de dégradation, de formation ou d'apparition de produits de transformation aux propriétés nouvelles. Le risque d'effet cocktail n'est pas bien connu. L'état actuel des connaissances ne permet pas d'estimer ce risque et les impacts sont insuffisamment connus.

Le risque est lié à l'exposition sur une longue durée et simultanée à plusieurs composés. Pour évaluer l'impact sur l'homme, il faudrait étudier l'accumulation dans les tissus, les graisses ou le lait maternel, à moyen et à long terme. L'évaluation de l'exposition et des risques pour la santé associés est complexe compte-tenu de la multitude de molécules rencontrées et des faibles doses trouvées.

Un autre risque lié à la présence de ces substances dans l'environnement est la production d'**antibiorésistance**. Les substances pharmaceutiques sont conçues pour être très actives et toxiques pour les organismes affectant la santé (bactéries, champignons, parasites, etc.). La possibilité d'un effet négatif sur l'environnement n'est pas à négliger.

De plus, la probabilité de trouver des bactéries résistantes aux antibiotiques est élevée dans les effluents d'élevage et les boues d'épuration ; c'est le cas d'E. Coli en particulier (InVS, 2015). Le risque lié à l'épandage est la dissémination de l'antibiorésistance : les bactéries résistantes présentes dans les boues peuvent échanger des gènes de résistance avec les bactéries présentes dans le sol.

Néanmoins l'épandage des boues paraît être une voie de contamination très marginale si on la compare au vecteur eau et à l'utilisation quotidienne de nos produits de soins ou de beauté, que nous ingérons ou appliquons directement et qui peuvent se retrouver dans les fluides corporels. (SIAAP, 2014 et INERIS, 2009).

7 MAITRISE DES CONTAMINANTS CHIMIQUES ET BIOLOGIQUES DANS LES SOLS

Les stratégies de maîtrise des risques consistent à agir sur les deux facteurs qui composent le risque :

| | Principe | Objectif | Moyens mis en œuvre |
|-----------------------------|---|---|--|
| Éliminer le danger | Renforcement de la politique de gestion des réseaux et de contrôle des rejets à la source | Diminution des taux de contaminants dans les eaux usées et dans les boues | Démarche de traçabilité (analyses systématiques des boues et de sols, enregistrement des résultats) Contrôle et suivi des rejets industriels et communication auprès des particuliers |
| Réduire l'exposition | Codes des bonnes pratiques agricoles à respecter lors des procédures de manipulation, transport et d'épandage | Diminution du temps d'exposition aux boues | Restrictions à l'épandage (interdictions sur les cultures maraichères, sur les sols gelés, distances limites à respecter, délais sanitaires etc.) |

En connaissant les différentes évolutions possibles des contaminants, les stratégies de maîtrise de ces contaminants sont :

- Pour **les micro-organismes pathogènes** : la maîtrise repose sur des restrictions d'épandage et des délais sanitaires, ou sur l'effet hygiénisant des procédés de traitement tel que le chaulage.
- Pour **les ETM** : la limitation des contaminants à la source par des mesures préventives sur les rejets dans les réseaux de collecte. Dans cet objectif, la réglementation fixe :
 - Des teneurs maximales à ne pas dépasser dans les sols. .
 - Des flux maximaux annuels d'ETM autorisés à l'hectare. Connaissant ces valeurs et les stocks initiaux, il est possible de calculer le délai nécessaire pour atteindre les teneurs maximales autorisées (50 ans à plusieurs centaines d'années suivant les ETM).
- Pour **les CTO** : une action préventive est également nécessaire, éventuellement complétée par des traitements agressifs (notamment aérobies) pour réduire les teneurs ou la toxicité, et par un contrôle rigoureux de la teneur dans les boues.
- Pour **les substances émergentes** : les traitements primaires (décantation simple ou avec traitement physico-chimiques) ne permettent pas d'éliminer les substances pharmaceutiques. Les traitements secondaires (boues activées) permettent d'éliminer 50% des substances à plus de 70%, sauf pour de nombreux produits pharmaceutiques.

Les traitements tertiaires d'affinage (décantation rapide puis filtration sur sable et lagunage) ont des rendements semblables aux traitements secondaires.

Seuls les procédés de traitements avancés d'oxydation (AOP) comprenant la chloration, l'ozonation, les technologies de radiations UV, la désinfection solaire, la filtration sur charbon actif et l'osmose inverse sont très performants. Ils permettent d'éliminer 53% des substances dont les produits pharmaceutiques à plus de 70%. Mais ils sont peu présents sur le territoire du fait de leur coût (AMPERES, 2009).

La maîtrise de ces contaminants passe par des mesures de réduction des émissions par l'amélioration des techniques d'élimination, la prévention par la sensibilisation des consommateurs et une prise de conscience. Le meilleur moyen de lutter contre cette pollution serait d'éviter le rejet en réduisant à la source l'utilisation de ces substances, mais aussi d'éviter les mélanges aux autres déchets.

Enfin, une bonne maîtrise implique une grande compétence de la part des opérateurs de la filière pour garantir le respect des règles d'hygiène et de surveillance.

La démarche française insiste également sur le principe de précaution à mettre en œuvre chaque fois que les données scientifiques sont insuffisantes pour étayer une disposition réglementaire.

La réglementation française sur l'épandage des boues (décret du 08/12/1997 et arrêté du 08/01/1998) a repris les diverses recommandations du Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France (CSHPF, organisme rattaché au Ministère de la Santé) émises par circulaire fin 1997.

Dans ses conclusions, le CSHPF valide la maîtrise sanitaire de ce choix de filière d'élimination des boues, sous réserve de mettre en œuvre un certain nombre de précautions en termes d'analyses de produits et des sols, et d'organisation des opérations d'épandage.

D'autres pays ont également procédé à une évaluation sanitaire des filières d'épandage des boues d'épuration. Les diverses synthèses nationales convergent sur un constat de maîtrise sanitaire satisfaisante, quand les règles de bonnes pratiques sont respectées sur la qualité des boues et des épandages.

Il faut par ailleurs noter que les teneurs fixées par la réglementation sur l'épandage sont inférieures aux seuils américains ainsi qu'aux recommandations de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS).

8 IMPACT DE L'ÉPANDAGE SUR LA QUALITÉ DES CULTURES ET DE L'ALIMENTATION

La sécurité alimentaire est une préoccupation majeure des consommateurs et des pouvoirs publics.

De nombreux essais expérimentaux au champ et en laboratoire ont été réalisés, en France et à l'étranger depuis plus de 20 ans, sur la question de l'altération de la qualité des cultures (donc de l'alimentation) par contamination des plantes après épandage de boues.

Les résultats de ces essais montrent que :

- dans le cas d'application de boues d'épuration d'un point de vue qualitatif, avec des doses agronomiques « normales », aucune différence de composition des récoltes ne peut être mise en évidence entre les cultures fertilisées avec des boues d'épuration et celles ayant reçu une fumure minérale ou organique classique.
- lors de l'application de boues très contaminées (2 à 100 fois supérieures aux valeurs limites autorisées), avec des doses massives (5 à 25 fois supérieures à la normale), il est possible de contaminer les récoltes en ETM (le transfert des CTO du sol vers la plante est négligeable à nul). Par ailleurs, ces essais montrent que les taux de transfert des ETM vers les végétaux sont inférieurs à 1% des quantités apportées sur les sols.

Il est à noter que certains essais ont montré que des apports excessifs de fumiers de ferme à teneur « normale » en ETM pouvaient également avoir un effet néfaste sur la qualité des sols et des récoltes.

En ce qui concerne les substances émergentes, des essais d'écotoxicité et de toxicité ont été réalisés sur des organismes terrestres et aquatiques. Ont été testés les effets à la dose d'épandage préconisée, à 5x et 10x cette dose, sur la reproduction ou la croissance. Les résultats ont révélé l'absence d'effets significatifs à la dose normale d'épandage des boues. Des effets significatifs sont observés à 5x et 10x la dose d'épandage pour au moins un essai (INERIS, 2014).

Depuis plus de 30 ans, des boues d'épuration municipales sont épandues en France sur des terres agricoles. **Aucun accident portant atteinte à la santé publique n'a été enregistré à ce jour.**

Dans le domaine de la santé animale, le Centre National d'Information Toxicologique Vétérinaire (CNITIV) de l'École Nationale Vétérinaire de Lyon observe depuis 1987 les éventuels accidents sanitaires vétérinaires imputables à la pratique de l'épandage agricole de boues de station d'épuration.

Entre 1987 et 1999, seulement deux cas ont été répertoriés, dans lesquels il a été démontré que les règles générales d'hygiène et de prévention n'avaient pas été respectées (stockage et enfouissement de boues non conformes).

Enfin, un fonds de garantie du risque de développement lié à l'usage des boues en agriculture ou sylviculture a été mis en place par la loi sur l'eau et les milieux aquatiques 2006-1772 du 30 décembre 2006 (article 45). Le décret d'application relatif à ce fonds a été publié le 18 mai 2009.

Le montant maximal du fonds est de 45 millions d'euros et il est financé par une taxe de 0,5 €/t de MS produite.

A ce jour, ce fonds n'a pas été sollicité.

BIBLIOGRAPHIE

- ADEME, 2001. Les boues d'épuration municipales et leur utilisation en agriculture, Dossier documentaire. Paris, ADEME Éditions, 59p.
- ADEME, 2007. Bilan des flux de contaminants entrant sur les sols agricoles de France métropolitaine : Bilan qualitatif de la contamination par les éléments tracés métalliques et les composés tracés organiques et application quantitative pour les éléments tracés métalliques. Rapport final, ADEME, 201p.
- ADEME, SYPREA, FP2E et INERIS, 2007. Evaluation des risques sanitaires des filières d'épandage des boues de stations d'épuration : Bases scientifique de l'évaluation des risques sanitaires aux agents pathogènes. ADEME, 97p.
- Agroenvironnement, Chenon P., RITTMO, and Donguy G., 2016. "Elaboration D'une Méthodologie d'Evaluation Des Risques Ecotoxicologiques Simplifiée Liés À L'usage de Fertilisants En Agriculture." http://www.itab.asso.fr/downloads/com-agro/article_echo_mo_108.pdf, 4p.
- ANSM, 2014. "Analyse Des Ventes de Médicaments En France En 2013".
- Baize D., Deslais W., et Saby N., 2007. *Teneur en huit éléments traces (Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Se, Zn) dans les sols agricoles en France. Résultats d'une collecte de données à l'échelon national.* Rapport final simplifié. ADEME, Angers, Convention 0375 C0035, 1-49p, 50-67p et 67-86p.
- Bardy M., and Saby N., 2011. "La Base de Données Des Éléments Traces Métalliques." GISSOL.
- Choubert J. M., and Coquery M., 2011. "Devenir Des Micropolluants Dans Les Stations de Traitement Des Eaux Usées." Besançon.
- Choubert J. M., Crétollier C., Tahar A., Budzinski H., Le Menach K., Esperanza M., Noyon N., Miège C., Dherret L., and Coquery M., 2014. "ARMISTIQ-Action B". 1-9p.
- CHOUBERT J. M., 2011. "Mesurer Les Micropolluants Dans Les Eaux Usées Brutes et Traitées." *Techniques Sciences Methodes-Genie Urbain Genie Rural*, 25p.
- CRA Languedoc-Roussillon, 2011. *Risques Sanitaires et Environnementaux Liés À L'épandage Des Produits Organiques.* "Directive 2013/39/UE Du Parlement Européen et Du Conseil." *Journal Officiel de l'Union Européenne*, 2013.
- DREES, 2015. "Vue D'ensemble." *Les Dépenses de Santé 2014*, 15p.
- Duchemin J., 2012. "Valorisation Des Boues de STEP et Sécurité Sanitaire." Clermont Ferrand.
- INERIS, 2014. *Données technico-économiques sur les substances chimiques en France : Triclosan*, DRC-14-136881-07001A, p. 42 (<http://rsde.ineris.fr/> ou <http://www.ineris.fr/substances/fr/>).
- INERIS, Collaboration, Dulio V., Morin A., Correspondant ONEMA, and Staub P. F., 2009. "LES SUBSTANCES EMERGENTES DANS L'ENVIRONNEMENT." *Note de Synthèse Sur L'état de L'art Concernant Les Produits Pharmaceutiques, Les Cosmétiques et Les Produits D'hygiène Corporelle*, 1-41p.
- INERIS, and CNRS, 2014. "Substances 'émergentes' dans Les Boues et Composts de Boues de Stations D'épurations D'eaux Usées Collectives - Caractérisation et Évaluation Des Risques Sanitaires".
- INRA, CNRS, and IRSTEA, 2014. "Valorisation Des Matières Fertilisantes D'origine Résiduaire Sur Les Sols À Usage Agricole Ou Forestier,".
- Marcoux M. A., Matias M., Olivier F., 2012. "Substances Émergentes, Polluants Émergents Dans Les Déchets: Analyse et Prospective,".
- Miquel G., 2003 « ANNEXE 88 ». *Rapport de l'OPECST n°2152 fait au nom de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et techniques.*
- McClellan K., and Halden R. U., 2010. "Pharmaceuticals and Personal Care Products in Archived U.S. Biosolids from the 2001 EPA National Sewage Sludge Survey." *Water Research* 44, no. 2, 658-68p.
- OCDE, 2015. *Panorama de la santé 2015.* Panorama de la santé. Éditions OCDE.
- Patureau, D., Luneau M., Delgenes N., Houot S., Deschamps M., and Leang S., 2013. "Evaluation Des Flux de Micropolluants Prioritaires et Émergents Sur Les Sols via Les Apports de Produits Résiduaire Organiques: Efficacité Des Procédés de Traitement et Impact Potentiel Sur Les Plantes et Les Écosystèmes Aquatiques." *Technique de Réduction Des Pollutions - Action 12-5-1*, 1-96p.
- Sabourin L., Duenk P., Bonte-Gelok S., Payne M., Lapen D. R., and Topp E., 2012. "Uptake of Pharmaceuticals, Hormones and Parabens into Vegetables Grown in Soil Fertilized with Municipal Biosolids." *The Science of the Total Environment*, 233-36p.
- SIAAP. "Mémoire En Réponse," 2014.
- Soulier C., Gabet V., Lardy S., Lemenach K., Pardon P., Esperanza M., Miegé C., et al, 2011. "Zoom Sur Les Substances Pharmaceutiques: Présence, Partition, Devenir En Station D'épuration." *Techniques Sciences Methodes-Genie Urbain Genie Rural*, 63p.
- Tremel-Schaub A., Feix I., 2005. France, and Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie. *Contamination des sols: transferts des sols vers les plantes.* Les Ulis [France]; Angers: EDP Sciences ; ADEME, 17-54p.
- Vikelsøe, J., Thomsen, M. & Carlsen, L., 2002. Phthalates and nonylphenols in profiles of differently dressed soils. *Science of the Total Environment*, 296, pp.105-116.
- Yong G., Yang J., Moineville G., Racher T., and Taheraly L, 2009. "Initiation À L'ingénierie de Projet «Gestion Des Eaux Dans Un Bassin Versant»,” 1-9p.