

21/09/2018

Etude des gisements de déchets issus des activités céramiques/granits en Occitanie



Subventionné par :

ADEME



Agence de l'Environnement
et de la Maîtrise de l'Energie



Table des matières

I. Contexte de l'étude	5
I.1. Objectifs de l'enquête	5
I.2. Cibles de l'enquête	6
I.3. Mise en place de l'enquête	6
II. La gestion des déchets minéraux inertes : filières de gestion actuelles et développement de l'économie circulaire	7
II.1. La nomenclature associée aux déchets issus des activités céramiques et granits	7
II.2. Les trois voies principales de traitement des déchets inertes	8
II.3. Les acteurs de la gestion des déchets inertes en Occitanie	9
II.4. L'économie circulaire portée par des stratégies territoriales à l'échelle régionale	9
a) Un Plan Régional de Prévention et de Gestion des Déchets (PRPGD) intégré aux stratégies régionales	9
b) L'économie circulaire, une composante des politiques d'innovation	9
c) L'accompagnement de projets relatifs à la valorisation de déchets et à l'économie circulaire	10
III. Présentation des résultats de l'enquête	11
III.1. Les retours de l'enquête	11
III.2. Les modes de collecte des déchets	13
III.3. Les modes de traitement des déchets	14
III.4. Les caractéristiques qualitatives des déchets	16
a) La composition et la cuisson des déchets issus des céramiques traditionnelles	16
b) La composition et la cuisson des déchets issus des céramiques techniques	18
c) Potentiel de valorisation des déchets issus du secteur des céramiques traditionnelles/techniques	20
d) L'état physique des déchets granits	22
e) Extrapolation des résultats d'associations de potiers	23
III.6. Discussions sur les coûts actuels assumés par les établissements pour la gestion des déchets	24
III.7. L'intérêt des établissements pour les démarches d'éco-conception	24

IV. Modes de valorisation des déchets céramiques/granits respectueux des principes de l'économie circulaire	25
IV.1. Une valorisation totale des déchets argileux chez Terreal	25
IV.2. La production de matières minérales recyclées à partir de silicium et d'alumine secondaires	26
IV.3. Des pièces céramiques utilisées pour le stockage et la restitution d'énergie	26
IV.4. La conception de nouveaux produits céramiques intelligents à travers le projet LifeCeram ..	27
IV.5. Amélioration des propriétés du mortier par ajout de céramiques recyclées sous forme d'agrégats	27
IV.6. Emploi des céramiques dans l'aménagement des fonds marins	28
IV.7. Usages décoratifs et urbains des terres cuites	29
IV.8. Utilisation des rebuts de granit dans les pavés et bordures de la ville de Paris	29
IV.9. Exploitation des propriétés thermiques du granit	30
Conclusion	31
Lexique des acronymes	32
Bibliographie.....	33
Table des Annexes.....	36

Table des figures

<i>Figure 1 : Nomenclature des déchets céramiques/granits [3]</i>	<i>7</i>
<i>Figure 2 : Chiffres présentant la destination des déchets minéraux non dangereux en France d'après l'enquête sur les déblais et les gravats produits par l'activité BTP en 2008 par le SoeS [5]</i>	<i>8</i>
<i>Figure 3 : Répartition des établissements répondants à l'enquête en fonction du secteur</i>	<i>11</i>
<i>Figure 4 : Répartition des quantités de déchets en fonction du secteur</i>	<i>12</i>
<i>Figure 5 : Répartition des modes de collecte des déchets par tonnage annuel global (a), pour le secteur des céramiques traditionnelles (b), des céramiques techniques (c) et des granits (d)</i>	<i>13</i>
<i>Figure 6 : Carte représentant les différents modes de traitement des déchets par tonnage annuel en Occitanie selon des départements</i>	<i>14</i>
<i>Figure 7 : Répartition des modes de traitement des déchets par tonnage annuel global (a), pour le secteur des céramiques traditionnelles (b), des céramiques techniques (c) et des granits (d)</i>	<i>15</i>
<i>Figure 8 : Carte représentant les caractéristiques qualitatives (composition, cuisson) par tonnage des déchets issus des céramiques traditionnelles en Occitanie selon les départements</i>	<i>17</i>
<i>Figure 9 : Répartition des caractéristiques qualitatives par tonnage annuel des déchets issus des céramiques traditionnelles selon la composition (a) et la présence de cuisson (b)</i>	<i>18</i>
<i>Figure 10 : Carte représentant les caractéristiques qualitatives (composition, cuisson) par tonnage des déchets issus des céramiques techniques en Occitanie selon les départements</i>	<i>19</i>
<i>Figure 11 : Répartition des caractéristiques qualitatives par tonnage annuel des déchets issus des céramiques techniques selon la composition (a) ou la présence de cuisson (b)</i>	<i>20</i>
<i>Figure 12 : Cartes représentant l'état physique par tonnage des déchets issus des céramiques traditionnelles et techniques en Occitanie selon les départements</i>	<i>21</i>
<i>Figure 13 : Carte représentant l'état physique par tonnage des déchets granits en Occitanie selon les départements</i>	<i>22</i>
<i>Figure 14 : Répartition de l'état physique par tonnage des déchets granits</i>	<i>23</i>

<i>Figure 15 : Circuit de fabrication des produits Terreal [15]</i>	25
<i>Figure 16 : Photographie d'un récif artificiel</i>	28
<i>Figure 17 : Exemples de terre cuite concassée employée dans une allée ou en tant que paillis au pied des plantes</i>	29

I. Contexte de l'étude

Les céramiques sont des corps vitrifiés qui présentent de nombreuses propriétés remarquables telles que la résistance mécanique et thermique, et l'isolation électrique. Ce matériau permet de larges applications et est employé dans des secteurs variés comme les arts de la table, l'électronique, l'énergie, le luxe, le biomédical, et le bâtiment qui demeure le premier secteur utilisant des produits céramiques.

La céramique est un matériau grandement sollicité, les déchets associés sont importants et ne peuvent être négligés. La variété de ses applications reflète l'hétérogénéité que présentent les différents gisements de déchets en termes de quantité, composition et de situation géographique. Les déchets exclusivement céramiques sont des déchets minéraux inertes. Ces derniers ne subissent aucune modification physique, chimique ou biologique importante. Ils ne se décomposent pas, ne brûlent pas, ne produisent aucune réaction physique ou chimique, ne sont pas biodégradables. Ils ne détériorent pas les matières avec lesquelles ils entrent en contact, d'une manière susceptible d'entraîner une pollution pour l'environnement et la santé humaine. La production de lixiviats ainsi que l'écotoxicité de ces derniers sont négligeables. [1]

Le granit est un matériau proche des céramiques sur divers aspects. Il s'agit d'une roche minérale à texture grenue composée majoritairement de quartz, feldspaths et micas en proportions variables. Le granite est une roche plutonique prédominante de la croûte terrestre qui provient du refroidissement en profondeur du magma. Deux orthographes légèrement différentes dans leurs significations existent : « granite » désigne la roche d'un point de vue géologique, alors que « granit » correspond à une dénomination commerciale et industrielle qui se réfère à la roche en tant que matériau. L'ensemble des roches que l'on considère appartenir à la filière granit présente des propriétés semblables aux céramiques : dureté, résistance mécanique (à la compression, à la traction), et résistance thermique. Les domaines d'applications sont les parements et revêtements, les sols et toitures pour extérieur, l'ornementation et art funéraire, le mobilier urbain et des éléments complémentaires en construction et ouvrage d'intérieur. Du fait des similarités des propriétés physiques des deux matériaux et de leurs applications voisines, il a été jugé judicieux d'intégrer à cette étude la filière granit, qui est elle aussi à l'origine de déchets inertes. [2]

Face à la rareté croissante des ressources et à l'augmentation du coût de traitement des déchets, une volonté de s'inscrire dans une démarche d'économie circulaire s'exprime chez de nombreux acteurs de l'écosystème céramique/granit. Les axes dominants de cette réflexion sont la réduction de la quantité de déchets et l'augmentation de la part valorisée. Cette requête est d'autant plus importante dans un contexte politique tourné vers la loi de transition énergétique pour la croissance verte 2015. L'étude présentée à travers ce rapport a pour vocation de faciliter la mise en œuvre de voies de gestion des déchets céramiques/granits respectueuses des principes de l'économie circulaire à l'échelle régionale. Cette étude nécessite en partie la réalisation d'une enquête concernant les différents gisements de déchets céramiques/granits en Occitanie.

I.1. Objectifs de l'enquête

Le but de cette enquête est d'identifier géographiquement les différents gisements de déchets céramiques/granits sur le territoire occitan et de les caractériser quantitativement et qualitativement. Les voies de gestion et de traitement appliquées à ces derniers font également partie du cadre de

l'étude afin de connaître les pratiques actuelles. Le traitement des données résultantes est destiné à permettre l'émergence de synergies possibles faisant intervenir les producteurs de déchets et les acteurs permettant leur valorisation. Une cartographie de ces données a été réalisée dans le but de proposer un réel outil d'aide à la décision des voies de valorisation appliquées aux déchets. Afin de respecter l'anonymat des structures concernées par l'étude, les cartes présentées dans la partie III synthétisent les données à l'échelle départementale. Les cartographies plus précises sont réservées à l'usage du Pôle Européen de la Céramique et de l'Observatoire Régional des Déchets en Occitanie (ORDECO).

I.2. Cibles de l'enquête

L'enquête est destinée à l'ensemble des acteurs appartenant aux écosystèmes céramique/granit produisant des déchets en Occitanie, à l'exception du secteur du bâtiment et du démantèlement. En effet, ce large secteur d'activité est déjà soumis à des enquêtes présentant des résultats concluants. La cible de l'enquête est divisée en trois catégories : les céramiques traditionnelles, les céramiques techniques et les granits. Un questionnaire a été transmis à une quarantaine de destinataires, comprenant des industriels, des artisans et des associations d'artisans issus d'une même activité. En complément, deux établissements réalisant des opérations de valorisation matière céramique ont été interrogés afin de connaître les modalités associées au traitement de ces déchets.

I.3. Mise en place de l'enquête

L'enquête réalisée aborde les questions des caractéristiques de la production de déchets (quantité, état, composition chimique, traitement chimique appliqué au matériau) et des modalités de la gestion des déchets (devenir actuel des déchets, coûts associés, nom de la structure de récupération). Les réponses ont été principalement recensées sur les mois de juillet et août 2018. L'enquête a été diffusée sous quatre formats : une version papier envoyée par voie postale, la version équivalente par mail, une version tableur, et une version en ligne à travers un lien internet. Le fond de l'enquête étant le même pour toutes les versions, la version papier est présentée en Annexe 1.

II. La gestion des déchets minéraux inertes : filières de gestion actuelles et développement de l'économie circulaire

II.1. La nomenclature associée aux déchets issus des activités céramiques et granits

L'annexe II de l'article R. 541-8 du code de l'environnement classe les différents types de déchets existants selon un code attribué en fonction de leur provenance. Cette nomenclature permet aux différents acteurs impliqués dans la gestion des déchets de communiquer précisément. Ce code est en partie utile dans la lecture des arrêtés préfectoraux afin de repérer rapidement les types de déchets acceptés par un établissement spécifique. On trouve des déchets céramiques/granits dans deux catégories :

- 01 Déchets provenant de l'exploration et de l'exploitation des mines et des carrières ainsi que du traitement physique et chimique des minéraux
- 17 Déchets de construction et de démolition.

01 04	déchets provenant de la transformation physique et chimique des minéraux non métallifères
01 04 07*	déchets contenant des substances dangereuses provenant de la transformation physique et chimique des minéraux non métallifères
01 04 08	déchets de graviers et débris de pierres autres que ceux visés à la rubrique 01 04 07
01 04 09	déchets de sable et d'argile
01 04 10	déchets de poussières et de poudres autres que ceux visés à la rubrique 01 04 07
01 04 11	déchets de la transformation de la potasse et des sels minéraux autres que ceux visés à la rubrique 01 04 07
01 04 12	stériles et autres déchets provenant du lavage et du nettoyage des minéraux autres que ceux visés aux rubriques 01 04 07 et 01 04 11
01 04 13	déchets provenant de la taille et du sciage des pierres autres que ceux visés à la rubrique 01 04 07
01 04 99	déchets non spécifiés ailleurs
17 01	béton, briques, tuiles et céramiques
17 01 01	béton
17 01 02	briques
17 01 03	tuiles et céramiques
17 01 06*	mélanges ou fractions séparées de béton, briques, tuiles et céramiques contenant des substances dangereuses
17 01 07	mélanges de béton, briques, tuiles et céramiques autres que ceux visés à la rubrique 17 01 06

Figure 1 : Nomenclature des déchets céramiques/granits [3]

II.2. Les trois voies principales de traitement des déchets inertes

Les déchets inertes peuvent être traités de trois manières différentes : le réemploi, la valorisation matière et l'élimination.

Le réemploi des matériaux à des fins similaires à leurs fonctions initiales est possible s'ils ne sont pas pollués ou endommagés. Cette action a généralement lieu directement sur site.

La valorisation des déchets inertes nécessite des opérations de transformation de matière qui consistent en une étape de scalpage, une étape de concassage, et en un éventuel retrait d'éléments préjudiciables au recyclage. Cette valorisation majoritairement sous forme de granulats trouve des applications en remblaiement de carrières et en construction dans les travaux publics. Les structures assurant le recyclage suivent la réglementation des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE).

Enfin, lorsque la valorisation des déchets n'est pas possible, ceux-ci sont acheminés vers des centres de stockage de classe III nommés Installations de Stockage de Déchets Inertes (ISDI). Ces installations reçoivent exclusivement des déchets inertes et sont également soumises à la réglementation des ICPE. La rubrique 2760-3 correspond à la nomenclature des ICPE de ce type d'établissement. [4]

Les déchets issus du secteur des Bâtiments et Travaux Publics (BTP) représentent le flux majeur de production de déchets minéraux inertes sur le territoire français. Ces derniers constituent environ 70% des déchets du bâtiment et plus de 90% des déchets des travaux publics. De par ces flux importants, cette filière est soumise à des études permettant de caractériser ces gisements de déchets. [1]

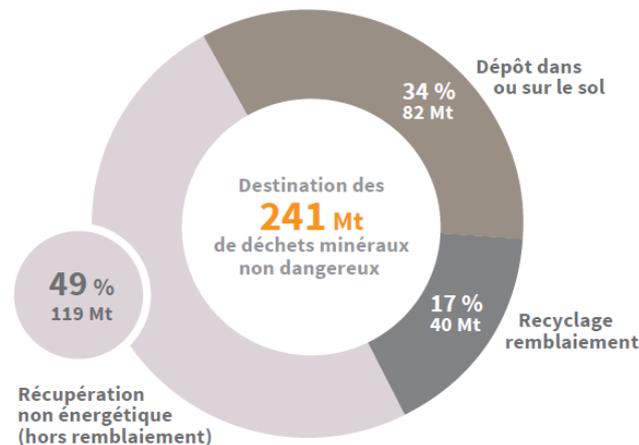


Figure 2 : Chiffres présentant la destination des déchets minéraux non dangereux en France d'après l'enquête sur les déblais et les gravats produits par l'activité BTP en 2008 par le SoeS [5]

En 2008, sur l'ensemble des déchets minéraux non dangereux, deux tiers étaient valorisés, et un tiers éliminés. Néanmoins, les autres filières industrielles et traditionnelles produisant également des déchets minéraux inertes diffèrent du secteur BTP sur de nombreux aspects et restent inexplorées. Le manque d'informations relatives à la caractérisation des flux et des voies de gestion de ces gisements de déchets montre la nécessité de réaliser une enquête concernant ces derniers.

II.3. Les acteurs de la gestion des déchets inertes en Occitanie

Diverses structures ayant des fonction différentes permettent la gestion des déchets minéraux inertes sur le territoire occitan. Il existe trois catégories de structure accueillant ces déchets : les ISDI qui pratiquent l'élimination de déchets, des stations de transit, et des centre de traitement transformant la matière grâce à des installations de broyage, concassage, criblage. L'Annexe 2 récapitule sous forme de tableau l'ensemble des structures assurant la gestion des déchets minéraux inertes référencées sur la base des ICPE. Les établissements acceptant uniquement les déchets inertes provenant du BTP ne sont pas référencés dans ce tableau. [6]

II.4. L'économie circulaire portée par des stratégies territoriales à l'échelle régionale

a) Un Plan Régional de Prévention et de Gestion des Déchets (PRPGD) intégré aux stratégies régionales

Les régions ont un rôle majeur dans la mise en place de systèmes favorisant la réduction et la valorisation des déchets, et l'application de l'économie circulaire. D'ici fin 2019, les PRPGD feront partie intégrante des Stratégies Régionales d'Aménagement, de Développement Durable et d'Egalité des Territoires (SRADDET). Ces plans régionaux concernent les déchets ménagers et les déchets des activités économiques. La loi portant sur la Nouvelle Organisation Territoriale de la République (NOTRe) exige qu'une partie de ces plans régionaux soit spécifique à la favorisation de l'économie circulaire sur le territoire. Ainsi, les PRPGD viennent appuyer les principes de l'économie circulaire en plaçant au cœur des préoccupations les objectifs et les moyens pour la réduction, le réemploi, le recyclage et la valorisation des déchets. Ces plans ont une valeur juridique en matière de prévention et de gestion des déchets, ils doivent être suivis par les autorités régionales, notamment en ce qui concerne les autorisations d'exploitation des ICPE. Les PRPGD réunissent des industriels, des structures de recherche, des autorités publiques, des prestataires de gestion de déchets et des associations. Des axes sont définis afin de guider les collectivités et tous les autres éventuels acteurs impliqués dans l'application des plans : quantifier et qualifier les différents types de gisements de déchets et leur devenir actuel, dresser l'état des lieux des structures et des actions majeures menées sur le territoire ainsi que leurs résultantes, proposer des potentielles synergies en identifiant des concentrations spatiales d'entreprises et d'acteurs de la gestion de déchets ou de l'économie circulaire. [9]

b) L'économie circulaire, une composante des politiques d'innovation

Des Stratégies Régionales de l'Innovation (SRI) sont mises en place dans chaque région à la demande de la Commission européenne dans le cadre de la politique des fonds structurels. L'Agence de Développement Economique (AD'OCC) porte la SRI en Occitanie. Des spécialisations intelligentes sont définies au sein des stratégies, elles se focalisent sur des activités à fort potentiel ou en émergence présentes dans la région. Sept spécialisations intelligentes sont énoncées en Occitanie, parmi elles se trouve la thématique "Matériaux et procédés pour l'aéronautique et les industries de pointe". Cette spécialisation aborde alors des réflexions sur la gestion des déchets issus des secteurs concernés dans lesquels on trouve des céramiques techniques. La notion de "Réduction de l'empreinte

environnementale des procédés, recyclage, valorisation des matériaux" fait partie des principaux enjeux de cette spécialisation. [10]

c) L'accompagnement de projets relatifs à la valorisation de déchets et à l'économie circulaire

L'Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME) accompagne les territoires portant des projets concernant la valorisation de déchets et l'économie circulaire financièrement et techniquement. Elle réalise des appels à projets et attribue la dénomination de Territoires Zéro Déchet Zéro Gaspillage (TZDZG) et de Territoires Economes en Ressources (TER) aux collectivités s'engageant dans une démarche de prévention, de réutilisation et de valorisation des déchets. On trouve 14 TZDZG et 5 TER en Occitanie. [11] De manière plus large, trois appels à projets incitant à la valorisation des déchets et à la mise en place de l'économie circulaire sont référencés :

- "Economie circulaire et valorisation des déchets" se clôturant le 17 juin 2019. Les projets doivent proposer des innovations techniques et/ou organisationnelles, et des solutions industrielles qui favorisent l'éco-conception afin de limiter le prélèvement de ressources et les impacts sur l'environnement. Il est aussi demandé de mener des réflexions afin de lever les verrous liés au recyclage et à la valorisation. [12]
- "Industrie Eco-efficiente" se clôturant le 13 février 2019. Les projets attendus doivent traiter de la mise en place de filières industrielles éco-efficientes, qui optimisent la gestion des flux matières et réduisent l'empreinte environnementale. [13]
- "TPE et PME gagnantes sur tous les coûts!" se clôturant le 30 juin 2019. Les projets présentés doivent être centrés sur l'optimisation des consommations énergétiques, de matière et d'eau, et sur la réduction de déchets. [14]

III. Présentation des résultats de l'enquête

Les données collectées par l'enquête reflètent les caractéristiques quantitatives et qualitatives des gisements de déchets céramiques/granits et leurs modes de gestion actuels. Le souci d'anonymat exprimé par les établissements répondants est respecté dans la présentation des résultats. La précision des données recensées est approximative en raison d'un manque de suivi des quantités des déchets au sein des structures interrogées. L'interprétation des résultats se base majoritairement sur les tonnages, néanmoins les tendances de traitement des déchets sont aussi identifiées par secteur. L'exploitation des cartographies présentées dans cette partie est limitée en raison de leur caractère général. L'identification de synergies n'est possible qu'avec des localisations plus précises.

III.1. Les retours de l'enquête

Au cours de l'été 2018, 33 établissements sur les 47 interrogés ont répondu à l'enquête, ce qui représente un taux de réponse de plus de 70%. La Figure 3 présente la distribution des réponses par secteur d'activités.

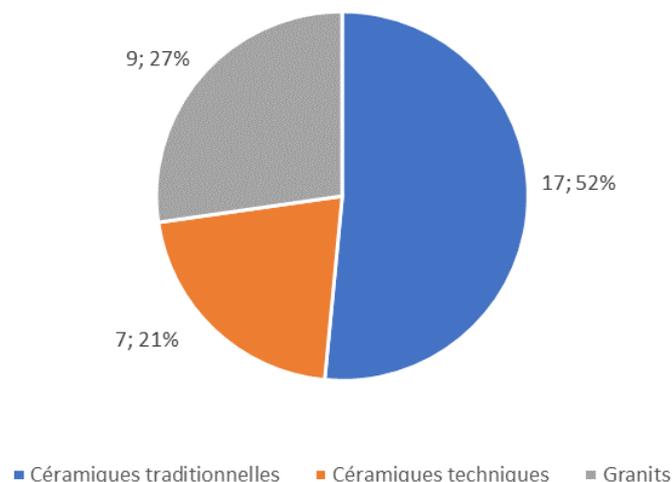


Figure 3 : Répartition des établissements répondants à l'enquête en fonction du secteur

On constate que plus de la moitié des réponses ont été fournies par le secteur des céramiques traditionnelles. Au total plus de 19 750 tonnes de déchets minéraux sont recensés en Occitanie. La Figure 4 ci-dessous retranscrit le partage de ces déchets en fonction du secteur.

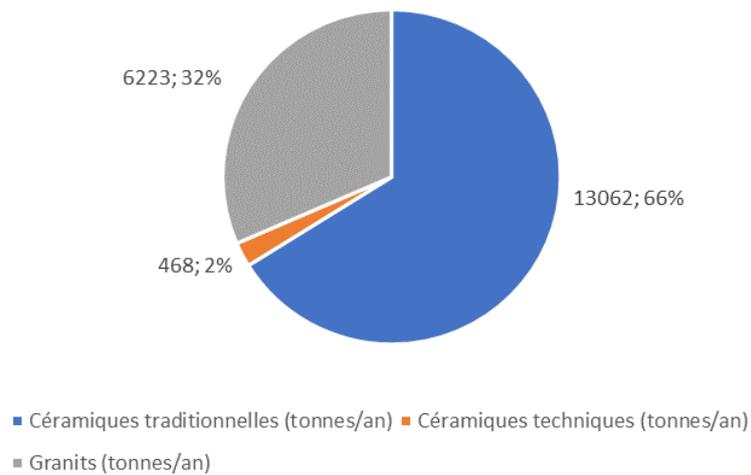


Figure 4 : Répartition des quantités de déchets en fonction du secteur

La Figure 4 met en évidence que les secteurs des céramiques traditionnelles et des granits produisent les plus importantes quantités de déchets. La majorité de ces rebuts est solide et est composée d'argile, de granit et de feldspaths. Seule une faible quantité de déchets contient des substances toxiques (plomb, cuivre, cadmium).

III.2. Les modes de collecte des déchets

La Figure 5 synthétise la distribution des modes de collecte appliqués aux déchets à l'échelle globale et à l'échelle des secteurs d'activité.

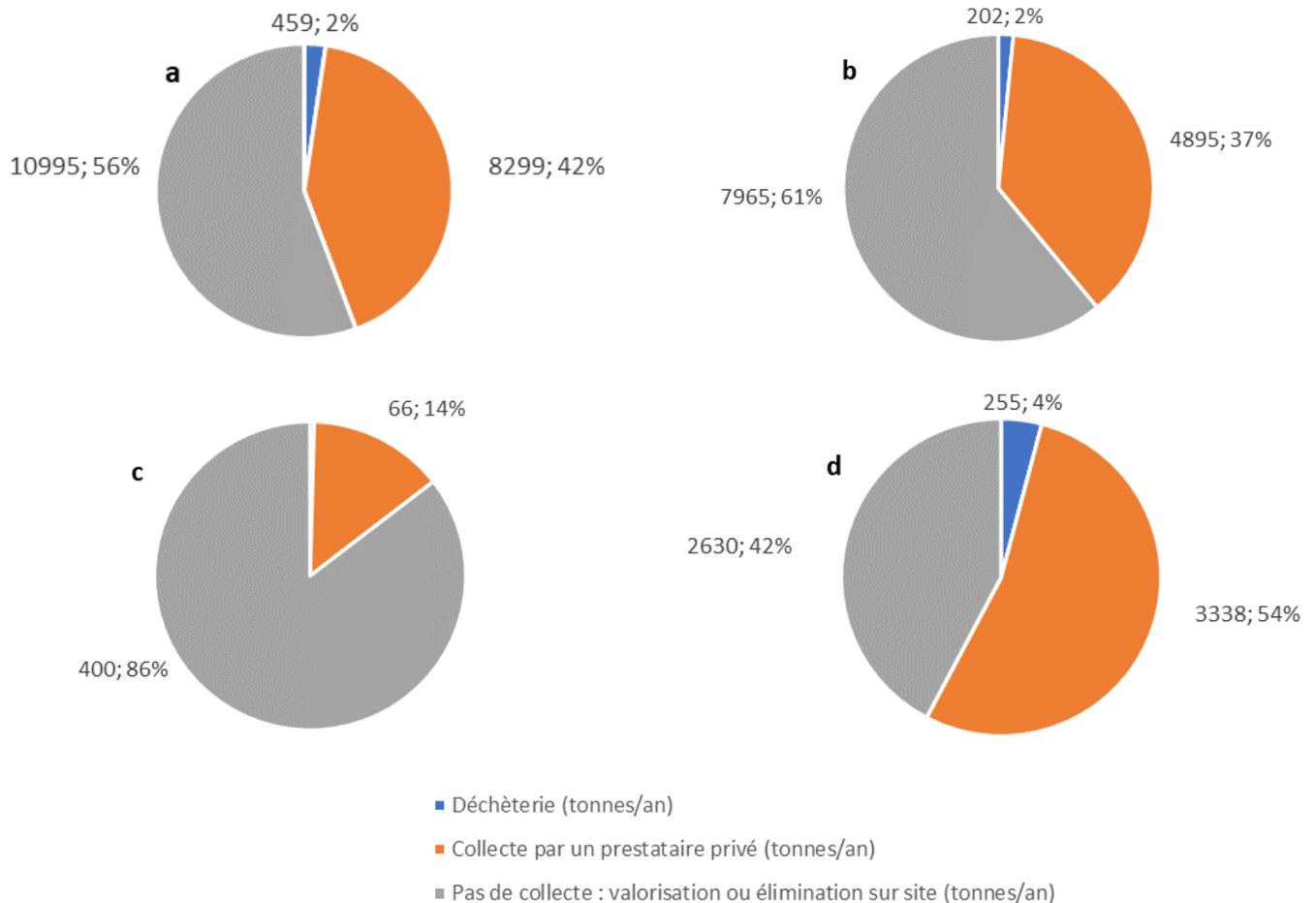
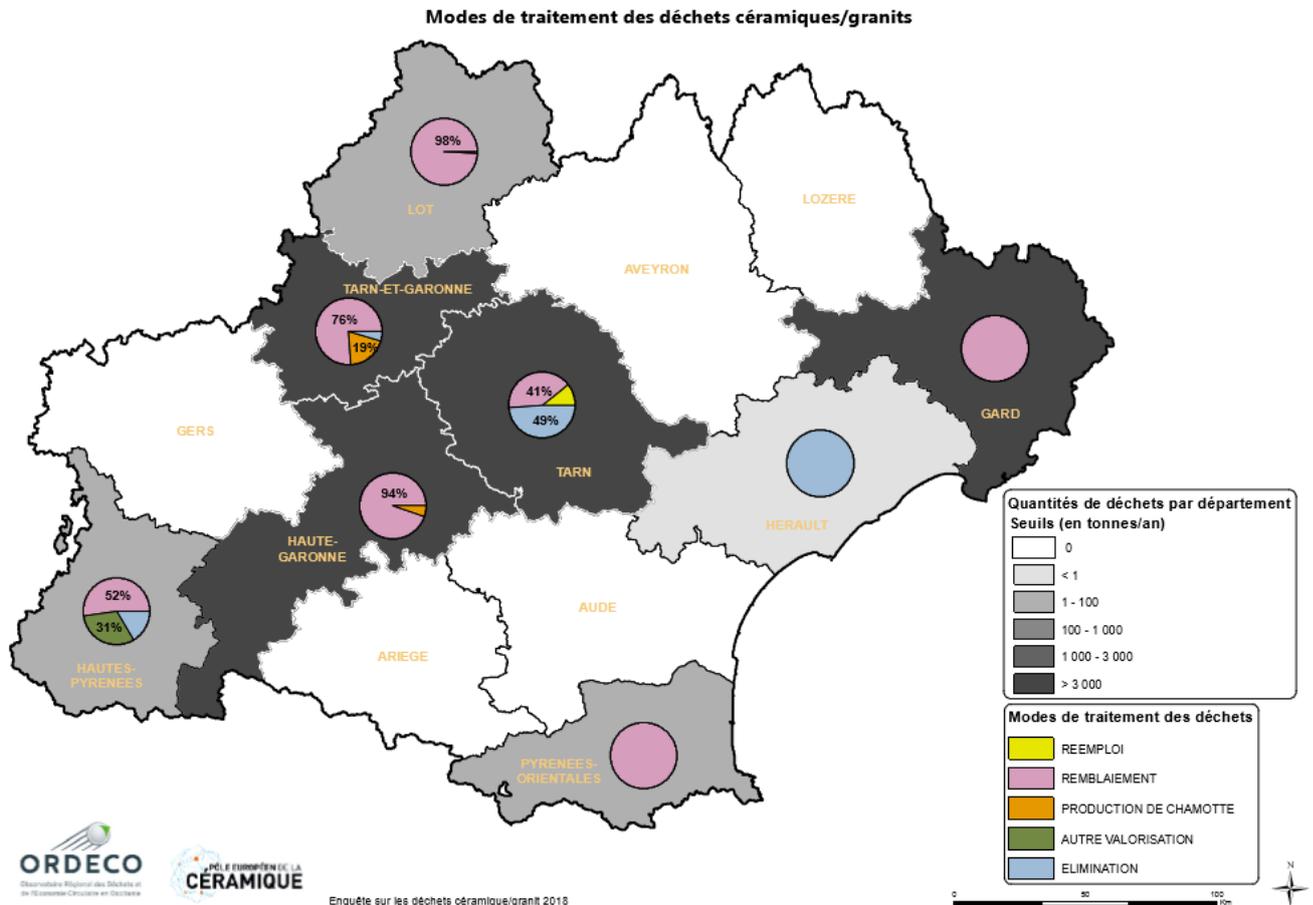


Figure 5 : Répartition des modes de collecte des déchets par tonnage annuel global (a), pour le secteur des céramiques traditionnelles (b), des céramiques techniques (c) et des granits (d)

On remarque qu'au sein des secteurs des céramiques traditionnelles et des granits, la valorisation ou l'élimination sur site est une méthode courante. Ceci peut s'expliquer par la non toxicité des déchets. En ce qui concerne les céramiques techniques, la Figure 5 (c) indique que la gestion sur site est majoritaire. Ce propos est à nuancer car une entreprise produit à elle seule 400 tonnes de déchets d'argile pure qu'elle valorise sur site. Le reste des entreprises appartenant au secteur des céramiques techniques est à l'origine de déchets contenant des métaux et d'autres produits non inertes qui sont collectés par un prestataire privé.

III.3. Les modes de traitement des déchets

La cartographie présentée en Figure 6 présente les différents modes de traitement appliqués aux déchets en Occitanie. Afin de permettre plus de visibilité, cette carte se trouve également en Annexe 3.



La dénomination « remblaiement » désigne le remblaiement de carrières et routier (routes publiques, routes privées, production de gravats).

Figure 6 : Carte représentant les différents modes de traitement des déchets par tonnage annuel en Occitanie selon des départements

La Figure 6 montre que la Haute-Garonne, le Tarn et le Tarn-et-Garonne sont trois départements qui produisent plus de 3000 tonnes de déchets par an. L’attention doit être portée prioritairement sur ces territoires limitrophes dans la proposition de synergies. Au sein du Tarn, 50 % des déchets sont éliminés, il est nécessaire de mener des réflexions sur les voies de valorisation au sein de ce département.

La Figure 7 suivante énonce la répartition des modes de traitement appliqués aux déchets, dans un premier temps de manière générale, puis en fonction des secteurs.

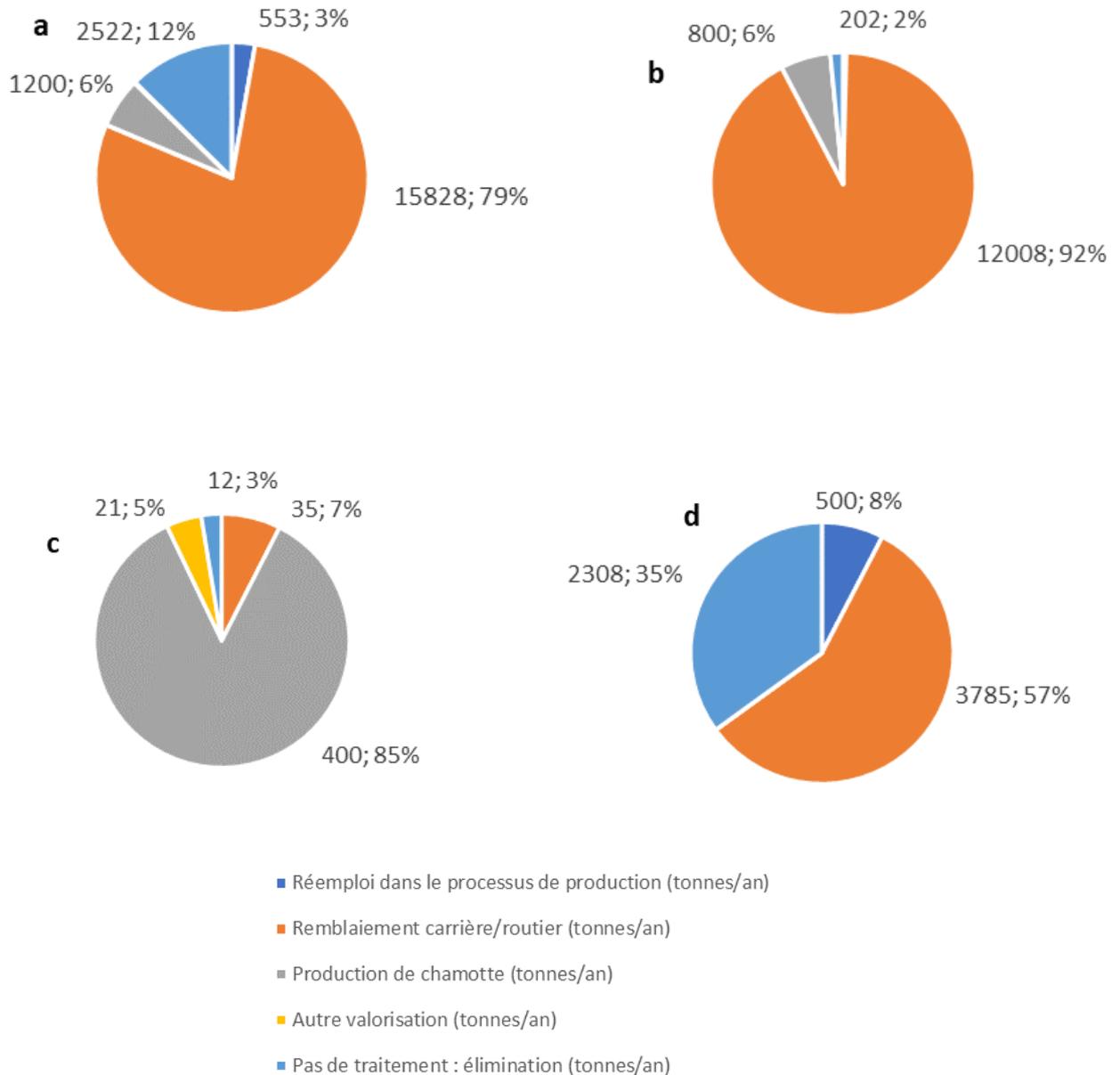


Figure 7 : Répartition des modes de traitement des déchets par tonnage annuel global (a), pour le secteur des céramiques traditionnelles (b), des céramiques techniques (c) et des granits (d)

La Figure 7 (a) met en évidence que plus de la moitié des rebuts sont valorisés en remblaiement routier ou de carrières. Cette pratique permet de traiter la matière facilement par des opérations de broyage et de concassage. Néanmoins, on établit que la seconde méthode la plus employée reste l'élimination devant d'autres solutions permettant de valoriser la matière.

La valorisation sur site concerne 50 % des déchets valorisés, la seconde moitié est traitée dans des structures externes. Ce propos est à nuancer, ils ne se réfèrent pas au nombre d'établissements pratiquant une valorisation interne/externe, mais aux quantités de déchets. Les céramistes traditionnels ont tendance à cumuler les deux voies de traitement.

On constate que le secteur des céramiques traditionnelles possède le plus haut taux de valorisation en remblaiement. Ce mode de traitement semble être la voie privilégiée pour des rebuts exempts de

substances toxiques. D'après la Figure 7 (b), la production de chamotte apparaît comme une voie de valorisation répandue. Cette dernière est intéressante car la chamotte est souvent incorporée dans le processus de production en tant que dégraissant. Certains établissements produisent plus de chamotte que nécessaire à la satisfaction de leurs besoins et se trouvent avec une quantité non utilisée.

On observe également que la production de chamotte est la voie de traitement la plus pratiquée au sein du secteur des céramiques techniques. Comme précédemment, il s'agit de l'établissement produisant à lui seul 400 tonnes de déchets qui est concerné par cette méthode. Selon la Figure 7 (c), le remblaiement routier et de carrières se trouve en deuxième position dans les traitements appliqués aux déchets issus des céramiques techniques. D'autres voies de traitement appliquées à une minorité de ce même type de déchets consiste à récupérer des métaux ou à produire des papiers abrasifs. Ces deux modes de valorisation permettent d'exploiter la valeur économique des déchets.

La Figure 7 (d) souligne que le secteur du granit présente la plus forte proportion d'élimination par rapport aux secteurs des céramiques traditionnelles et techniques. Il paraît judicieux de mener des réflexions sur les possibles valorisations matière au sein de cette filière.

III.4. Les caractéristiques qualitatives des déchets

a) La composition et la cuisson des déchets issus des céramiques traditionnelles

La Figure 8 est une cartographie qui présente les caractéristiques qualitatives (composition, cuisson) des déchets issus des céramiques traditionnelles en Occitanie. Afin de permettre plus de visibilité, cette carte se trouve également en Annexe 4.

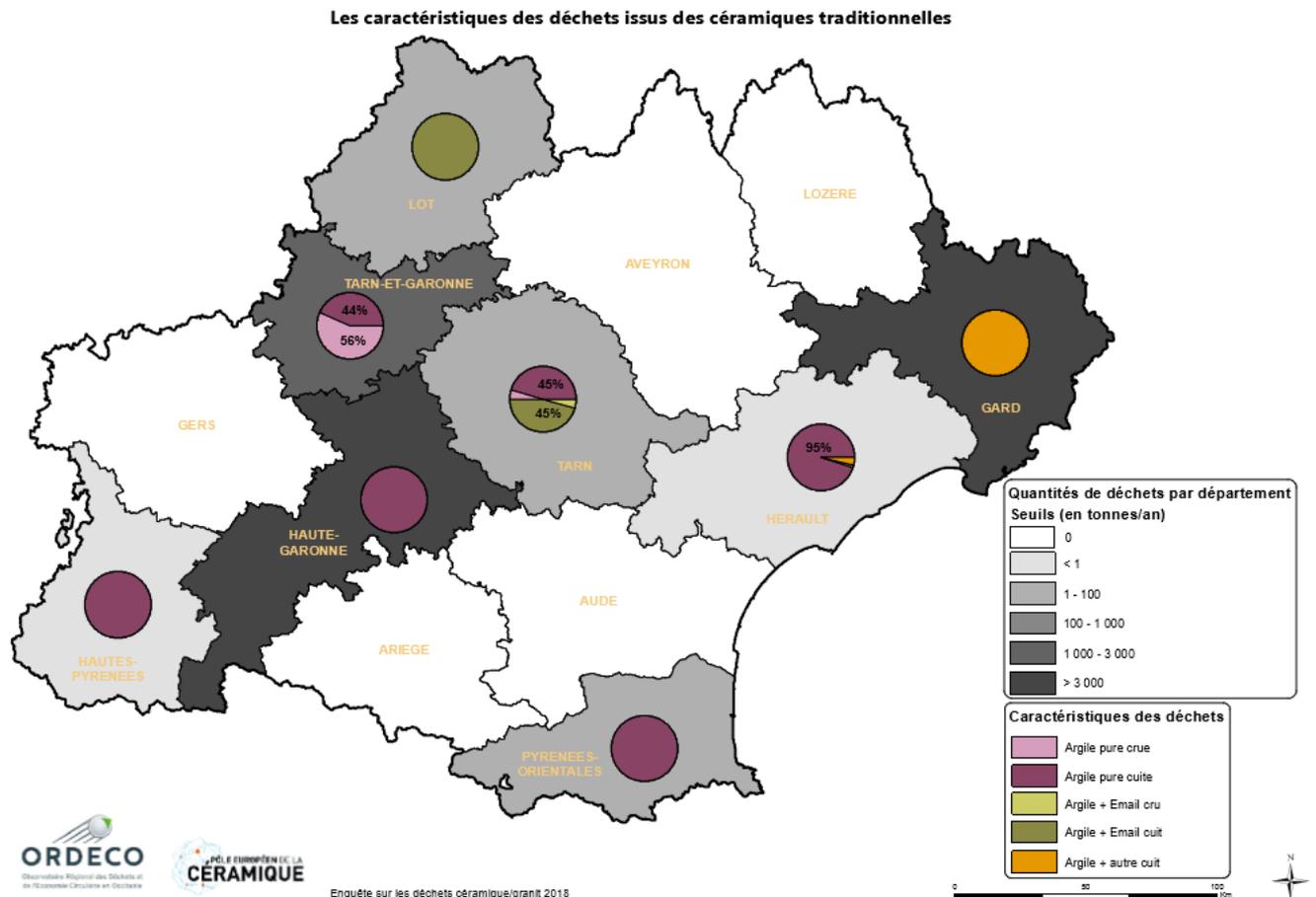


Figure 8 : Carte représentant les caractéristiques qualitatives (composition, cuisson) par tonnage des déchets issus des céramiques traditionnelles en Occitanie selon les départements

La Figure 8 met en évidence une présence importante de déchets d'argile cuite dans divers départements. Ces types de déchets sont favorables à de nombreuses voies de valorisation. La Haute-Garonne et le Tarn-et-Garonne concentrent une grande partie de ces gisements de déchets. A la vue du tonnage significatif de déchets recensé dans le Gard, il est possible d'envisager des rapprochements avec des départements hors du cadre de l'étude ou intra-départemental.

La Figure 9 suivante transcrit la distribution des déchets en fonction de leurs caractéristiques qualitatives (composition, cuisson) pour le secteur des céramiques traditionnelles.

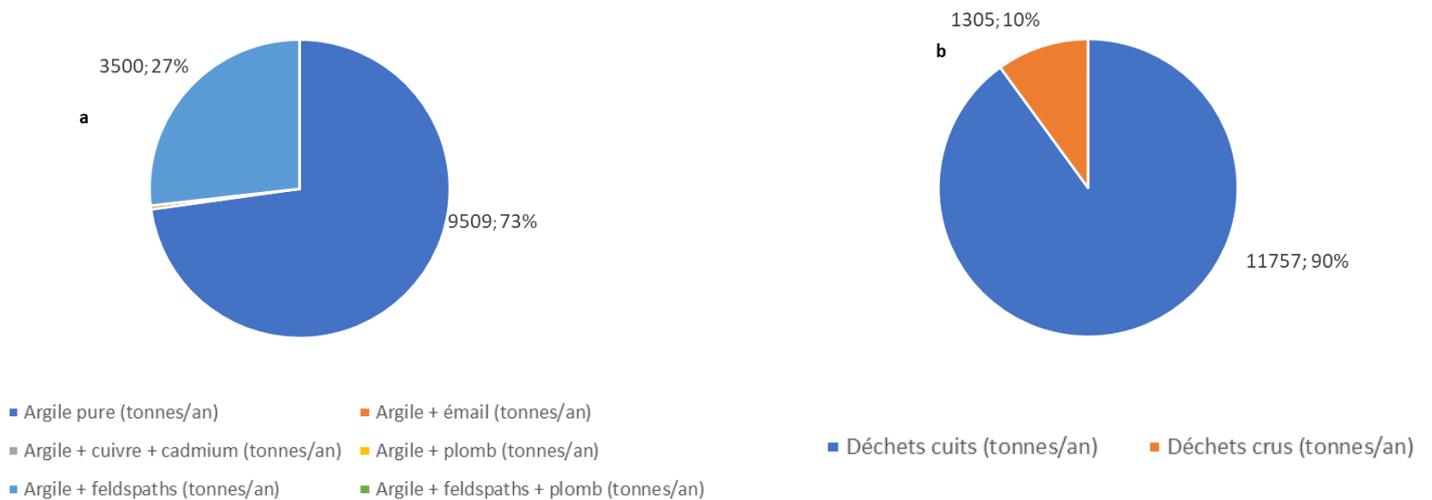


Figure 9 : Répartition des caractéristiques qualitatives par tonnage annuel des déchets issus des céramiques traditionnelles selon la composition (a) et la présence de cuisson (b)

La Figure 9 (a) indique que plus de la moitié des déchets produits par le secteur des céramiques traditionnelles sont des chutes d'argile pure. On remarque que plus de 99 % des déchets sont composés d'argile et/ou feldspaths. Ce sont des déchets qui ne contiennent pas de substances toxiques. On observe sur la Figure 9 (b) que les déchets cuits sont largement majoritaires par rapport aux déchets crus. Ce constat est à souligner puisque les opérations de broyage et de concassage sont plus adaptées aux déchets cuits.

b) La composition et la cuisson des déchets issus des céramiques techniques

La Figure 10 est une cartographie qui représente les caractéristiques qualitatives (composition, cuisson) des déchets issus des céramiques techniques en Occitanie. Afin de permettre plus de visibilité, cette carte se trouve également en Annexe 5.

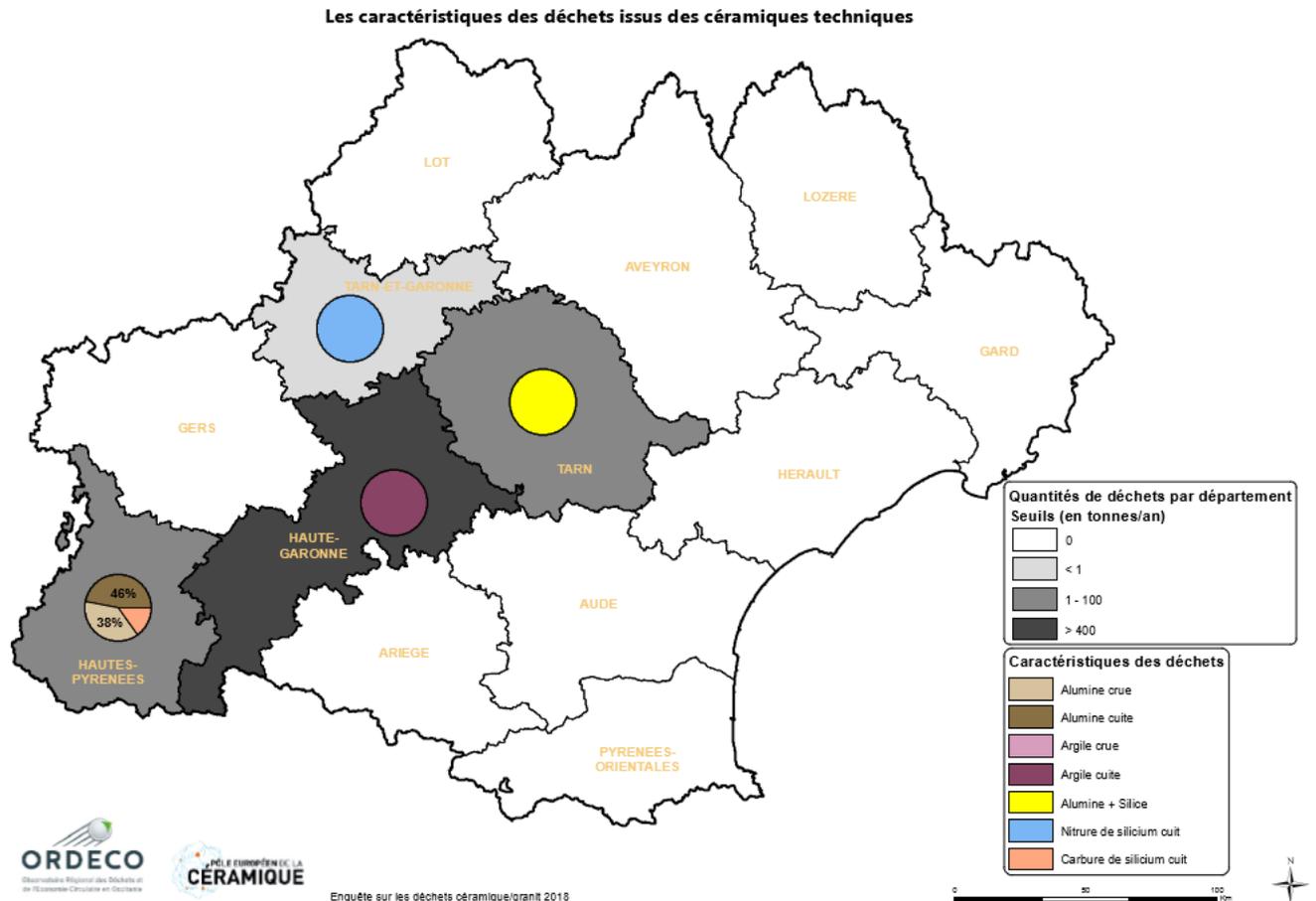


Figure 10 : Carte représentant les caractéristiques qualitatives (composition, cuisson) par tonnage des déchets issus des céramiques techniques en Occitanie selon les départements

La Figure 10 met en évidence que les quatre départements à l’origine de déchets issus des céramiques techniques sont hétérogènes en termes de composition et de traitement thermique. Les synergies doivent être envisagées à l’échelle intra-départementale.

La Figure 11 ci-après fait état de la répartition des déchets en fonction de leurs caractéristiques qualitatives (composition, cuisson) pour le secteur des céramiques techniques.

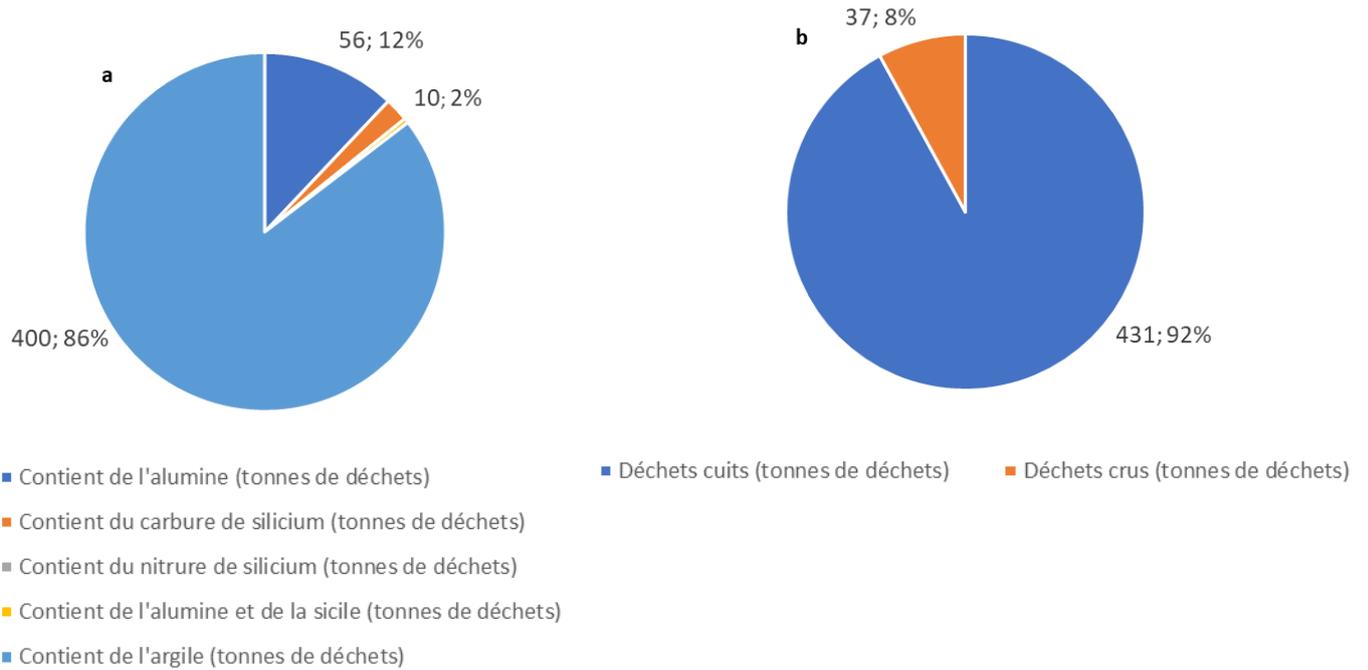


Figure 11 : Répartition des caractéristiques qualitatives par tonnage annuel des déchets issus des céramiques techniques selon la composition (a) ou la présence de cuisson (b)

Comme dans les paragraphes antérieurs, il est nécessaire de prendre en compte l'établissement produisant 400 tonnes de rebuts d'argile cuite. En écartant ces données, il ressort de la Figure 11 (a) que les déchets issus des céramiques techniques contiennent majoritairement de l'alumine. On observe une moindre part de rebuts contenant du carbure de silicium. La Figure 11 (b) met en avant l'importance des déchets cuits sur les déchets crus. Ce type de déchets cuits se prête à l'extraction de minéraux. En ce qui concerne les déchets crus, la valorisation n'est pas nécessairement possible (point développé dans la partie IV).

c) Potentiel de valorisation des déchets issus du secteur des céramiques traditionnelles/techniques

La cartographie présentée en Figure 12 représente les gisements de déchets céramiques en fonction de leur secteur (céramiques traditionnelles ou techniques) et de leur état physique en Occitanie. Afin de permettre plus de visibilité, cette carte se trouve également en Annexe 6. Le principe de cette représentation est de pouvoir estimer le potentiel de valorisation des divers gisements qui dépend en grande partie de l'état physique des déchets et de leur composition. En se basant sur les paragraphes précédents, il est possible d'estimer la composition et la cuisson des déchets en fonction de leur secteur d'activité.

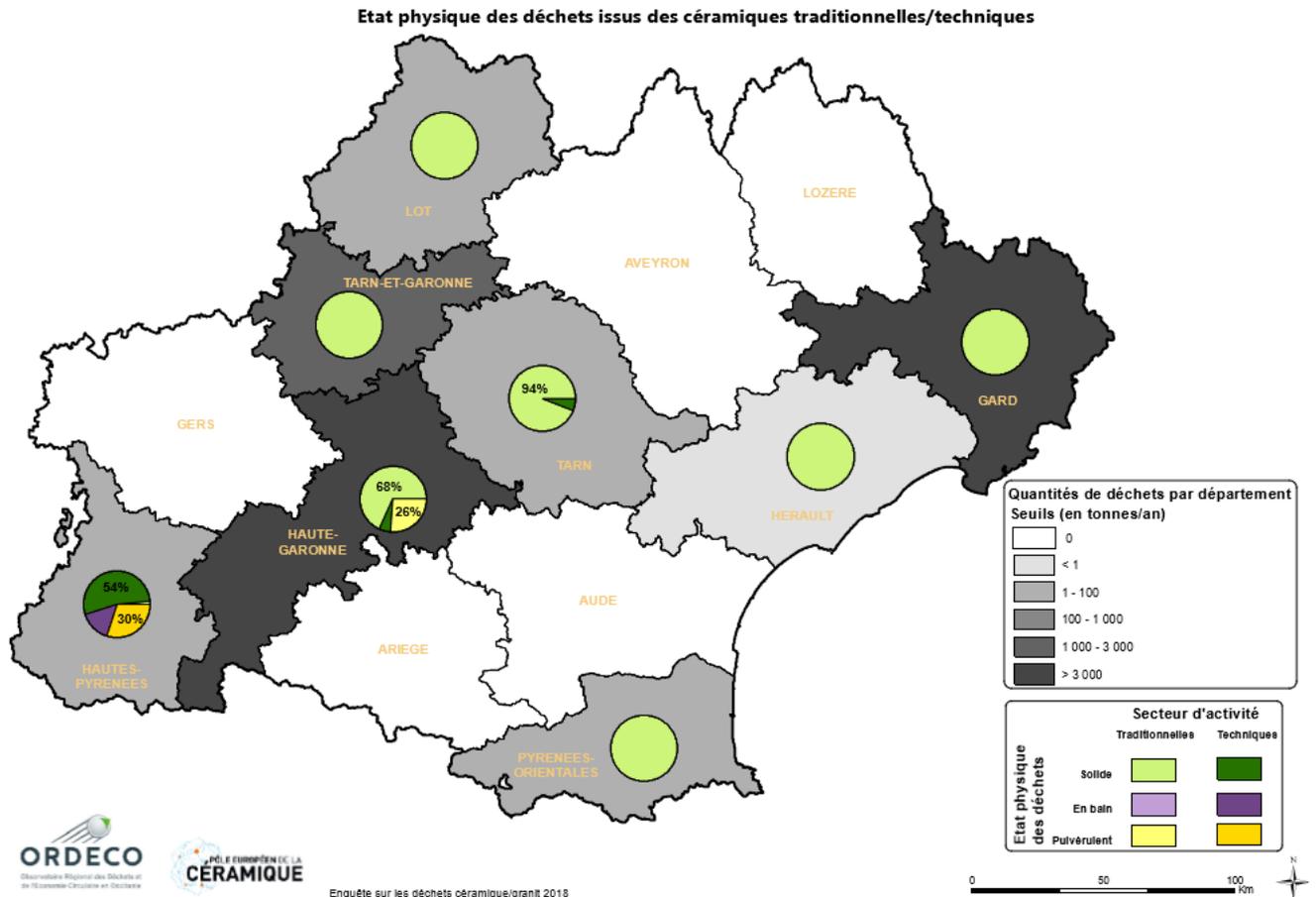


Figure 12 : Carte représentant l'état physique par tonnage des déchets issus des céramiques traditionnelles et techniques en Occitanie selon les départements

La Figure 12 montre que la plus grande partie des déchets issus des céramiques traditionnelles est concentrée en Haute-Garonne, dans le Tarn et dans le Tarn-et-Garonne. Il semble pertinent de proposer des synergies entre la Haute-Garonne et le Tarn-et-Garonne. L'intégration du Tarn et du Lot paraît envisageable même si ces départements présentent une quantité moindre de déchets. Des déchets présents sur des départements situés hors du cadre de l'étude peuvent être associés aux gisements du Gard. On remarque que les Hautes-Pyrénées concentrent la majorité des déchets issus des céramiques techniques. Ce département se prête à la mise en place de voies de traitement propres à ce type de déchets.

d) L'état physique des déchets granits

La Figure 13 est une cartographie qui représente l'état physique des déchets granits en Occitanie. Afin de permettre plus de visibilité, cette carte se trouve également en Annexe 7.

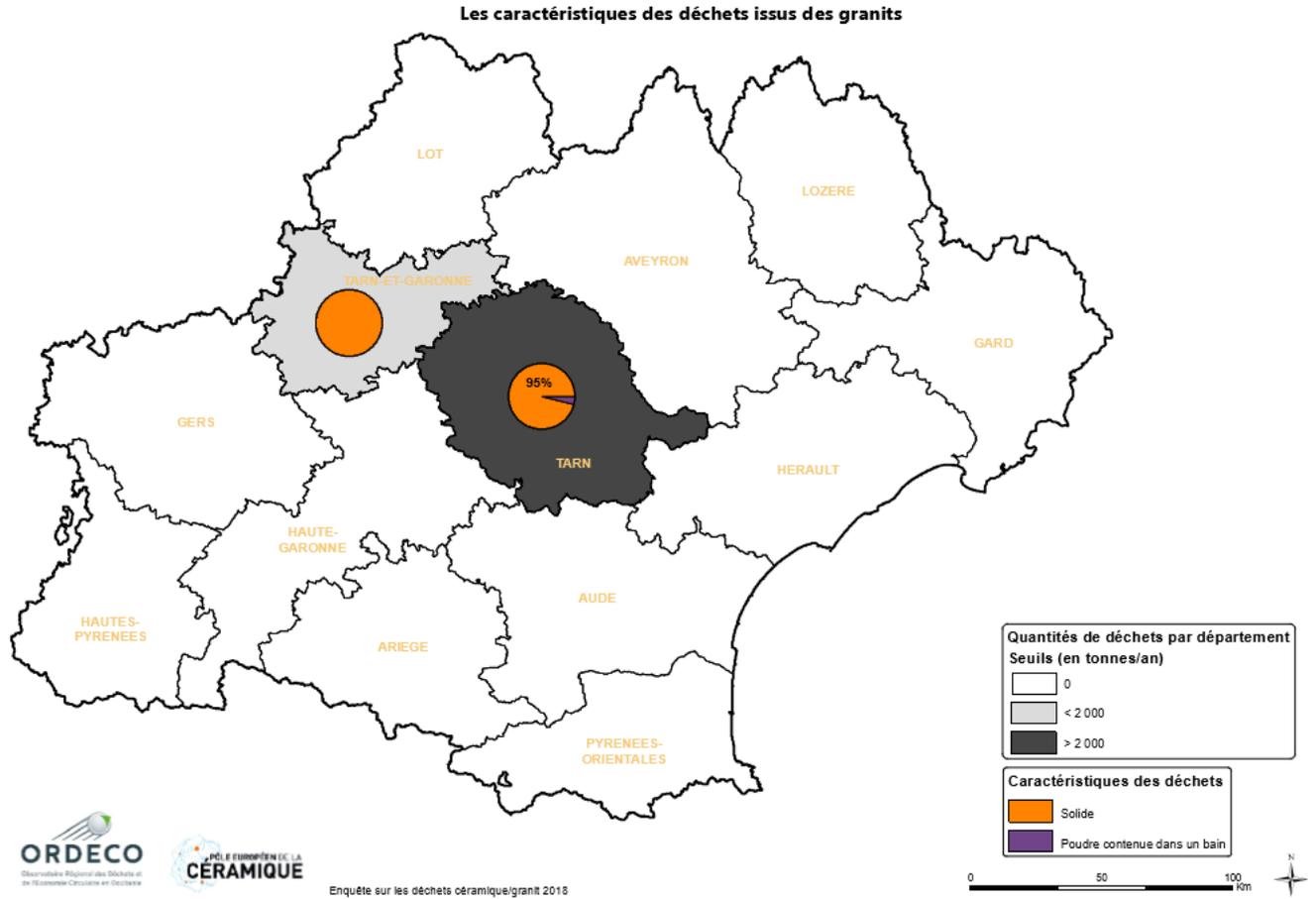


Figure 13 : Carte représentant l'état physique par tonnage des déchets granits en Occitanie selon les départements

La Figure 13 met en évidence que la grande majorité des déchets granits est concentrée dans le Tarn. On trouve également un gisement de déchets dans le Tarn-et-Garonne. Les réflexions sur les voies de valorisation doivent être menées sur ces deux territoires limitrophes.

La Figure 14 montre la distribution de l'état physique (solide, poudre contenue dans un bain) des déchets granits.



Figure 14 : Répartition de l'état physique par tonnage des déchets granits

On observe une proportion de déchets solides largement supérieure aux déchets en poudre contenue dans un bain. Ce constat est important dans le choix des pistes de valorisation du granit à mettre en place prioritairement.

e) Extrapolation des résultats d'associations de potiers

Quelques réponses du secteur des céramiques traditionnelles ont été données par des établissements appartenant à des associations de potiers. La Figure 15 est un tableau qui synthétise des estimations de gisements de déchets propres à une association à partir d'une réponse individuelle de potier membre. Pour cela des extrapolations sont faites : les tonnages référencés par un potier individuel sont multipliés par le nombre d'adhérents à l'association. Au total quatre associations sont concernées.

Tableau 1 : Extrapolation des résultats des potiers membres d'associations

Département	Caractéristiques	Quantités totales (tonnes)	Traitement thermique (tonnes)	Composition (tonnes)
30	Une association qui correspond à 9 potiers	4,725	Cuit : 4,725	Argile + plomb : 4,5 Argile : 0,225
34	Deux associations qui correspondent à 65 potiers	2,665	Cuit : 2,665	Argile : 2,5 Argile + cuivre + cadmium : 0,1 Argile + émail : 0,065
46	Une association qui correspond à 44 potiers	2,244	Cuit : 2,244	Argile : 2,2 Argile + feldspaths + plomb : 0,044

III.6. Discussions sur les coûts actuels assumés par les établissements pour la gestion des déchets

Les données relatives aux coûts actuels assumés par les établissements pour gérer leurs déchets ne semblent pas exploitables. En effet, grand nombre de répondants n'ont pas renseigné ce champ. Il existe des divergences très importantes entre les prix ramenés au tonnage pour un même mode de traitement. En se basant sur les résultats de l'enquête (exactitude à remettre en cause du fait des données recueillies), il ressort que les céramistes traditionnels et les granitiers assument des prix plus élevés en élimination et en remblaiement que les céramistes techniques.

III.7. L'intérêt des établissements pour les démarches d'éco-conception

Sur les 33 établissements ayant participé à l'étude, 54 % des établissements ont indiqué intégrer des démarches d'éco-conception dans leur processus de production. 28% de ces démarches sont relatives aux économies d'eau, 55% se réfèrent aux économies d'énergie et 94 % visent à réduire les déchets. Les céramistes et les granitiers apparaissent comme particulièrement sensibles aux problématiques liées à la réutilisation de la matière.

IV. Modes de valorisation des déchets céramiques/granits respectueux des principes de l'économie circulaire

IV.1. Une valorisation totale des déchets argileux chez Terreal

Le groupe Terreal, dont l'activité est centrée sur les produits de construction destinés à l'enveloppe du bâtiment, a mis en place un processus permettant la valorisation de 100 % de ses déchets argileux issus de la confection de ses produits. On distingue trois types de rebuts issus du circuit de production: les rebuts dits "verts" avant séchage, les rebuts dits "secs" après séchage, et les rebuts dits "cuits" après cuisson. [15]

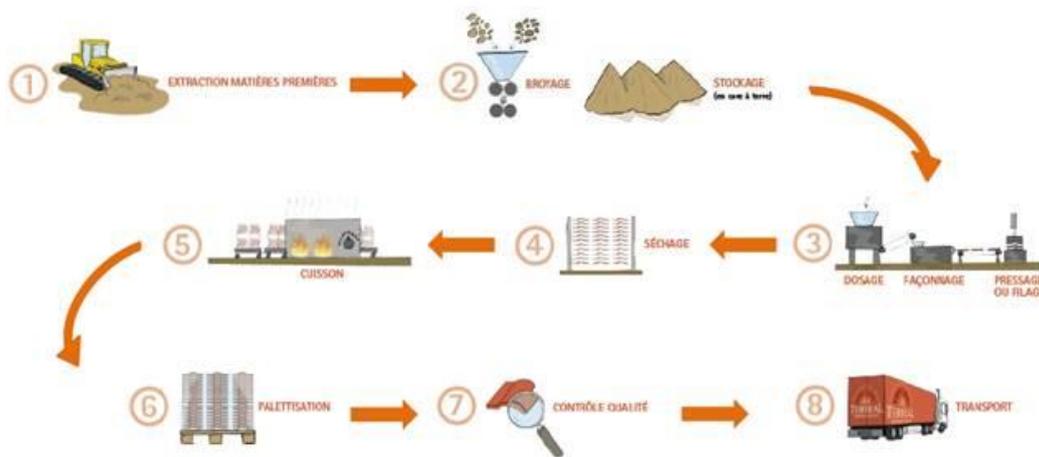


Figure 15 : Circuit de fabrication des produits Terreal [15]

Les rebuts "verts" et "secs" sont réintroduits avant séchage à l'étape 3 du circuit de fabrication, l'argile retrouvant rapidement sa malléabilité. Ainsi 40 000 tonnes par an de rebuts "verts" et "secs" sont intégrés aux procédés de fabrication au sein du groupe Terreal. En revanche, les rebuts obtenus après frittage acquièrent leurs propriétés définitives et ne peuvent être réhydratés. Ces déchets de terre cuite ne trouvent pas d'application dans le circuit de fabrication. Le groupe Terreal est équipé d'un broyeur de déchets argileux qui permet la valorisation de plus de 55 000 tonnes par an de terres cuites. La poudre résultant du broyage, appelée chamotte, est employée comme dégraissant du mélange de fabrication, et remplace ainsi le sable pouvant être utilisé à cet effet. Cette initiative permet de limiter les impacts environnementaux et l'épuisement des ressources suite à l'extraction du sable. Les coûts de production sont réduits puisque les terres cuites produites finales sont composées de 70 % d'argile et de 30% de dégraissant. [15]

Suite à des échanges avec Terreal, il en ressort que le groupe est intéressé par la reprise de quantités significatives de déchets non dangereux dans le but d'effectuer du remblaiement de carrières après broyage. Ce type de reprise s'adresse majoritairement aux entreprises appartenant au secteur des céramiques traditionnelles produisant des rebuts argileux non valorisés.

IV.2. La production de matières minérales recyclées à partir de silicium et d'alumine secondaires

Extractive Ceramics Recycling est une entreprise, dont les usines sont situées dans le Vaucluse, qui est dédiée à la valorisation de céramiques industrielles et de matières minérales. Le recyclage d'alumineux, d'abrasifs, et de tout autres matériaux réfractaires est assuré par des traitements physiques. Le groupe dispose de laboratoires qui développent des solutions innovantes dans le traitement de déchets.

Afin de produire des matières minérales recyclées à partir de silicium et d'alumine secondaires, des procédés de concassage, de broyage, de criblage, de tamisage, de conditionnement et de stockage sont mis en place dans les usines. Extractive Ceramics Recycling produit du carbure de silicium et du ferrosilicium ayant une teneur en silicium comprise entre 60 et 95 %, et des produits alumineux. [16] Ces produits secondaires sont principalement recherchés par l'industrie métallurgique, notamment suite à l'augmentation des coûts de l'alumine primaire. Cet établissement reprend alors majoritairement des déchets issus des céramiques techniques contenant du carbure de silicium, de la silice ou de l'alumine. Le broyage des déchets solides cuits de grande taille peut être assuré sans problème, des échantillons de déchets crus peuvent être envoyés afin de déterminer s'il est possible de les valoriser. Les frais facturés pour assurer la reprise de déchets par Extractive Ceramics Recycling correspondent aux coûts générés par le transport.

Trois établissements du secteur des céramiques techniques situés à Bazet dans les Hautes-Pyrénées produisent des déchets céramiques cuits et crus contenant de l'alumine. En sommant les quantités produites par les trois entreprises, on trouve 31,035 tonnes de déchets cuits et 25,065 tonnes de déchets crus. Une collecte et un transport communs peuvent être envisagés en ce qui concerne les déchets cuits, pour les déchets crus l'envoi d'échantillons est nécessaire avant de démarrer toute démarche.

Pour les déchets liquides contenant des métaux en suspension intéressants à valoriser, il est envisageable de mettre en place un filtre-pressé afin d'obtenir un gâteau de ces métaux.

IV.3. Des pièces céramiques utilisées pour le stockage et la restitution d'énergie

La start-up Eco-Tech Ceram basée à Perpignan voit son activité naître face à un constat : 20 à 40% de l'énergie consommée par l'industrie est perdue et n'est pas valorisée. Le module EcoStock proposé par cette entreprise permet de récupérer l'énergie perdue des procédés à haute température ou le surplus d'énergie renouvelable produit en dehors des heures des pics de consommation. Le module ne se contente pas de stocker l'énergie, il agit comme une pile qui se charge et se décharge en chaleur. En effet, l'énergie est ensuite restituée sous forme de chaleur, d'électricité, de froid ou de vapeur. Eco-Tech Ceram s'inscrit dans une démarche d'économie circulaire, ses modules sont composés de céramiques réfractaires issues de la valorisation de matières résiduelles industrielles. [17] Cette start-up ne reprend pas de déchets afin de les traiter, il s'agit d'un bureau d'étude centré sur la formulation de matériaux à partir de matières premières secondaires.

Des chercheurs de l'Université de Tokyo travaillent également sur les propriétés de stockage d'énergie que présentent certaines céramiques. Le pentoxyde de tri titane, de formule chimique Ti_3O_5 , est

capable de stocker de l'énergie sur une longue durée, et de la libérer sous forme de chaleur. Cette propriété, qui défie les phénomènes habituels de dissipation de la chaleur, est due à la stabilité de la structure cristalline du matériau une fois chauffé. L'énergie est par la suite libérée par application d'une pression de 600 bars à température ambiante. Ce type de céramique présente une grande capacité de stockage d'énergie de 230 kJ/L, ce qui représente environ 70% de la chaleur latente de fusion de l'eau, et environ 10% de la chaleur latente de vaporisation de l'eau. Ces recherches peuvent être prometteuses pour la valorisation d'une certaine catégorie de céramiques. [18]

IV.4. La conception de nouveaux produits céramiques intelligents à travers le projet LifeCeram

Face aux trois millions de tonnes de déchets issus de la fabrication de carreaux céramiques au sein de l'Union Européenne, divers acteurs espagnols appartenant à l'écosystème des céramiques se sont unis sous la coordination de l'Institut de Technologie Céramique de Castellón à travers le projet LifeCeram. Le but de ce dernier est de réduire la quantité de déchets non valorisés et de s'inscrire dans une démarche d'économie circulaire. Le projet est co-financé par la Commission européenne grâce à Life+, l'outil financier servant de soutien aux projets axés sur la conservation de la nature et de l'environnement et aux actions climat. L'objectif premier est centré sur la valorisation des rebuts provenant du processus de fabrication des carreaux céramiques qui ne peuvent pas être recyclés directement dans les circuits de production. En effet, le matériau subit un changement irréversible lors du frittage afin d'acquérir ses propriétés finales. Le projet se base sur deux axes : le développement de nouveaux types de carreaux à usages extérieurs dans lesquels il est possible d'intégrer des résidus céramiques dans le support ou le vernis, et le design d'un procédé de préparation de supports basé sur le broyage à sec et capable d'intégrer tout type de céramiques granulées. [19]

IV.5. Amélioration des propriétés du mortier par ajout de céramiques recyclées sous forme d'agrégats

De nombreuses études considèrent l'utilisation d'agrégats issus de céramiques recyclées comme une alternative à des substances naturelles dans la fabrication de mortier. Celles-ci se basent sur divers échantillons contenant des proportions différentes d'agrégats issus de céramiques et mettent en évidence l'influence de ces céramiques sur certaines propriétés. Les résultats d'une étude espagnole menée par des chercheurs de l'Université de Oviedo et de l'Université de Valence montrent notamment l'amélioration de la résistance mécanique du mortier (résistance à la flexion et à la compression) et la diminution de la densité avec l'ajout d'agrégats issus de céramiques recyclées. Néanmoins, les agrégats céramiques présentent une forte capacité à absorber l'eau, il faut donc porter une attention particulière à la quantité d'eau apportée lors de la préparation du mortier. Selon cette étude, remplacer 50 % d'agrégats naturels par des céramiques recyclées semble être la meilleure proportion à adopter. Dans ces conditions le mortier classique et le mortier contenant des céramiques ont le même comportement de retrait. [20] Une étude pakistanaise similaire permet de nuancer ces propos. Elle conclut qu'un mortier contenant 30 % d'agrégats issus de céramiques recyclées apparaît comme la formulation la plus pertinente. Cette étude prend en compte l'empreinte carbone relative aux différents mortiers de compositions différentes sans considérer le comportement de retrait. [21]

L'amélioration des propriétés mécaniques du mortier suite à l'ajout des céramiques s'explique par le caractère pouzzolanique de ces dernières. Les pouzzolanes sont des matériaux siliceux et silico-alumineux qui ne possèdent pas intrinsèquement de propriétés liantes. Cependant, sous forme finement divisée et en environnement humide, ces substances réagissent chimiquement avec l'hydroxyde de calcium à température ordinaire pour former des composés possédant des propriétés liantes. [22]

IV.6. Emploi des céramiques dans l'aménagement des fonds marins

Les propriétés de la céramique font de ce matériau un candidat intéressant dans l'aménagement des fonds marins. En effet la résistance chimique, la résistance mécanique, la résistance thermique, la résistance à la corrosion, et les propriétés de biocompatibilité assurent une immersion pérenne et inerte dans les milieux marins.

Des réflexions s'inspirant des projets d'implantations de récifs artificiels pratiquées sur le littoral français en Méditerranée peuvent être menées. Depuis 1960, 19 sites répartis en Provence-Alpes-Côte d'Azur et en Languedoc Roussillon ont fait l'objet de ce type d'implantations. Les récifs artificiels sont des structures introduites volontairement dans l'eau. Ce genre d'installations vise à créer, protéger et restaurer un écosystème riche et diversifié en créant des réponses d'attraction, de concentration, de protection, et dans certains cas une augmentation de la biomasse de certaines espèces est observée. Actuellement les modules en béton préconçus sont les plus employés, même si d'autres matériaux trouvent leur place dans les fonds marins. [23]

Néanmoins, même si la production de pièces céramiques à cet effet paraît envisageable, l'utilisation de déchets céramiques semble bien plus complexe. Les récifs ayant pour finalité de favoriser la vie de la faune et de la flore marine, ces derniers doivent donc répondre à des critères spécifiques (par exemple être de taille suffisante afin d'attirer les animaux, présenter des orifices permettant leurs passages). Des réflexions peuvent être menées dans le but de déterminer si l'ajout de pièces de déchets céramiques dans des installations de récifs artificiels peut présenter un intérêt.



Figure 16 : Photographie d'un récif artificiel

IV.7. Usages décoratifs et urbains des terres cuites

Les déchets solides en terre cuite qui ne contiennent pas de substances dangereuses et toxiques peuvent être réemployés à des fins décoratives. La fabrication de mosaïques suite à des opérations de découpe aléatoire de ces rebuts est envisageable et permet, par exemple, la décoration de murs, de tables, ou de toute autre surface.

Le concassage de ces déchets donne des pièces en terre cuite qui pourraient trouver des applications dans des jardins et dans des lieux publics. Les terres cuites sont inertes et empêchent la pousse de mauvaises herbes, ces dernières peuvent alors représenter une bonne alternative aux graviers et aux morceaux d'écorce dans les allées ou au pied des arbres/plantes en tant que paillis.



Figure 17 : Exemples de terre cuite concassée employée dans une allée ou en tant que paillis au pied des plantes

IV.8. Utilisation des rebuts de granit dans les pavés et bordures de la ville de Paris

La ville de Paris a mis en place le réemploi de rebuts de granit issus de plateformes proches dans des chantiers d'aménagement de la voie publique : disposition de pavés et de bordures en granit. Ces pièces recyclées représentent 50% des 15 000 tonnes des pavés et bordures en granit déposés annuellement à Paris. L'objectif est tout d'abord économique puisque l'utilisation de pavés recyclés permet de réduire les coûts des chantiers (un pavé recyclé est deux fois moins onéreux qu'un pavé neuf). L'économie pour la ville de Paris est estimée à un million d'euros par an. Cette démarche présente également un aspect environnemental, la diminution d'importations de pavés neufs d'autres régions françaises, d'Espagne ou du Portugal limite les impacts environnementaux liés au transport. Si des gisements de déchets importants et adaptés sont identifiés en Occitanie (déchets granits solides éliminés), des réflexions peuvent être menées afin de reproduire ce projet sur d'autres territoires. [24]

IV.9. Exploitation des propriétés thermiques du granit

L'entreprise « On the rocks » située en Aveyron produit des glaçons en granit. Les blocs de granit sont taillés et polis artisanalement afin de donner des cubes lisses de 21 grammes. Les glaçons sont placés quelques heures dans le congélateur avant utilisation. Les propriétés thermiques du granit lui permettent de se maintenir à faible température, et d'ainsi refroidir les boissons. Ce type de glaçons est réutilisable à l'infini. Le principal avantage de ce produit est l'absence de la dilution de boisson due à la fonte des eaux. Ces glaçons se destinent dans un premier temps aux puristes des boissons alcoolisées. On peut considérer que ces pièces en granit appartiennent au domaine du luxe, le prix de six glaçons étant de 10,95 euros, contre en moyenne un kilo de glaçons d'eau valant 1,89 euros. Ce prix élevé est justifié par un granit de qualité provenant des côtes bretonnes ou de la région du Sidobre. Il peut alors être intéressant de réfléchir à une éventuelle fabrication de glaçons à partir de rebuts solides de granits du Sidobre. [25]

Conclusion

Pour conclure, cette étude dresse l'état des lieux des différents paramètres permettant de mener des réflexions sur des modes de gestion des déchets minéraux céramiques/granits en Occitanie.

Quatre principaux points ressortent de la caractérisation quantitative et qualitative des déchets :

- La Haute-Garonne, le Tarn et le Tarn-et-Garonne sont les trois départements qui produisent le plus de déchets céramiques/granits en Occitanie. La plus grande quantité de déchets éliminés se trouve dans le Tarn.
- Globalement les déchets issus des céramiques traditionnelles sont des rebuts d'argile cuite. Ils se situent majoritairement en Haute-Garonne, dans le Tarn-et-Garonne, dans le Tarn, dans le Lot.
- Une gestion intra-départementale des céramiques techniques semble être la plus adaptée à ce type de déchets, notamment dans les Hautes-Pyrénées.
- Le développement des voies de valorisation des granits doit se centrer sur les départements du Tarn et du Tarn-et-Garonne.

Toutes ces données sont à mettre en perspective avec les différents modes de valorisation matière afin de proposer un plan d'économie circulaire adapté à la typologie des gisements de déchets céramiques/granits régionaux.

Lexique des acronymes

ADEME : Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie

AD'OCC : Agence de Développement Economique d'Occitanie

BTP : Bâtiment et Travaux Publics

CMC : Composite à Matrice Céramique

CMM : Composite à Matrice Métallique

CMO : Composite à Matrice Organique

ICPE : Installations Classées pour la Protection de l'Environnement

ISDI : Installation de Stockage de Déchets Inertes

NOTRe : Nouvelle Organisation Territoriale de la République

ORDECO : Observatoire des Déchets et de l'Economie Circulaire en Occitanie

PRPGD : Plan Régional de Prévention et de Gestion des Déchets

SRI : Stratégie Régionale d'Innovation

SRADDET : Schéma Régional d'Aménagement, de Développement Durable et d'Egalité des Territoires

TER : Territoires Economes en Ressources

TZDZG : Territoires Zéro Déchets Zéro Gaspillage

Bibliographie

- [1] « Les déchets inertes », *ADEME*, 21-juin-2018. [Online]. Disponible sur: <https://www.ademe.fr/expertises/dechets/quoi-parle-t/types-dechets/dechets-inertes>
- [2] S. Pérez Rea, « Caractéristiques physico-mécaniques du granit et adéquation à l'usage », *Grupinex*. 25-juin-2014 [Online]. Disponible sur: <https://grupinex.wordpress.com/2014/06/25/caracteristiques-physico-mechaniques-du-granit-et-adequation-a-lusage/>. [Consulté le: 17-sept-2018]
- [3] « Liste de codification des déchets (Annexe 2 de l'article R. 541-8 du CE) ». Aida Ineris [Online]. Disponible sur: https://aida.ineris.fr/consultation_document/10327. [Consulté le: 31-juill-2018]
- [4] « 2760. Installation de stockage de déchets à l'exclusion des installations visées à la rubrique 2720 », *AIDA Ineris*. [Online]. Disponible sur: https://aida.ineris.fr/consultation_document/10749. [Consulté le: 23-août-2018]
- [5] « Chiffres-clés Déchets, Edition 2016 ». ADEME [Online]. Disponible sur: <https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/dechets-chiffres-cles-edition-2016-8813.pdf>. [Consulté le: 13-juill-2018]
- [6] « Résultats de la recherche des IC », *Installations classées*. [Online]. Disponible sur: <http://www.installationsclassées.developpement-durable.gouv.fr/rechercheIC.php?selectRegion=18&selectDept=-1&champcommune=&champNomEtabl=&champActivitePrinc=38&selectRegEtab=-1&champListelC=&selectPrioriteNat=-1&selectRegSeveso=-1&selectIPPC=-1>. [Consulté le: 18-juill-2018]
- [7] L. Gendre, « Les grandes familles des matériaux composites ». 04-mai-2011 [Online]. Disponible sur: <http://eduscol.education.fr/sti/sites/eduscol.education.fr.sti/files/ressources/pedagogiques/6622/6622-les-grandes-familles-de-materiaux-composites-ens.pdf>. [Consulté le: 11-juill-2018]
- [8] P. Krawczak, « Recyclage des composites », *Techniques de l'ingénieur*. 10-juill-2011.
- [9] « Plan Régional de Prévention et de Gestion des Déchets (PRPGD) ». ADEME, juin-2016 [Online]. Disponible sur: <https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/fiche-plan-regional-prevention-gestion-dechets.pdf>. [Consulté le: 17-juill-2018]
- [10] « La SRI, démarche globale », *SRI - Stratégie régionale de l'innovation en Occitanie*. [Online]. Disponible sur: <https://www.sri-occitanie.fr/la-sri-demarche-globale/>. [Consulté le: 17-juill-2018]
- [11] « Les démarches territoriales économie circulaire », *ADEME*. [Online]. Disponible sur: <https://occitanie.ademe.fr/expertises/territoires-en-transition/les-demarches-territoriales-economie-circulaire>. [Consulté le: 17-juill-2018]
- [12] « Appel à Projets - Investissements d'Avenir - Economie circulaire et valorisation des déchets », *ADEME*, 09-févr-2018. [Online]. Disponible sur: https://appelsaprojets.ademe.fr/appe/DMA/_pub/apw_description.aspx?ref=ECOCIRC2018-20. [Consulté le: 18-juill-2018]

- [13] « Appel à Projets - Investissements d'Avenir - Industrie Eco-efficente », *ADEME*, 29-mai-2018. [Online]. Disponible sur: https://appelsaprojets.ademe.fr/appe/DMA/_pub/apw_description.aspx?ref=INDUSTRIE2018-58. [Consulté le: 18-juill-2018]
- [14] « Appel à candidatures "TPE et PME gagnantes sur tous les coûts!" », *ADEME*. [Online]. Disponible sur: https://appelsaprojets.ademe.fr/appe/DMA/_pub/apw_description.aspx?ref=AGIR2018-16. [Consulté le: 18-juill-2018]
- [15] « TERREAL valorise 100 % de ses déchets argileux ». [Online]. Disponible sur: <https://wellcom.fr/presse/terreal/2013/07/terreal-valorise-ses-dechets-argileux/>. [Consulté le: 11-juill-2018]
- [16] « Extracthive », *Extracthive*. [Online]. Disponible sur: <https://www.extracthive.com>. [Consulté le: 30-août-2018]
- [17] « L'EcoStock », *Eco-Tech Ceram France*. [Online]. Disponible sur: <https://www.ecotechceram.com/ecostock>. [Consulté le: 16-juill-2018]
- [18] Jacquel, « Une céramique stocke et destocke de la chaleur à foison », *Techniques de l'Ingénieur*. 02-août-2015 [Online]. Disponible sur: <https://www.techniques-ingenieur.fr/actualite/articles/une-ceramique-stocke-et-destocke-de-la-chaleur-a-foison-1113/>. [Consulté le: 11-juill-2018]
- [19] « LIFECERAM: Resumen », *Lifeceram*, 30-avr-2018. [Online]. Disponible sur: <http://www.lifeceram.eu/es/the-project/summary.aspx>. [Consulté le: 22-juin-2018]
- [20] F. López Gayarre, Í. López Boadella, C. López-Colina Pérez, M. Serrano López, et A. Domingo Cabo, « Influence of the ceramic recycled aggregates in the masonry mortars properties », *Constr. Build. Mater.*, vol. 132, p. 457-461, févr. 2017 [Online]. Disponible sur: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061816319316>. [Consulté le: 11-juill-2018]
- [21] K. Rashid, A. Razzaq, M. Ahmad, T. Rashid, et S. Tariq, « Experimental and analytical selection of sustainable recycled concrete with ceramic waste aggregate », *Constr. Build. Mater.*, nov. 2017 [Online]. Disponible sur: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/94FAEF100661ECFEB2D3B139F9170CFD54E393EEE19BDCA2E65A07B04F884247FBA0DEC9E6B66EFE9923173D5DD444E9>. [Consulté le: 17-juill-2018]
- [22] V. De Castro Almeida et A. C. Evangelista, « Characterization of Different Types of Ceramic Waste and its Incorporation to the Cement Paste to Evaluate Pozzolanic Reactivity ». [Online]. Disponible sur: <http://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB22504.pdf>
- [23] « Document stratégique pour l'implantation des récifs artificiels ». janv-2012 [Online]. Disponible sur: http://www.dirm.mediterranee.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Rapport_Recifs_V21-1.pdf. [Consulté le: 31-août-2018]
- [24] « Organisation du réemploi des pavés et bordures en granit de la ville de Paris », *ADEME*. [Online]. Disponible sur: <http://optigede.ademe.fr/fiche/organisation-du-reemploi-des-paves-et-bordures-en-granit-de-la-ville-de-paris>. [Consulté le: 17-sept-2018]

[25] H. Gazzane, « Quand le granit se transforme en glaçon », *lefigaro*, 08-juill-2015. [Online]. Disponible sur: <http://www.lefigaro.fr/conso/2015/07/08/05007-20150708ARTFIG00005-quand-le-granit-se-transforme-en-glacon.php>. [Consulté le: 17-sept-2018]

Table des Annexes

Annexe 1 : Enquête dans le cadre de l'étude de gisements de déchets issus des activités céramiques/granits en Occitanie

Annexe 2 : Tableau présentant la liste des établissements assurant la gestion de déchets inertes (exclusion des établissements accueillant exclusivement les déchets issus du BTP/démantèlement/déconstruction) référencés dans la base des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE)

Annexe 3 : Carte représentant les différents modes de traitement des déchets par tonnage annuel en Occitanie selon des départements

Annexe 4 : Carte représentant les caractéristiques qualitatives (composition, cuisson) par tonnage des déchets issus des céramiques traditionnelles en Occitanie selon les départements

Annexe 5 : Carte représentant les caractéristiques qualitatives (composition, cuisson) par tonnage des déchets issus des céramiques techniques en Occitanie selon les départements

Annexe 6 : : Carte représentant l'état physique par tonnage des déchets issus des céramiques traditionnelles et techniques en Occitanie selon les départements

Annexe 7 : Carte représentant l'état physique par tonnage des déchets granits en Occitanie selon les départements

Annexe 1 : Enquête dans le cadre de l'étude de gisements de déchets issus des activités céramiques/granits en Occitanie



Enquête dans le cadre de l'étude de gisements de déchets issus des activités céramiques/granits en Occitanie

La structure

Nom :

Adresse du site d'exploitation :

.....

Code postal et ville :

Contact

Nom et Prénom :

Fonction :

Téléphone :

Mail :

Votre activité

1) A quel secteur appartient votre établissement ?

- Céramiques techniques
- Céramiques traditionnelles
- Granit

3) Si non, souhaitez-vous recevoir une aide afin d'intégrer cette démarche ?

- Oui Non

2) Réalisez-vous un travail d'éco-conception autour de vos procédés de fabrication ?

- Oui Non

4) Si vous réalisez/souhaitez réaliser un travail d'éco-conception, quelles sont vos principales motivations ?

- Economie d'énergie Economie d'eau
- Réduction des déchets

Tableaux relatifs à la production de déchets issus des procédés de fabrication

Type de déchets	Quantité annuelle (unité au choix : tonnes ou m ³)	Production saisonnière (si oui, merci d'indiquer la période)	Etat (si liquide, merci d'indiquer de quel type de bain il s'agit)		
			Liquide (merci de préciser)	Solide	Pulvérulent
1 :tonnesm ³	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2 :tonnesm ³	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3 :tonnesm ³	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4 :tonnesm ³	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Type de déchets	Les déchets sont-ils en mélange? Si oui, envisagez-vous de les trier ?			Les principaux éléments chimiques, minéraux composant les déchets (si possible)	Traitements subis (si traitement de surface, merci d'indiquer lequel)	
	En mélange, tri envisagé	En mélange, tri non envisagé	Déjà triés		Traitement thermique	Traitement de surface (merci de préciser)
1 :	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2 :	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3 :	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4 :	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Tableaux relatifs à la gestion de déchets issus des procédés de fabrication

Type de déchets	Collecte (si autre, merci de préciser)				Valorisation (si autre, merci de préciser)				
	Dépôt en déchèterie	Collecte par le service public	Collecte par un prestataire privé	Autre (merci de préciser)	Matière	Energie	Remblaiement carrière	Valorisation Travaux Publics	Autre (merci de préciser)
1 :	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2 :	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3 :	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4 :	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Acronymes employés dans le tableau pour les installations de stockage :
 • (1) : ISDI : Installation de Stockage de Déchets Inertes
 • (2) : ISDND : Installation de Stockage de Déchets Non Dangereux
 • (3) : ISDD : Installation de Stockage de Déchets Dangereux

Type de déchets	Elimination (si autre merci de préciser)				Coût	Nom de la structure de récupération
	ISDI (1)	ISDND (2)	ISDD (3)	Autre (merci de préciser)		
1 :	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2 :	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3 :	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4 :	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Les informations recueillies dans le cadre de cette enquête font l'objet d'un traitement informatique. En application de l'article 34 de la loi "Informatique et liberté" du 06 janvier 1978, modifiée par la loi du 6 août 2004, vous bénéficiez d'un droit d'accès et de rectification aux informations qui vous concernent. Si vous souhaitez exercer ce droit et obtenir communication des informations qui vous concernent, veuillez vous adresser à l'ORDECO au 05.61.39.12.75.

Annexe 2 : Tableau présentant la liste des établissements assurant la gestion de déchets inertes (exclusion des établissements accueillant exclusivement les déchets issus du BTP/démantèlement/déconstruction) référencés dans la base des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE)

Etablissement	Commune	Département	ISDI	Station de transit	Station de traitement
SMECTOM du Plantaurel Jaou et Brousset	Arignac	Ariège 09	X		X
Communauté de communes Couserans Pyrénées	Audressein	Ariège 09	X		
Communauté de communes Du Donezan	Carcanières	Ariège 09	X		
SICTOM du Couserans	Castelnau Durban	Ariège 09	X		
SMECTOM du Plantaurel	Daumazan sur Aruze	Ariège 09	X		
Communauté de communes Couserans Pyrénées	Lasserre	Ariège 09	X		
SMECTOM du Plantaurel	Unac	Ariège 09	X		
Ariège déchets	Regat	Ariège 09	X		
Valoridec	Castelnau d'Aude	Aude 11			X
Communauté de communes D'Argences Sainte Geneviève	Argences en Aubrac	Aveyron 12	X		
Communauté de communes Pays belmontois	Belmon sur Rance	Aveyron 12	X		
Communauté de communes Rougier Camares	Camares	Aveyron 12	X		
Communauté de communes Pays Segali	Camjac	Aveyron 12	X		
Communauté de communes Conques Marcillac	Marcillac Vallon	Aveyron 12	X		
Ineo Réseau Sud-Ouest	Millau	Aveyron 12	X		
Sevigne la Vialatelle	Onet le Chateau	Aveyron 12	X		X
Communauté de	Requista	Aveyron 12	X		

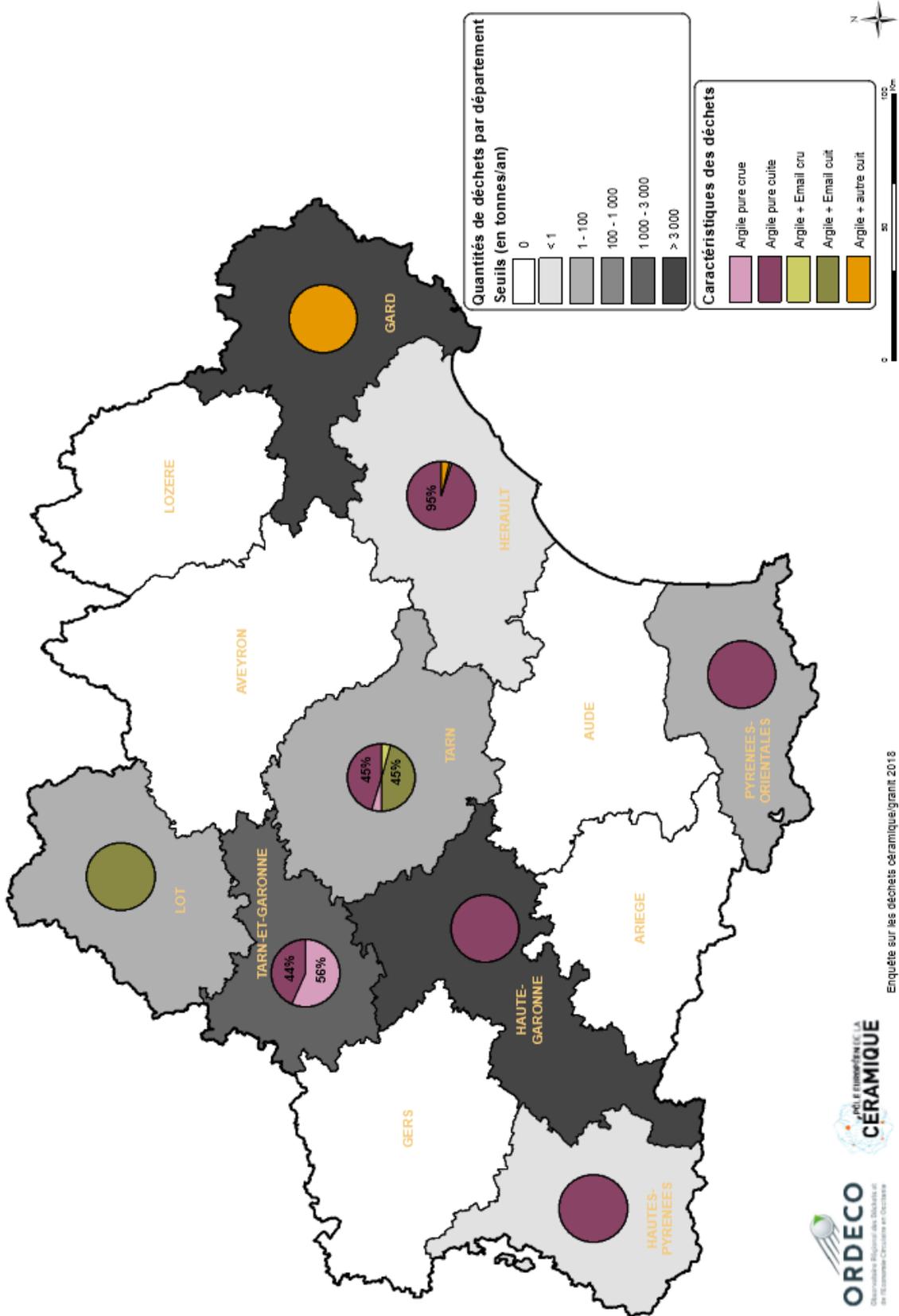
communes Requistanais					
Communauté de communes Levezou Pareloup	Salles Curan	Aveyron 12	X		
Communauté de communes Du plateau de Montbazens	Vaureilles	Aveyron 12	X		
Communauté de communes Levezou Pereloup	Veziens de Levezou	Aveyron 12			
ANDRE Jean Paul	Anduze	Gard 30		X	X
GD Conseil	Anduze	Gard 30	X		
Lafarge granulats France	Tavel	Gard 30	X		
Suez RR IWS Minerals France	Bellegarde	Gard 30	X	X	X
Syntoma	St Laurent le Minier	Gard 30	X		
Communauté de communes Portes du Comminges	L'Isle en Dodon	Haute-Garonne 31	X		
ISDI Dragages Garonnais (Coume Castagne)	Villeneuve de Rivière	Haute-Garonne 31	X		
ISDI Aurignac Bernadets	Aurignac	Haute-Garonne 31	X		
ISDI Com Com du Volvestre	Carbonne	Haute-Garonne 31	X		
ISDI Carbonne Corudo	Carbonne	Haute-Garonne 31	X		
ISDI Mauzac (Midi Pyrénées Granulats)	Carbonne	Haute-Garonne 31	X		
Bezerra SARL	Laureat	Gers 32	X		
Société Sovami	Grabels	Hérault 34	X		
Mairie de la Boissière	La Boissière	Hérault 34	X		
SICTOM de Pezenas Agde	Roujan	Hérault 34	X		
Solag SA	St Andre de Sangonis	Hérault 34		X	X
ISDI Roches Bleues	St Thibery	Hérault 34	X		
Eiffage	Thezan les Béziers	Hérault 34	X		
Syded de Lot	Cabrerets	Lot 46	X		
Syded de Lot	Cazals	Lot 46	X		
Syded de Lot	Coeur de Causse	Lot 46	X		
Syded de Lot	Degagnac	Lot 46	X		

Syded de Lot	Figeac	Lot 46	X		
Bernadou entreprise	Gignac	Lot 46			X
Carrière des Genestes SARL	Gignac	Lot 46		X	X
Solag (St Languedocienne d'agregats)	Gignac	Lot 46		X	
Syded de Lot	Glanes	Lot 46	X		
Syded de Lot	Gourdon	Lot 46	X		
Syded de Lot	Lacapelle Marivel	Lot 46	X		
Syded de Lot	Latronquiere	Lot 46	X		
Syded de Lot	Le Montat	Lot 46	X		
Syded de Lot	Limogne en Quercy	Lot 46	X		
Syded de Lot	Livernon	Lot 46	X		
Syded de Lot	Luzech	Lot 46	X		
Syded de Lot	Martel	Lot 46	X		
Eiffage	Maxou	Lot 46	X		
Syded de Lot	Montcuq en Quercy Blanc	Lot 46	X		
Syded de Lot	Payrac	Lot 46	X		
Colas Sud-Ouest	Rignac	Lot 46	X		
Syded du Lot	Sousceyrac en Quercy	Lot 46	X		
CM Quartz	St Denis Catus	Lot 46			X
Mairie de Meyrueis	Hures la Parade	Lozère 48	X		
Société RRTP	Langogne	Lozère 48	X		
Communauté de communes Villefort	St André Capceze	Lozère 48	X		
Communauté de communes Cévennes au Mont Lozère	Gabriac	Lozère 48	X		
Mairie de St Germain du Teil	St Germain du Teil	Lozère 48	X		
Société des carrières Lourdaises	Aureilhan	Hautes-Pyrénées 65	X		
ISDI décharge chemin De St Martin	Capvern	Hautes-Pyrénées 65	X		
ISDI Commune de Galan	Galan	Hautes-Pyrénées 65	X		

PSI	Lannemezan	Hautes-Pyrénées 65	X	X	X
SMECTOM Plateau Lannemezan Nestes	Nestier	Hautes-Pyrénées 65	X		
SOCARL	Maubourguet	Hautes-Pyrénées 65	X	X	X
Entreprise Malet	Albi	Tarn 81	X	X	X
SAS Carrières de Cambounes	Cambounes	Tarn 81			X
Société Colas Midi- Méditerranée	Lacaune	Tarn 81			X
SAS Société de carrières De Peyrebrune	Montredon Labessonnie	Tarn 81		X	X
SARL Cambesse Granits	St Salvy de la Balme	Tarn 81	X		
Ecomat	Bessens	Tarn et Garonne 82	X	X	X
Laffont ISDI	Moissac	Tarn et Garonne 82	X		

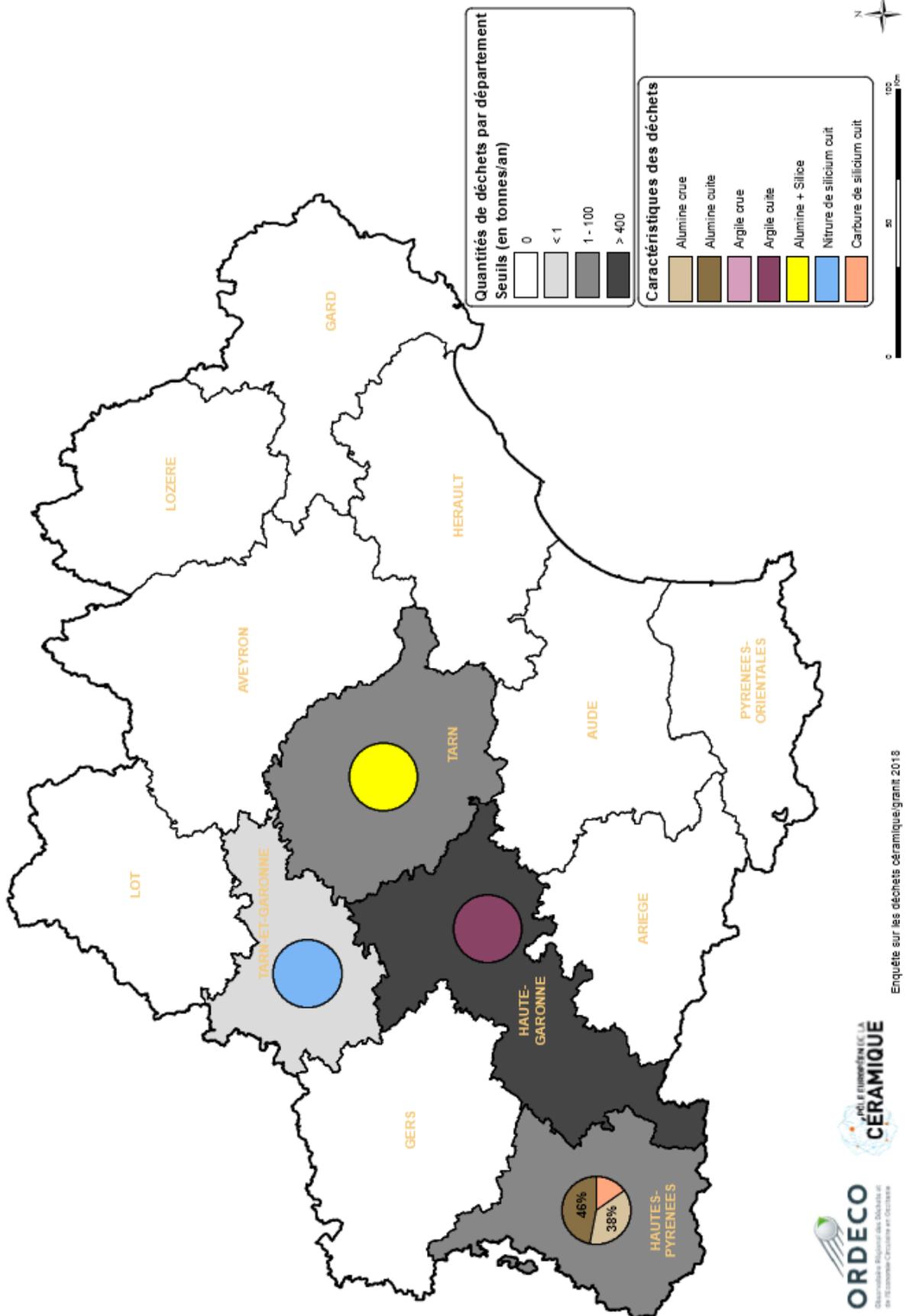
Annexe 4 : Carte représentant les caractéristiques qualitatives (composition, cuisson) par tonnage des déchets issus des céramiques traditionnelles en Occitanie selon les départements

Les caractéristiques des déchets issus des céramiques traditionnelles



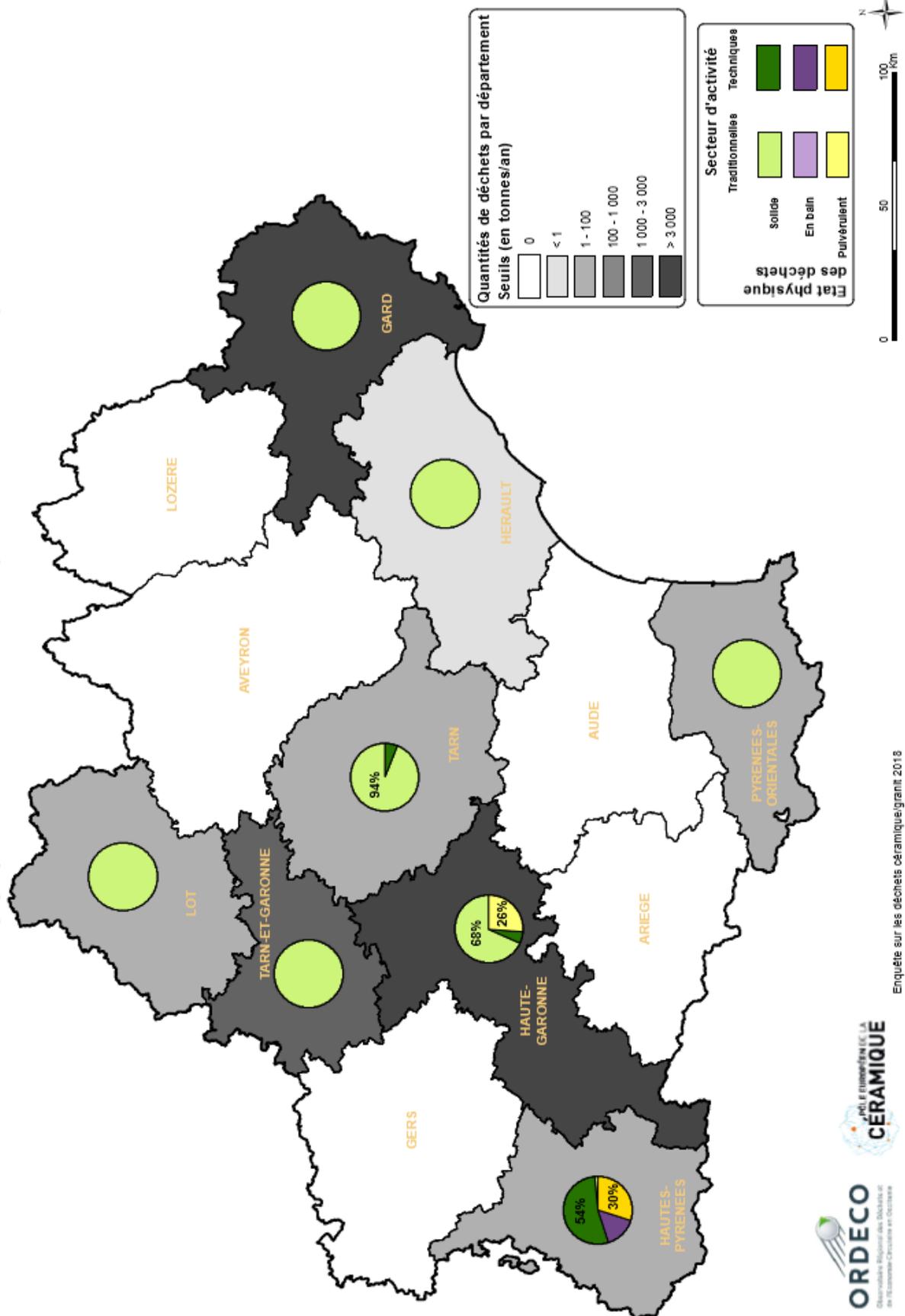
Annexe 5 : Carte représentant les caractéristiques qualitatives (composition, cuisson) par tonnage des déchets issus des céramiques techniques en Occitanie selon les départements

Les caractéristiques des déchets issus des céramiques techniques



Annexe 6 : : Carte représentant l'état physique par tonnage des déchets issus des céramiques traditionnelles et techniques en Occitanie selon les départements

Etat physique des déchets issus des céramiques traditionnelles/techniques



Annexe 7 : Carte représentant l'état physique par tonnage des déchets granits en Occitanie selon les départements

Les caractéristiques des déchets issus des granits

