

T3.3.1 Base de données de la demande de GNL dans les territoires

PARTENAIRES:

- **REGIONE SARDEGNA-Industria**
- **OFFICE de TRANSPORTS de la Corse**
- **CHAMBRE de COMMERCE et d'INDUSTRIE du VAR**

La demande de GNL en Sardaigne et le réseau de distribution routier

Cette étude a été réalisée dans le cadre du Projet SIGNAL - Stratégies transfrontalières pour l'exploitation du Gaz Naturel Liquide, cofinancé par le Programme INTERREG Maritime Italie-France 2014-2020.

| Informations sur le document | |
|---|--|
| Code produit | T3.3.1 |
| Titre produit | La demande de GNL en Sardaigne et le réseau de distribution routier |
| Code Activité | T3.3 |
| Titre Activité | Analyse de la demande du réseau de distribution |
| Code Composant | T3 |
| Titre Composant | Plan du réseau de distribution et de transport de GNL sur le territoire |
| Sujet responsable de l'activité | Assessorato dell'Industria Regione Sardegna - CIREM Univ. Di Cagliari - |
| Responsable scientifique de l'UNICA-CIREM pour le compte du RAS Ass. Industria | Prof. Paolo Fadda |
| Coordinateur de l'étude de l'UNICA-CIREM pour le compte du RAS Ass. Industria | Ing. Federico Sollai |
| Personne responsable de la rédaction du document | REF-E S.r.l. |
| Version | Finale |
| Date | 12/10/2020 |

| Version | Date | Rédacteur(s) | Description modifications |
|---------|------------|--------------|---------------------------|
| Final | 12/10/2020 | REF-E S.r.l | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |



Ce travail est distribué sous Licence Creative Commons Attribution
– Partagez de la même façon 4.0 International ([CC BY-SA 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/))

Table des matières

| | |
|---|-----------|
| Index des figures | 5 |
| Index des tableaux | 7 |
| Résumé | 8 |
| 1. La consommation d'énergie de la Sardaigne | 10 |
| 1.1 Consommation finale d'énergie en Sardaigne 2000 - 2019 | 10 |
| 1.2 Secteur résidentiel | 13 |
| 1.3 Secteur tertiaire | 15 |
| 1.4 Secteur industriel | 17 |
| 1.5 Secteur des transports | 20 |
| 1.6 Secteur agriculture et pêche | 23 |
| 1.7 Ventes de produits pétroliers en Sardaigne 2000 – 2019 | 23 |
| 1.8 Réseaux isolés au GPL ou à l'air propané | 27 |
| 2. Consommation relative aux transformations énergétiques en Sardaigne | 31 |
| 2.1 Consommation relative au raffinage et marché régional des produits pétroliers | 31 |
| 2.2 Consommation du secteur thermoélectrique | 32 |
| 3. Potentiel de pénétration du méthane en Sardaigne | 35 |
| 3.1 Scénario d'évolution de la consommation en 2030 | 36 |
| 3.2 Consommation de produits pétroliers dans les secteurs cibles | 39 |
| 3.3 Potentiels de pénétration réels du gaz naturel | 40 |
| 3.4 Rôles réseau de transport et <i>downstream</i> du GNL | 48 |
| 4. Consommation et potentiels de pénétration du méthane dans le transport routier terrestre à l'horizon 2030 | 51 |
| 4.1 Analyse de la consommation d'énergie du transport routier en Sardaigne au niveau territorial | 51 |
| 4.2 Analyse de la structure et de la répartition territoriale des réseaux de distribution de carburants pétroliers pour le transport routier en Sardaigne | 57 |
| 5. Estimation des flux de trafic léger/lourd sur le réseau routier sarde | 59 |
| 5.1 Généralités | 59 |
| 5.2 Aspects méthodologiques | 59 |
| 5.3 Zonage de référence | 61 |
| 5.4 Graphe routier | 64 |
| 5.5 Matrice O/D | 66 |
| 5.6 Calibration du modèle | 69 |
| 5.7 Simulation de l'état de fait | 72 |
| 6. Estimation ascendante de la consommation de diesel routier sur le réseau routier sarde (2019) | 79 |
| 6.1 Analyse des données du parc automobile en Sardaigne | 79 |
| 6.2 Estimation des coefficients de consommation unitaires COPERT/CORINAIR | 83 |
| 6.3 Estimation de la consommation de carburant routier | 84 |
| 7. Analyse du potentiel de pénétration du GNL dans le parc de camions en circulation | 90 |
| 7.1 Analyse du remplacement du parc de véhicules en circulation | 90 |
| 7.2 Estimation du potentiel de pénétration du GNL | 92 |
| 7.3 Hypothèse sur le réseau de distribution | 94 |
| 8. Bibliographie et sitographie | 97 |

Index des figures

| | |
|---|----|
| Figure 1. Sardaigne: consommation finale d'énergie par source, 2000 – 2019 (ktep) | 10 |
| Figure 2. Sardaigne: consommation finale d'énergie par source, 2019 (%) | 11 |
| Figure 3. Sardaigne: consommation finale d'énergie par secteur, 2000-2019 (ktep) | 11 |
| Figure 4. Sardaigne: consommation finale d'énergie par secteur, 2019 (%) | 12 |
| Figure 5. Sardaigne: consommation finale d'énergie électrique par secteur, 2000-2019 (ktep) | 12 |
| Figure 6. Sardaigne: consommation finale d'énergie dans le secteur résidentiel, 2000-2019 (ktep) | 14 |
| Figure 7. Sardaigne: consommation finale d'énergie dans le secteur tertiaire, 2000-2019 (ktep) | 16 |
| Figure 8. Sardaigne: consommation d'énergie électrique dans les domaines du secteur tertiaire, 2000-2018 (ktep) | 17 |
| Figure 9. Sardaigne: consommation finale d'énergie dans le secteur industriel, 2000 – 2019 (ktep) | 18 |
| Figure 10. Sardaigne: consommation finale d'énergie dans les domaines du secteur industriel, 2000-2018 (ktep) | 19 |
| Figure 11. Sardaigne: consommation finale de produits pétroliers dans l'industrie, 2019 (ktep e %) | 19 |
| Figure 12. Sardaigne: consommation finale d'énergie dans le secteur des transports, 2000-2019 (ktep) | 20 |
| Figure 13. Sardaigne: consommation finale d'énergie dans le secteur des transports, 2019 (%) | 21 |
| Figure 14. Sardaigne: consommation d'énergie dans les transports selon les domaines, 2000-2019 (ktep) | 22 |
| Figure 15. Sardaigne: consommation finale d'énergie dans le secteur des transports selon les domaines, 2019 (%) | 22 |
| Figure 16. Sardaigne: consommation finale d'énergie en agriculture et dans la pêche, 2000-2019 (ktep) | 23 |
| Figure 17. Sardaigne: ventes de produits pétroliers, 2000-2019 (t) | 24 |
| Figure 18. Sardaigne: ventes de produits pétroliers, 2019 (t e %) | 24 |
| Figure 19. Sardaigne: ventes de gazole, 2000-2019 (t) | 25 |
| Figure 20. Sardaigne: ventes de gazole, 2019 (%) | 25 |
| Figure 21. Sardaigne: ventes de GPL, 2000-2019 (t) | 26 |
| Figure 22. Sardaigne: ventes de GPL, 2019 (t e %) | 26 |
| Figure 23. Sardaigne: ventes de GPL selon les modalités, 2019 (%) | 27 |
| Figure 24. Sardaigne: ventes de GPL selon modalités, 2014-2019 (t) | 27 |
| Figure 25. Sardaigne: volumes de gaz autres que le gaz naturel distribués par des réseaux isolés, 2005-2019 (Mm3) | 28 |
| Figure 26. Sardaigne: utilisateurs de gaz autres que le gaz naturel fournis par des réseaux isolés, 2005-2019 (n) | 28 |
| Figure 27. Sardaigne: développement réseaux de distribution de gaz autres que le gaz naturel, 2005-2019 (km) | 29 |
| Figure 28. Sardaigne: opérateurs et communes servis par des réseaux de distribution de gaz autres que le gaz naturel, 2005-2019 (n) | 30 |
| Figure 29. Sardaigne: activité de raffinage, 2000-2019 (kt) | 31 |
| Figure 30. Sardaigne: solde import-export régional d'électricité, 2000-2018 (GWh) | 32 |
| Figure 31. Sardaigne: mix de la génération électrique, 2000-2019 (ktep) | 33 |
| Figure 32. Sardaigne: composition du mix de production, 2018 (GWh) | 34 |
| Figure 33. Sardaigne: consommations d'énergie, secteurs cibles et potentiels de pénétration pour le gaz naturel | 35 |
| Figure 34. Sardaigne: consommation FINALE d'énergie 2000-2019 et prévisions et scénarios, 2020-2030 | 37 |

| | |
|---|-----------|
| Figure 35. Sardaigne: consommation finale de produits pétroliers dans les secteurs cibles de la méthanisation, 2019 (ktep) | 40 |
| Figure 36. Sardaigne: scénarios REF-E de pénétration du gaz naturel d'ici, 2030 (ktep) | 47 |
| Figure 37. Sardaigne: réseau et <i>downstream</i> GNL dans le scénario base de pénétration du gaz naturel en 2030 (ktep) | 49 |
| Figure 38. Sardaigne: réseau et <i>downstream</i> GNL dans le scénario forte pénétration du gaz naturel en 2030 (ktep) | 50 |
| Figure 39. Sardaigne: vente de carburants routiers, 1980-2019 (valeurs absolues) | 52 |
| Figure 40. Sardaigne: vente de carburants routiers, 1980-2019 (valeurs relatives) | 52 |
| Figure 41. Sardaigne: répartition mensuelle de la vente de carburants routiers, 2019 | 53 |
| Figure 42. Sardaigne: répartition provinciale des ventes de carburants routiers, 2019 | 53 |
| Figure 43. Ventes de produits pétroliers dans la province de Cagliari, 2000-2019 (ktep) | 54 |
| Figure 44. Ventes de produits pétroliers dans la province de Sassari, 2000-2019 ktep | 54 |
| Figure 45. Ventes de produits pétroliers dans la province de Nuoro, 2000-2019 ktep | 55 |
| Figure 46. Ventes de produits pétroliers dans la province d'Oristano, 2000-2019 ktep | 55 |
| Figure 47. Ventes de produits pétroliers dans la province de Cagliari, 2019 (ktep et %) | 56 |
| Figure 48. Ventes de produits pétroliers dans la province de Sassari, 2019 (ktep et %) | 56 |
| Figure 49. Ventes de produits pétroliers dans la province de Nuoro, 2019 (ktep et %) | 56 |
| Figure 50. Ventes de produits pétroliers dans la province d'Oristano, 2019 (ktep et %) | 57 |
| Figure 51. Sardaigne: total des distributeurs par province, Septembre 2020 (nombre) | 57 |
| Figure 52. Sardaigne: distributeurs par province et par type de carburant fourni, Septembre 2020 (nombre) | 58 |
| Figure 53. Schéma logique des simulations de trafic | 60 |
| Figure 54. Axes extérieurs | 62 |
| Figure 55. Zonage interne | 63 |
| Figure 56. Modèle de trafic national i-TraM : graphe routier Région Sardaigne | 65 |
| Figure 57. Déplacements lourds attirés par zone | 68 |
| Figure 58. Localisation des stations de relevé | 70 |
| Figure 59. Calibration du modèle régional – total des flux | 71 |
| Figure 60. Calibration du modèle régional - flux lourds | 72 |
| Figure 61. Total des flux de véhicules – état de fait | 74 |
| Figure 62. Flux des véhicules lourds – état de fait | 75 |
| Figure 63. Résumé des kilométrages globaux | 76 |
| Figure 64. Répartition des kilométrages des véhicules légers | 77 |
| Figure 65. Répartition des kilométrages des véhicules lourds | 78 |
| Figure 66. Parc régional voitures particulières (2019) | 79 |
| Figure 67. Parc régional véhicules utilitaires (2019) | 81 |
| Figure 68. Parc régional véhicules utilitaires (2019) | 84 |
| Figure 69. Comparaison entre la consommation simulée et les ventes de carburant MSE (Novembre 2019) | 85 |
| Figure 70. Répartition de la consommation de carburant par classe routière | 86 |
| Figure 71. Sardaigne: taux de remplacement du parc des camions et autobus, 2010-2019 | 92 |
| Figure 72. Sardaigne: réseau de distributeurs de carburant | 96 |

Index des tableaux

| | |
|---|-----------|
| Tableau 1. Sardaigne: stock d'installations de chauffage dans les habitations, 2001-2015 (n° familles) | 14 |
| Tableau 2. Sardaigne: consommation finale d'énergie pour le chauffage (chauffage, eau chaude sanitaire, cuisine) - données non normalisées pour effet températures, 2001-2015 (ktep) | 15 |
| Tableau 3. Matrice OD par composante de véhicule | 67 |
| Tableau 4. Volumes et kilométrages | 77 |
| Tableau 5. Résumé des volumes et kilométrages de l'état de fait | 78 |
| Tableau 6. Parc régional voitures particulières (2019) | 80 |
| Tableau 7. Résumé volumes et kilométrages de l'état de fait | 82 |
| Tableau 8. Consommation par carburant (essence et diesel) et type de véhicule (léger, lourd, total) | 87 |
| Tableau 9. Coefficients d'expansion de la consommation (mois > année) | 88 |
| Tableau 10. Comparaison entre la consommation simulée et les ventes de carburant, 2019 | 89 |
| Tableau 11. Comparaison entre la consommation simulée et les ventes de carburant, 2019 | 89 |
| Tableau 12. Sardaigne: consistance du parc des camions et autobus, 2010-2019 | 90 |
| Tableau 13. Sardaigne: premières immatriculations de camions et d'autobus, 2010-2019 | 91 |
| Tableau 14. Sardaigne: taux de remplacement du parc des camions et autobus, 2010-2019 | 91 |
| Tableau 15. Sardaigne: estimation de l'incidence du pourcentage des véhicules fonctionnant au GNL, 2025-2030 | 93 |
| Tableau 16. Sardaigne: estimation de la consommation de GNL par le trafic commercial lourd, 2030 | 94 |

Résumé

Les perspectives actuelles de méthanisation en Sardaigne, envisagées par le SEN 2017 et confirmées par les lignes directrices contenues dans le Plan PNIEC (2020), prévoient le transport de méthane sous forme liquide (GNL) au moyen de méthaniers de petite et moyenne taille, qui iront s'approvisionner auprès des grands terminaux d'importation pour ensuite livrer le GNL aux entrepôts de stockage le long des côtes sardes. Il est envisagé en outre, de développer en parallèle, la transformation (*downstream*) du méthane sous forme gazeuse, et la transformation du GNL auprès des utilisateurs finaux. Les initiatives d'infrastructures pour lesquelles des procédures d'autorisation ont déjà été lancées, reflètent ce modèle et comprennent deux projets relatifs à la mise en place du réseau dorsal de transport du gaz naturel et cinq projets de dépôts côtiers pour le stockage de GNL, dont deux avec une usine de regazéification. Ce projet inclut également les initiatives concernant les méthaniers de petite ou moyenne taille qui approvisionneront les entrepôts de stockage sardes.

C'est à partir des données sur la situation actuelle, analysée en termes de consommation et d'infrastructures que les potentiels de pénétration du gaz naturel ont été évalués.

La consommation finale d'énergie en Sardaigne forment actuellement un *mix* où les produits pétroliers prédominent (68%), où la consommation dans le secteur industriel s'est effondrée dans les dix dernières années, de plus de la moitié, et où l'énergie électrique et la biomasse ont plus pénétré le secteur domestique que sur le territoire national. La présence de la grande usine de raffinage de Sarroch et la structure particulière du parc thermoélectrique, caractérisée par l'utilisation de charbon et de produits pétroliers, sont très importantes pour le bilan énergétique de l'île. La reconstitution de la consommation par secteur ne permet pas de prévoir actuellement une reprise de la consommation finale d'énergie en Sardaigne pour les prochaines années.

La Sardaigne est la région italienne où l'on trouve le plus de réseaux de distribution de gaz autres que le gaz naturel (GPL et air propané), lesquels se sont développés tant dans les zones prévues par les directives d'aménagement du territoire dans la perspective de la construction du GALSI que suite à des initiatives individuelles de municipalités. Cette réalité est encore très limitée par rapport aux objectifs de l'aménagement du territoire, avec des niveaux de prix élevés et de faibles niveaux de consommation par utilisateur, comme c'est typiquement le cas pour les réseaux de gaz autres que le gaz naturel. La coordination entre les investissements déjà réalisés et ceux prévus dans le cadre plus large de la méthanisation et la possibilité d'exploiter pleinement le potentiel des réseaux existants ne sont pas des éléments évidents et dépendent également de l'évolution du cadre législatif et réglementaire.

À ce jour, le développement du cadre législatif et réglementaire se caractérise par les éléments suivants.

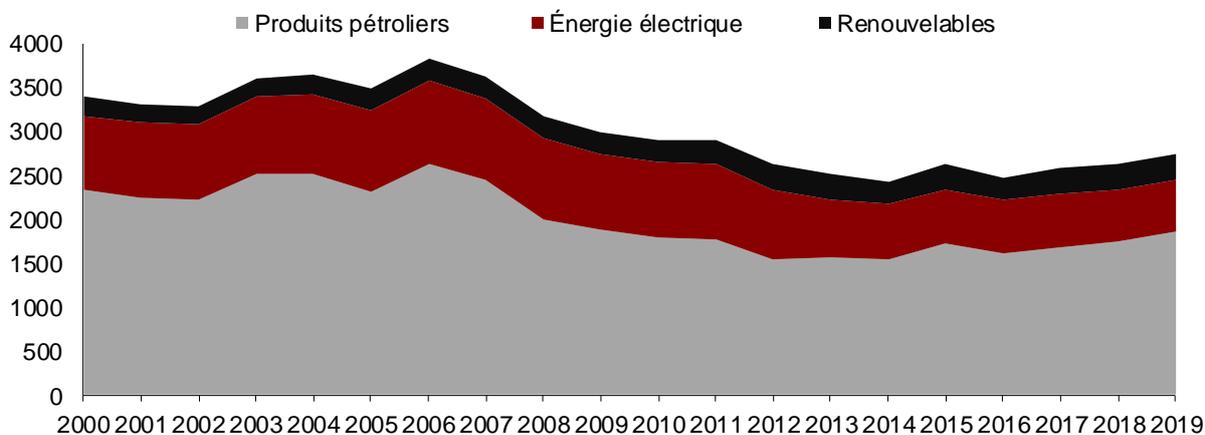
- Les incitations économiques pour les camions sont confirmées et de nouvelles ressources sont prévues
- Dépôts et terminaux connectés au réseau gazier qui proposent des services SSLNG : la solution à la coexistence entre services régulés (regazéification) et de marché (SSLNG) réside dans le partage des coûts des infrastructures communes. Pour les dépôts stratégiques, une garantie de revenus (pour les services de regazéification) est prévue pendant 4 ans
- Réseaux isolés: on peut choisir entre le régime similaire aux réseaux GPL ou celui des réseaux interconnectés, si la connexion est prévue. Dans le second cas, on renonce à la couverture des coûts du dépôt satellite et du vaporisateur, mais on augmente la possibilité de péréquation pour les clients
- Sardaigne: la décision ARERA sur la dorsale est toujours en suspens, alors que la situation a été clarifiée quant à la distribution. Zone sarde séparée mais péréquation pour les premières années : les nouveaux clients gaz paieront les tarifs pratiqués dans le Sud de l'Italie. Possibilité de passer au régime des réseaux interconnectés, même sans projet
- PNIEC: le rôle des utilisations finales du GNL est confirmé et de nouvelles politiques de promotion sont prévues pour les camions, les ports et le secteur naval. On revient à l'idée d'égaliser le prix du gaz pour la Sardaigne

La première phase de la méthanisation de la Sardaigne basée sur les dépôts côtiers et la distribution par camions-citernes favorisera le développement des utilisations finales du GNL sur l'île. A moyen et long terme, la cohérence du développement ultérieur de la chaîne SSLNG dépendra de la mise en œuvre effective du projet de dorsale. Au cours de la période de trois ans 2020-2022, surmonter le déficit infrastructurel et démarrer des infrastructures d'importation donnera un nouvel élan au marché. Dans les prévisions à l'horizon 2030, le secteur du transport routier lourd occupe une place fondamentale ; on observera aussi les premiers développements significatifs dans le secteur maritime et les réseaux isolés, ainsi qu'une reprise de la croissance pour les utilisateurs industriels hors réseau. Développement soutenu en fonction des choix pour la Sardaigne et des politiques de promotion de la chaîne d'approvisionnement SSLNG.

1. La consommation d'énergie de la Sardaigne

1.1 Consommation finale d'énergie en Sardaigne 2000 - 2019

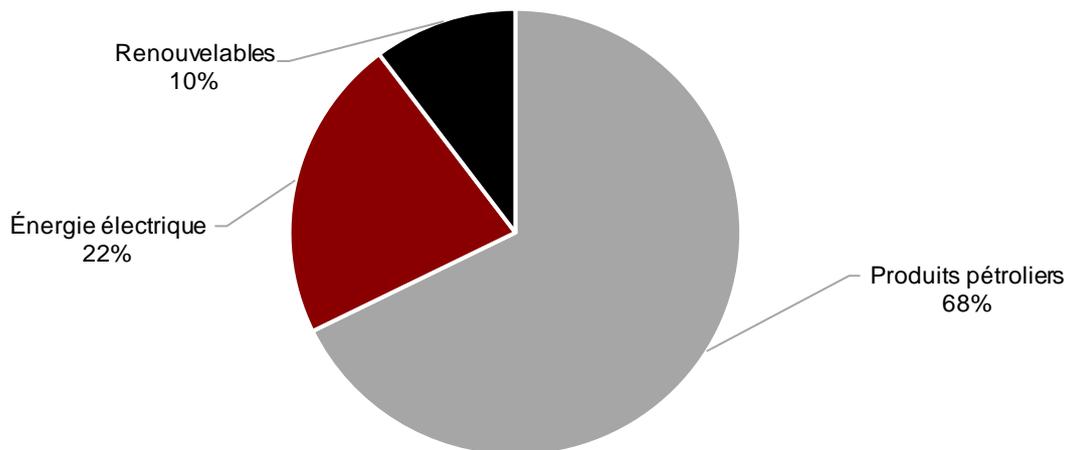
La consommation finale d'énergie de la Sardaigne en 2019 s'élevait à environ 2.730 ktep, soit à peu près 2% de celle de l'Italie. De 2000 à 2006, la tendance générale fut à la croissance, passant de 3.400 ktep à 3.800 ktep (+ 7,8%). En revanche, à partir de 2007, on assista à un revirement important jusqu'en 2014, année où la plus faible consommation finale d'énergie fut enregistrée, soit environ 2.400 ktep (-37%). De 2015 à 2019, la tendance s'inversa de nouveau avec une croissance de 13% en cinq ans. Les **Figures 1 et 2** illustrent le mix particulier de consommation d'énergie en Sardaigne caractérisé par l'absence de gaz naturel du fait qu'il manque les infrastructures pour approvisionner l'île avec cette ressource énergétique.



Source : élaborations et estimations REF-E à partir des données Terna, Mse, Enea, Gse et Région Sardaigne
 Figure 1. Sardaigne: consommation finale d'énergie par source, 2000 – 2019 (ktep)

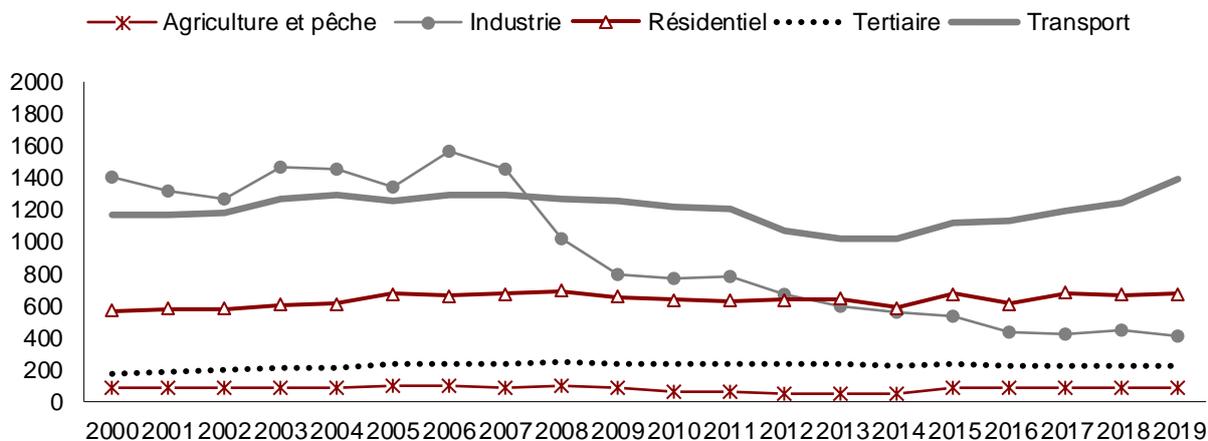
En 2019, le mix sarde de la consommation d'énergie finale met encore en évidence la prévalence des produits pétroliers avec environ 1.850 ktep (68%), suivis d'une consommation électrique finale de 600 ktep (22%) et de 281 ktep de consommation couverte par des sources renouvelables (10%)¹, qui ne consistent pratiquement qu'en biomasse ligneuse dans le secteur résidentiel. A titre de comparaison, en 2019, en Italie, le mix de la consommation d'énergie se divise de la sorte: 40% de produits pétroliers, 30% de gaz naturel, 20.5% d'électricité, 6.3% d'énergies renouvelables et 2.2% de combustibles solides. En Sardaigne, on observe une plus grande pénétration de l'électricité et des sources renouvelables du fait même de l'absence de gaz naturel et du rôle prédominant des produits pétroliers.

¹ En utilisant le critère statistique de la consommation finale d'énergie, cette valeur ne reporte que les consommations thermiques de sources d'énergie renouvelables.



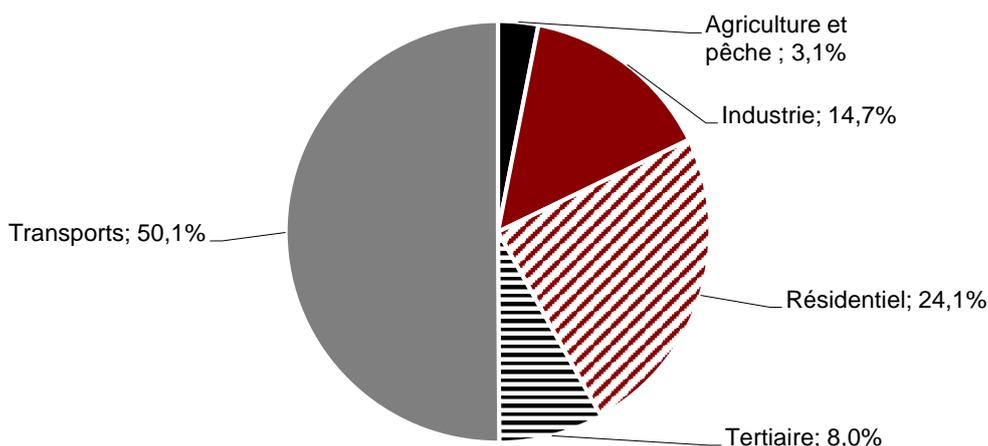
Source : élaborations et estimations REF-E à partir des données Terna, Mse, Enea, Gse et Région Sardaigne
 Figure 2. Sardaigne: consommation finale d'énergie par source, 2019 (%)

La **Figure 3** illustre la désagrégation de la consommation d'énergie finale de la Sardaigne dans les principaux secteurs d'utilisation et son évolution de 2000 à 2019. En 2019 également, le transport (se basant presque exclusivement sur des produits pétroliers) est le principal secteur de consommation avec environ 1.380 ktep, en hausse d'environ 36% depuis 2013, année au cours de laquelle la consommation la plus faible de ce secteur a été enregistrée (1.019 ktep). Depuis 2013, année où il a dépassé la consommation industrielle, le secteur résidentiel est le deuxième en importance, avec environ 670 ktep en 2019. En revanche, le secteur industriel qui a vu sa consommation baisser constamment depuis 2007, de plus de 70%, affiche une consommation finale d'énergie de 400 ktep environ. Enfin, en 2019, la consommation du secteur tertiaire s'élevait à 220 ktep alors que celle de l'agriculture et de la pêche était à un peu plus de 80 ktep.



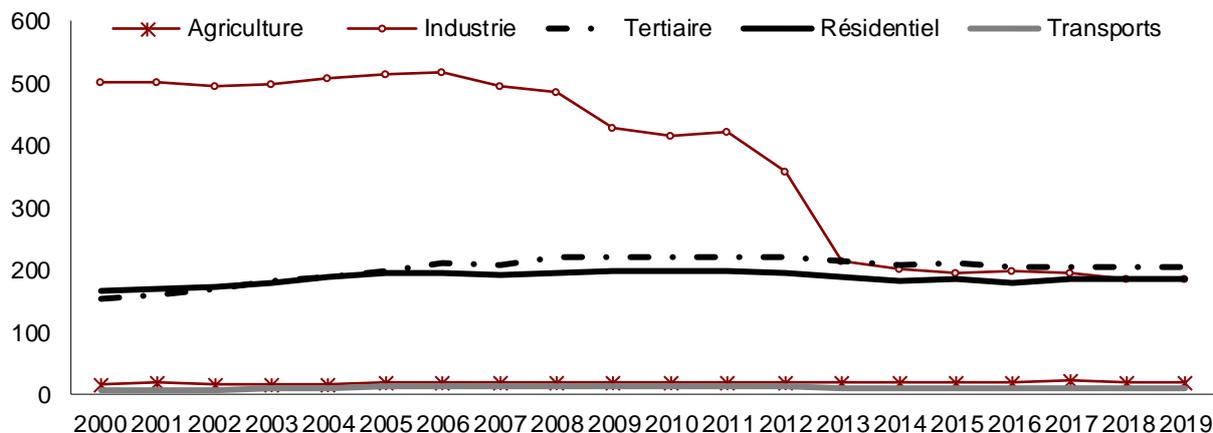
Source : élaborations et estimations REF-E à partir des données Terna, Mse, Enea, Gse et Région Sardaigne
 Figure 3. Sardaigne: consommation finale d'énergie par secteur, 2000-2019 (ktep)

La **Figure 4** illustre le mix sarde de la consommation finale d'énergie par secteur d'utilisation, en référence à l'année 2019. La part de la consommation finale d'énergie dans le secteur des transports couvre à elle seule la moitié de la consommation totale (environ 50%).



Source : élaborations et estimations REF-E à partir des données Terna, Mse, Enea, Gse et Région Sardaigne
 Figure 4. Sardaigne: consommation finale d'énergie par secteur, 2019 (%)

La consommation finale totale d'électricité en Sardaigne de 2000 à 2019 a chuté de près de 29%, passant de 840 ktep à 600 ktep. Cette réduction est essentiellement imputable à la baisse de la consommation finale d'énergie dans le secteur industriel, comme le montre la **Figure 5** ci-dessous.



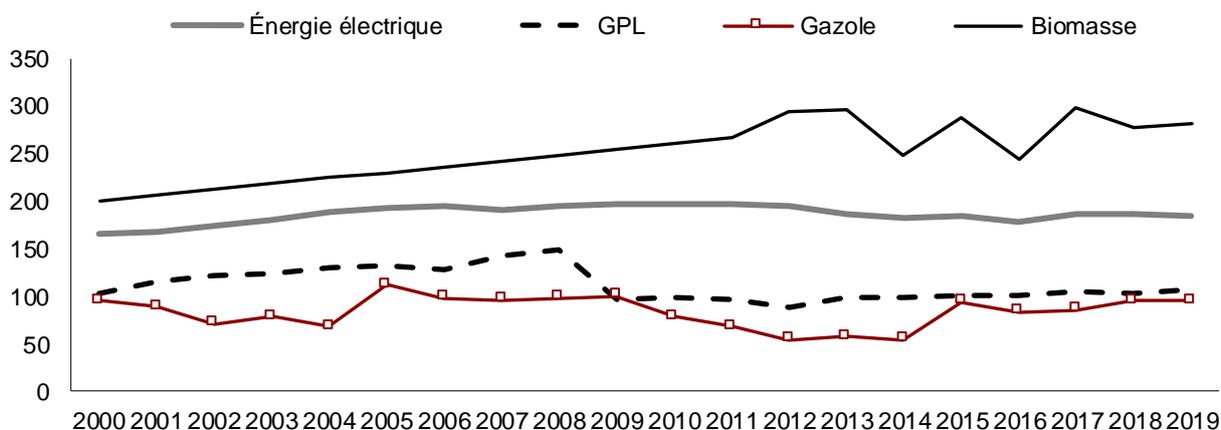
Source : élaborations REF-E sur les données Terna
 Figure 5. Sardaigne: consommation finale d'énergie électrique par secteur, 2000-2019 (ktep)

C'est entre 2006 et 2015 que la consommation finale d'électricité dans le secteur industriel baisse drastiquement (-63%), puis elle reste plus ou moins stable de 2016 à 2019, juste en dessous de 200 ktep. Si en 2000, la part de la consommation d'électricité dans l'industrie représentait 60%, en 2019, le pourcentage avait diminué de moitié pour atteindre environ 30%. La consommation d'électricité du secteur tertiaire est passée de 153 ktep en 2000 à 204 ktep en 2019, soit une augmentation de 34%, dépassant celle de l'industrie en 2014. Dans le secteur résidentiel, la consommation finale d'électricité est passée de 166 ktep en 2000 à 185 ktep en 2019, soit une augmentation de 11% et à ce jour elle représente 31% du total. La consommation finale d'électricité dans les secteurs de l'agriculture et des transports est restée sensiblement constante au cours de la période prise en compte, s'élevant en 2019 à 19 ktep (environ 3% du total) et 9 ktep (environ 1.5% du total). En effet, dans le secteur des transports en Sardaigne, le transport ferroviaire utilise principalement des moteurs diesel.

1.2 Secteur résidentiel

La consommation d'énergie dans le secteur résidentiel en Sardaigne suit une tendance à la hausse entre 2000 et 2019 avec une augmentation de 562 à 666 ktep, qui se caractérise par des fluctuations importantes en fonction de la tendance climatique. Ces fluctuations se sont par ailleurs poursuivies les années suivantes, pour se stabiliser à nouveau entre 2018 et 2019. En Sardaigne, la biomasse ligneuse (bois et pellets) couvre la part principale de la consommation d'électricité du secteur résidentiel, égale à plus de 40%, avec une consommation de biomasse ligneuse qui en 2019 était égale à environ 280 ktep. On a pu étudier la consommation de biomasse à partir d'enquêtes effectuées tant sur la consommation de combustibles ligneux que sur l'offre de systèmes de chauffage à la biomasse, l'emploi de ces derniers ayant plus que doublé en Sardaigne de 2001 à 2019.

Comme l'illustre la **Figure 6**, la consommation d'électricité dans le secteur résidentiel montre une légère tendance à la hausse de 2000 à 2010 et une légère inversion de tendance au cours des années suivantes ; en 2019, la consommation moyenne était de 185 ktep (environ 28% du total). Il est à noter que seule une partie de la consommation d'électricité globale du secteur résidentiel est destinée au chauffage ou à d'autres usages qui peuvent être concurrencés par le gaz naturel comme l'eau chaude sanitaire et l'utilisation en cuisine. Le degré de pénétration de l'électricité dans la consommation résidentielle en Sardaigne était en moyenne d'environ 28%, contre une valeur de 16 à 17% au niveau national. Les produits pétroliers représentent environ 30% de la consommation résidentielle totale, contre 35% en 2000. Les deux produits pétroliers utilisés dans le secteur résidentiel sont le gazole et le GPL, dont la consommation moyenne en 2019 était respectivement égale à 94 ktoe et 106 ktoe.



Source: Enea et estimations REF-E à partir des données Terna, Mse, Enea, Gse et Région Sardaigne
 Figure 6. Sardaigne: consommation finale d'énergie dans le secteur résidentiel, 2000-2019 (ktep)

Les données sur la consommation énergétique globale du secteur résidentiel en Sardaigne permettent d'effectuer une analyse significative des stocks de systèmes de chauffage dans les maisons. Les données du **Tableau 1** permettent de mettre en évidence la dynamique des types de stocks de systèmes de chauffage autonomes et centralisés en Sardaigne de 2001 à 2015², ventilés par produit/source d'énergie. En particulier, il est clair que le gazole a un rôle prépondérant dans les systèmes centralisés, et le garde au cours de la période prise en compte, avec un pourcentage d'environ 78% en 2015. Durant la même période, dans le segment des systèmes centralisés, on observe une légère augmentation du GPL (+10%), alors que ceux alimentés tant par la biomasse que par l'électricité ont doublé.

| | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 |
|---|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Stock chauffage centralisé (n. familles) | | | | | | | | | | | | | | | |
| Gazole | 57 032 | 52 225 | 64 326 | 62 582 | 66 663 | 67 017 | 78 316 | 67 979 | 63 244 | 61 744 | 61 709 | 61 640 | 62 130 | 61 560 | 60 990 |
| GPL | 4 919 | 10 283 | 11 260 | 13 064 | 8 883 | 9 322 | 10 746 | 8 764 | 5 932 | 7 633 | 8 481 | 8 481 | 7 011 | 6 287 | 5 564 |
| Énergie électrique | 2 842 | 2 889 | 2 941 | 3 017 | 3 095 | 3 181 | 3 318 | 3 493 | 3 673 | 3 863 | 4 042 | 4 111 | 4 632 | 5 658 | 6 683 |
| Biomasse | 2 357 | 2 427 | 2 498 | 2 568 | 2 638 | 2 718 | 2 810 | 2 932 | 3 077 | 3 251 | 3 467 | 3 467 | 4 386 | 4 936 | 5 487 |
| Stock chauffage autonome (n. familles) | | | | | | | | | | | | | | | |
| Gazole | 51 588 | 30 050 | 41 282 | 36 089 | 49 800 | 48 175 | 58 010 | 50 252 | 53 661 | 44 876 | 42 138 | 41 793 | 32 739 | 29 646 | 26 552 |
| GPL | 90 627 | 115 989 | 151 488 | 156 541 | 141 655 | 142 229 | 175 132 | 137 374 | 105 183 | 113 247 | 117 582 | 116 687 | 101 386 | 101 247 | 101 118 |
| Énergie électrique* | 52 996 | 56 473 | 61 804 | 68 763 | 73 191 | 77 555 | 82 975 | 87 311 | 90 399 | 93 909 | 97 230 | 97 673 | 101 193 | 99 348 | 97 504 |
| Biomasse* | 81 101 | 78 967 | 78 624 | 79 090 | 80 654 | 87 418 | 92 368 | 96 081 | 100 196 | 104 229 | 108 164 | 112 695 | 145 090 | 150 563 | 156 035 |

* Cela comprend les appareils utilisés comme système de chauffage principal et comme système auxiliaire

Source: élaborations REF-E

Tableau 1. Sardaigne: stock d'installations de chauffage dans les habitations, 2001-2015 (n° familles)

La dynamique des stocks d'installations de chauffage dans le segment des systèmes autonomes est beaucoup plus significative, et elle permet d'observer qu'au cours de la

² Élaboration des données de l'enquête REF-E sur le marché de la climatisation disponibles jusqu'en 2015.

période considérée les installations alimentées au gazole ont diminué de moitié, que ceux alimentés au GPL ont augmenté de 10% et que ceux alimentés tant par la biomasse que par l'électricité ont doublé. En 2015, dans le segment des systèmes autonomes, ceux alimentés par la biomasse représentaient en pourcentage 41.3%, ceux alimentés au GPL 26.7%, ceux alimentés en électricité 25.8% et ceux alimentés en gazole 7%.

Le **Tableau 2** ci-dessous, illustre pour la période 2000-2015, la consommation d'énergie finale dans le secteur résidentiel que le gaz naturel pourrait concurrencer, la consommation pour le chauffage, l'eau chaude sanitaire (ECS) et l'utilisation en cuisine.

| | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 /ar. 2001-2015 | |
|--------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------------|------------|
| Centralisé | 59.5 | 63.2 | 64.4 | 61.8 | 84.8 | 81.8 | 82.0 | 81.8 | 67.6 | 60.4 | 55.6 | 47.3 | 53.0 | 52.5 | 54.1 | -9% |
| Gazole | 46.3 | 45.1 | 47.7 | 43.1 | 69.6 | 66.7 | 66.5 | 65.5 | 54.3 | 45.5 | 40.2 | 32.5 | 37.5 | 36.7 | 38.0 | -18% |
| GPL | 6.8 | 11.3 | 9.8 | 11.5 | 7.8 | 7.8 | 8.3 | 8.9 | 5.6 | 6.8 | 7.0 | 6.4 | 6.9 | 6.2 | 5.6 | -16% |
| Énergie électrique | 1.8 | 1.7 | 1.6 | 1.5 | 1.5 | 1.4 | 1.3 | 1.3 | 1.3 | 1.3 | 1.3 | 1.4 | 1.4 | 1.7 | 2.0 | 12% |
| Biomasse | 4.6 | 5.0 | 5.4 | 5.7 | 5.9 | 5.9 | 6.0 | 6.2 | 6.4 | 6.7 | 7.1 | 7.1 | 7.2 | 7.8 | 8.4 | 82% |
| Autonome | 401.8 | 394.3 | 408.3 | 415.7 | 435.4 | 431.3 | 452.7 | 461.6 | 425.1 | 419.9 | 415.5 | 407.7 | 418.1 | 414.6 | 415.5 | 3% |
| Gasolio | 41.9 | 26.0 | 30.6 | 24.8 | 52.0 | 47.9 | 49.2 | 48.4 | 46.0 | 33.0 | 27.4 | 22.0 | 19.8 | 17.7 | 16.5 | -61% |
| GPL | 124.5 | 127.7 | 131.4 | 138.2 | 124.9 | 119.7 | 135.1 | 139.4 | 99.0 | 101.1 | 96.8 | 88.7 | 99.9 | 100.2 | 102.7 | -18% |
| Énergie électrique | 34.0 | 33.6 | 33.6 | 34.3 | 34.4 | 33.6 | 32.3 | 32.0 | 32.5 | 32.5 | 32.4 | 32.1 | 30.6 | 29.6 | 29.6 | -13% |
| Biomasse | 201.4 | 207.0 | 212.6 | 218.3 | 224.1 | 230.1 | 236.0 | 241.8 | 247.6 | 253.3 | 258.9 | 264.9 | 267.8 | 267.2 | 266.6 | 32% |
| Total | 461.3 | 457.5 | 472.7 | 477.5 | 520.2 | 513.1 | 534.7 | 543.4 | 492.7 | 480.3 | 471.1 | 455.0 | 471.1 | 467.1 | 469.6 | 2% |

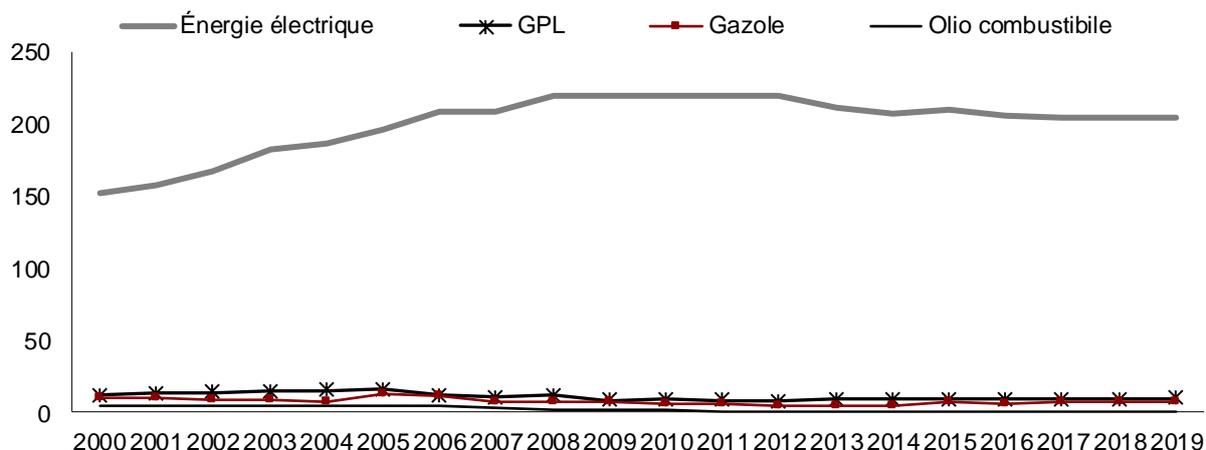
Source: élaborations REF-E

Tableau 2. Sardaigne: consommation finale d'énergie pour le chauffage (chauffage, eau chaude sanitaire, cuisine) - données non normalisées pour effet températures, 2001-2015 (ktep)

En particulier, il ressort du **Tableau 2** que la consommation résidentielle prise en compte en 2015 concerne pour 88.5% (415 ktep) les habitations avec des systèmes autonomes et pour 11.5% (54 ktep) celles avec des systèmes centralisés. Par ailleurs, on peut souligner qu'en 2015, la consommation électrique liée à l'utilisation pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire (ECS), égale à 32 ktep, représentait 17% de la consommation globale du secteur résidentiel.

1.3 Secteur tertiaire

La consommation d'énergie dans le secteur tertiaire en Sardaigne se caractérise par un taux de pénétration de l'électricité très élevé (**Figure 7**) de plus de 90% alors qu'au niveau national la valeur est d'environ 50%. La consommation de gazole et de GPL pour l'ensemble du secteur tertiaire s'élevait à environ 16 ktep en 2019.

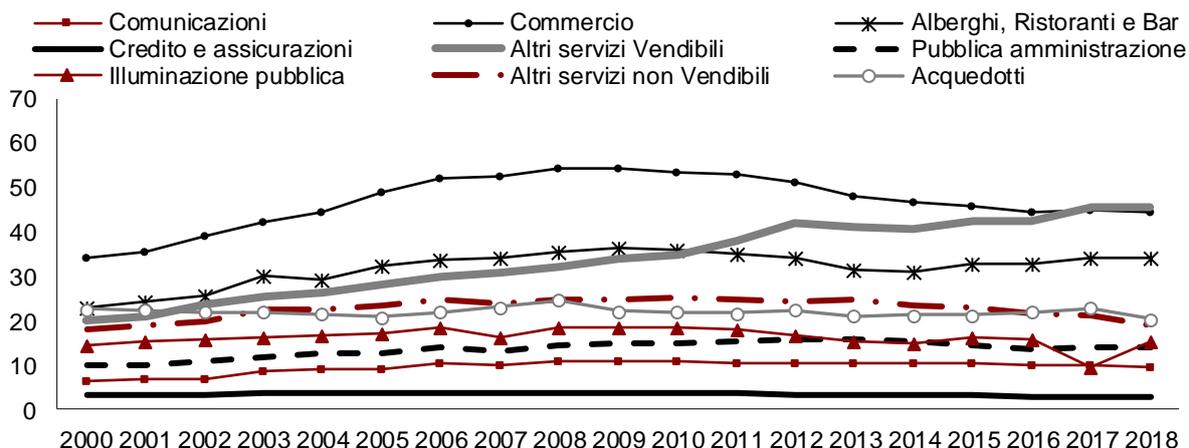


Source: Enea et estimations REF-E à partir des données Terna, MSE, Enea et Gse

Figure 7. Sardaigne: consommation finale d'énergie dans le secteur tertiaire, 2000-2019 (ktep)

Il est donc particulièrement important d'analyser la consommation d'électricité dans les différents secteurs tertiaires en Sardaigne (voir **Figure 8**). Dans le secteur tertiaire, c'est le commerce qui a la consommation d'électricité la plus élevée soit 44 ktep en 2018³ (environ 22% du total). Dans ce secteur, la consommation d'électricité a connu une tendance à la hausse jusqu'en 2008, puis une inversion de tendance et une diminution d'environ 18% dans la décennie suivante. La consommation d'électricité des activités tertiaires, regroupées sous la rubrique «autres services de vente» a également représenté 22% du total en 2018 et a affiché une croissance constante jusqu'en 2018, année où la consommation était égale à 46 ktep. En troisième position, le secteur «hôtels, restaurants et bars» qui avait en 2018 une consommation d'électricité de 34 ktep, soit 17% du secteur. Les consommations d'électricité des secteurs tertiaires qui exercent des activités ou des services de caractère public ont également une grande importance; et en particulier les activités des services hydriques et des «autres services non de vente» qui représentent au total 21% en 2018, suivies de la consommation de l'administration publique et de celle de l'éclairage public qui représentent environ 14% du total.

³ Les dernières données disponibles quant à la consommation finale d'énergie électrique dans les différents domaines du secteur tertiaire se réfèrent à l'année 2018. Cependant, les estimations REF-E pour l'année 2019 prévoient une consommation finale d'énergie dans le secteur tertiaire égale à environ 204 ktep.



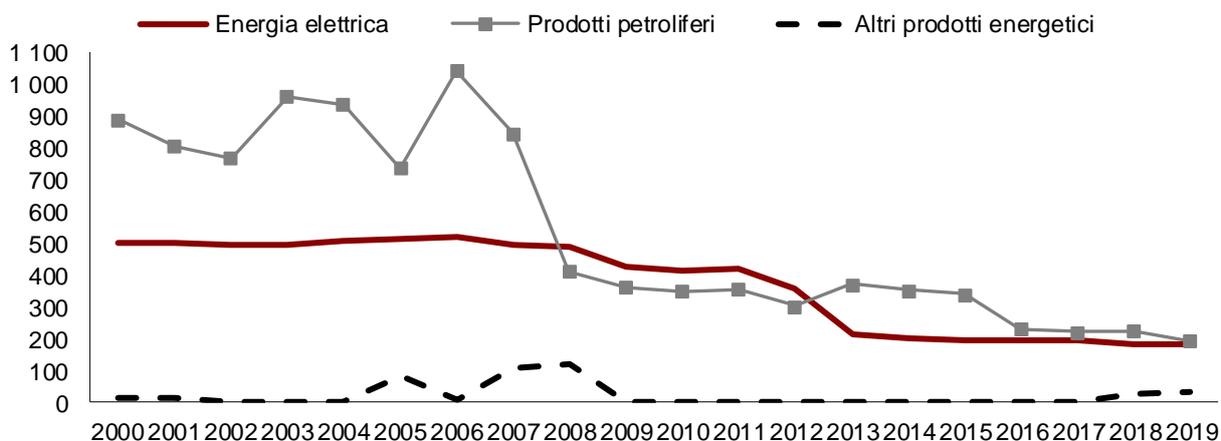
Source : élaborations REF-E sur les données Terna

Figure 8. Sardaigne: consommation d'énergie électrique dans les domaines du secteur tertiaire, 2000-2018 (ktep)

1.4 Secteur industriel

La consommation énergétique finale de l'industrie en Sardaigne reflète le processus radical de réorganisation de ce secteur d'activité économique. En 2000, la consommation globale de l'industrie, égale à environ 1.400 ktep, était couverte par 501 ktep d'électricité (36%), soit environ 890 ktep de produits pétroliers (54%).

En 2019, la consommation finale d'énergie de l'industrie sarde est d'environ 410 ktep divisés de la sorte: 183 ktep d'électricité (45%), environ 194 ktep de produits pétroliers (48%) et 30 ktep de consommation d'autres produits énergétiques (7%) qui sont aujourd'hui presque exclusivement constitués de combustibles solides auxquels s'ajoutent de très faibles quantités de chaleur dérivée et la consommation des premiers utilisateurs de GNL en Sardaigne. De 2000 à 2019, la consommation de produits pétroliers dans le secteur industriel est tombée à un peu plus d'un cinquième de la consommation initiale (-78%) et celle d'électricité à environ un tiers de celle de 2000 (-63%), comme on peut le voir dans la **Figure 9**.



Source: Enea et estimations REF-E à partir des données Terna, Enea, MSE et Région Sardaigne

Figure 9. Sardaigne: consommation finale d'énergie dans le secteur industriel, 2000 – 2019 (ktep)

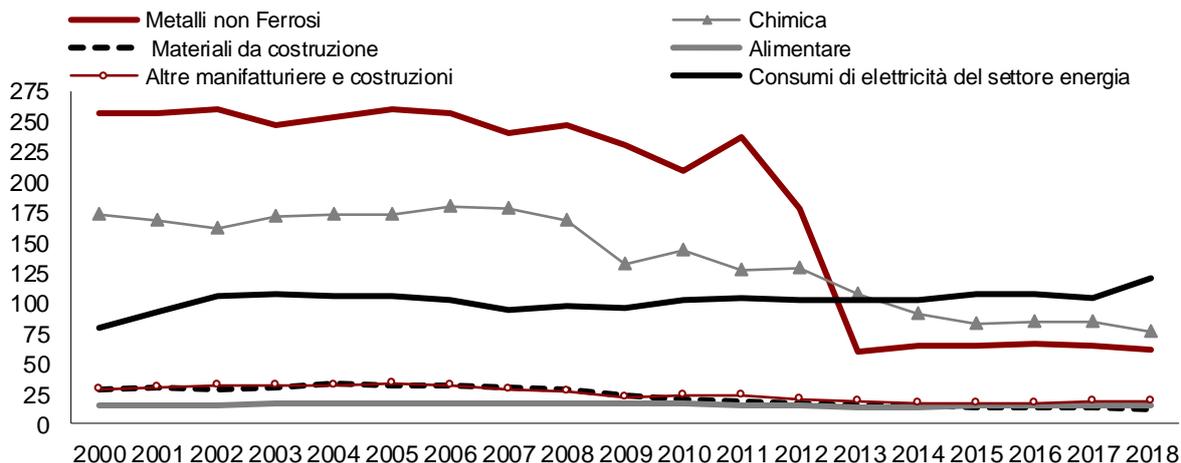
Les données sur la consommation d'électricité des différents secteurs d'activités industrielles permettent d'appréhender certaines des principales dynamiques de transformation de la consommation d'énergie dans ce macro-secteur (**Figure 10**).

En 2000, la consommation d'électricité dans le secteur des métaux non ferreux (principalement la transformation des minerais d'aluminium) s'élevait à 257 ktep, soit 44% de la consommation électrique de l'industrie. En 2018⁴, ces consommations sont tombées à 61 ktep, soit moins du quart de celle de 2000, avec une quote-part de 20%. En 2000, le deuxième secteur industriel de consommation d'électricité en Sardaigne était celui de la chimie qui consommait 170 ktep, soit près de 30% de la consommation électrique industrielle de l'île. En 2018, la consommation d'électricité du secteur chimique a diminué de plus de la moitié pour atteindre 25%, dépassant la consommation du secteur des métaux non ferreux. Le troisième secteur le plus important est celui qu'on définit « consommation d'électricité dans le secteur de l'énergie » qui, dans les statistiques de l'énergie, ne fait pas partie de la consommation finale, et qui comprend l'extraction de combustibles, les fours de raffinage et de coke, l'électricité et le gaz. Dans le cas de la Sardaigne, les consommations sont principalement celles de la raffinerie de Sarroch. En 2000, la consommation d'électricité pour les activités susmentionnées s'élevait à environ 80 ktep (14% du total), alors qu'en 2018 elle dépassait celle des métaux non ferreux et des produits chimiques, avec plus de 120 ktep (près de 40% du total).

En plus des trois principaux secteurs décrits ci-dessus, une part importante dans la consommation d'électricité de l'industrie relève de la consommation des industries des matériaux de construction et de celle des industries agroalimentaires. Le secteur des

⁴ Les données de Terna relatives à la consommation électrique régionale subdivisée par domaines du secteur industriel sont disponibles jusqu'en 2018.

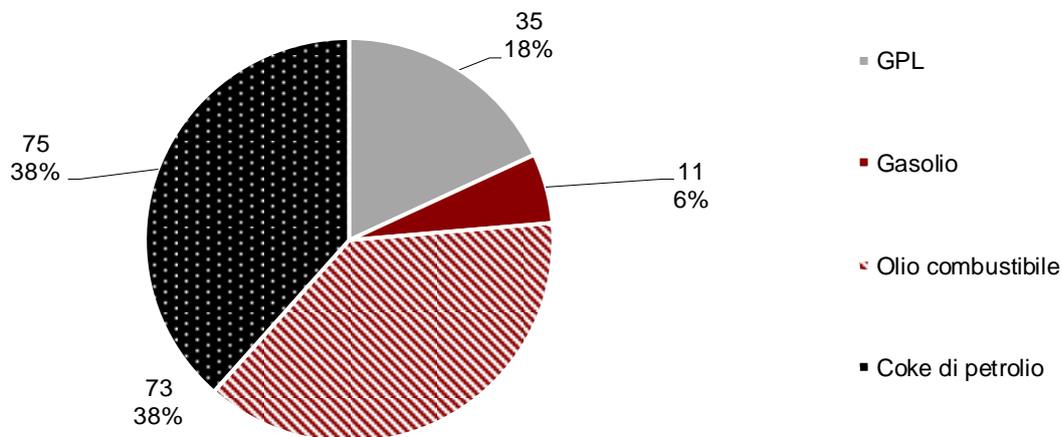
matériaux de construction a enregistré en 2018 une consommation d'électricité de 12 ktep (4.1% du total), soit 50% en moins par rapport à la consommation en 2000. Le secteur des industries agroalimentaires en 2018 avec une consommation d'électricité de 15 ktep (5 %) est le seul secteur qui a maintenu le même niveau de consommation qu'en 2000. La consommation électrique de tous les autres secteurs industriels en Sardaigne est passée de 28 ktep en 2000 à 19 ktep en 2018 et compte aujourd'hui pour environ 6 %.



Source : élaborations REF-E sur les données Terna

Figure 10. Sardaigne: consommation finale d'énergie dans les domaines du secteur industriel, 2000-2018 (ktep)

En termes de consommation finale pour les utilisations thermiques des différents types de produits pétroliers dans le secteur industriel au niveau régional, celle-ci s'élevait à environ 194 ktep en 2019, répartie entre le GPL, le gazole, le fioul et le coke de pétrole comme le montre la **Figure 11**.



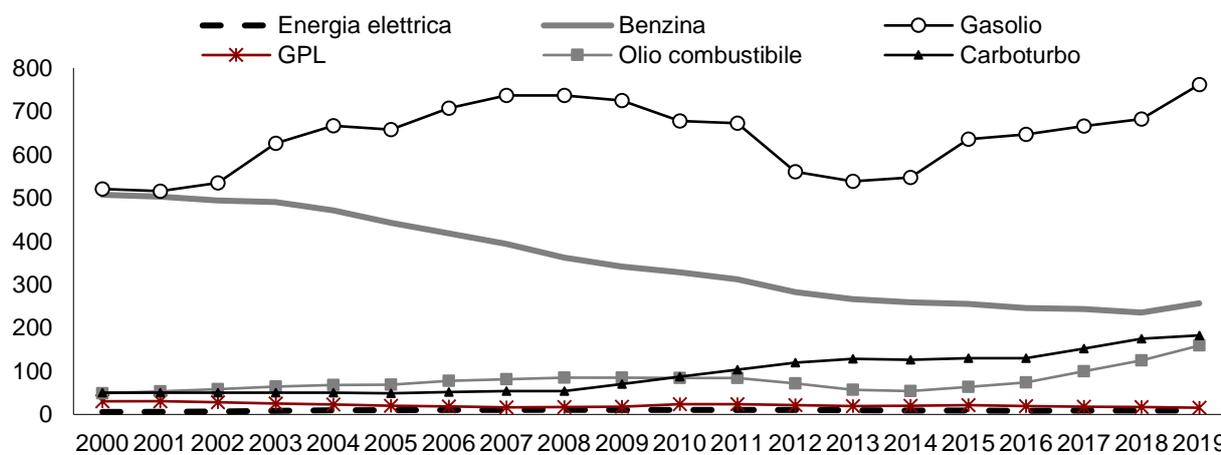
Source : élaboration et estimations REF-E à partir des données MSE, Terna, Enea, GSE et RSE

Figure 11. Sardaigne: consommation finale de produits pétroliers dans l'industrie, 2019 (ktep e %)

En 2019, le fioul et le coke de pétrole sont les deux produits pétroliers les plus utilisés avec une consommation pour chacun d'environ 75 ktep (soit 38%). L'utilisation de GPL pour 35 ktep (18%) arrive en deuxième position par ordre d'importance dans la consommation finale de l'industrie, puis en troisième position on trouve le gazole, avec 11 ktep en 2019, soit environ 6% de la consommation finale de produits pétroliers de l'industrie. D'une manière générale, il est clair que l'industrie sarde consomme surtout des produits pétroliers du fait de la présence sur l'île d'une grande usine de raffinage de pétrole à Sarroch. Il s'agit en particulier du coke de pétrole et d'autres produits pétroliers. L'utilisation de certains de ces produits (comme le coke de pétrole) s'explique aussi par le fait que dans certains cas, ils ont une utilisation tant énergétique que de procédé dans certains domaines spécifiques des secteurs de la chimie ou des matériaux de construction comme le ciment.

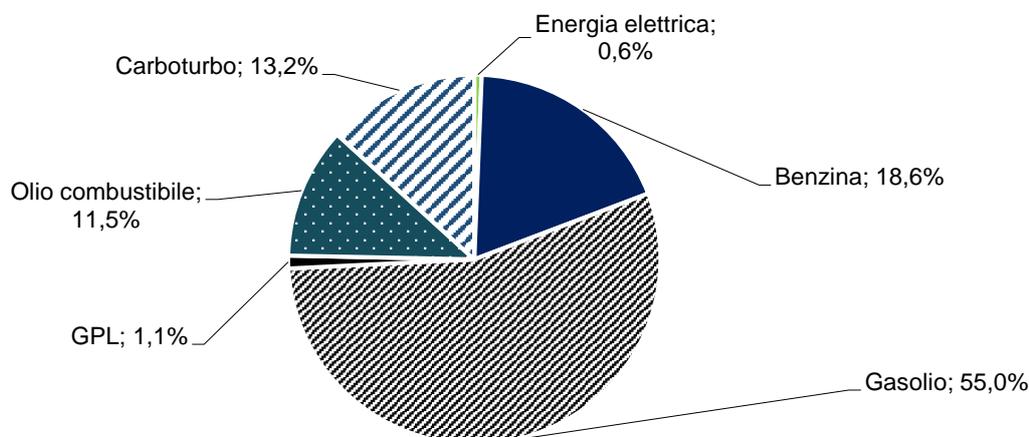
1.5 Secteur des transports

De 2000 à 2019, le volume global de consommation d'énergie pour les transports est resté sensiblement stable avec une valeur moyenne d'environ 1.250 ktep, qui sont couverts à 99% par les produits pétroliers (**Figure 12**). En 2019, cette valeur était d'environ 1.380 ktep. Le principal produit pétrolier utilisé pour divers modes de transport est le diesel qui, sur la période considérée, est passé d'environ 500 à 760 ktep avec une augmentation de 50%. En 2019, le diesel entrainait pour 55% dans la consommation d'énergie pour les transports en Sardaigne contre 43% en 2000 (**Figure 13**). Aujourd'hui, le deuxième produit pétrolier est l'essence, utilisée presque exclusivement dans le transport routier léger, qui au début des années 2000 enregistrerait une consommation légèrement supérieure à celle du diesel. En dix-neuf ans, suivant une tendance à la diminution constante, la consommation d'essence en Sardaigne a diminué de moitié passant de 507 à 257 ktep. La quote-part de l'essence est passée de 45% à 19%.



Source : élaborations et estimations REF-E à partir de données Terna, MSE, Enea, Gse et Région Sardaigne
 Figure 12. Sardaigne: consommation finale d'énergie dans le secteur des transports, 2000-2019 (ktep)

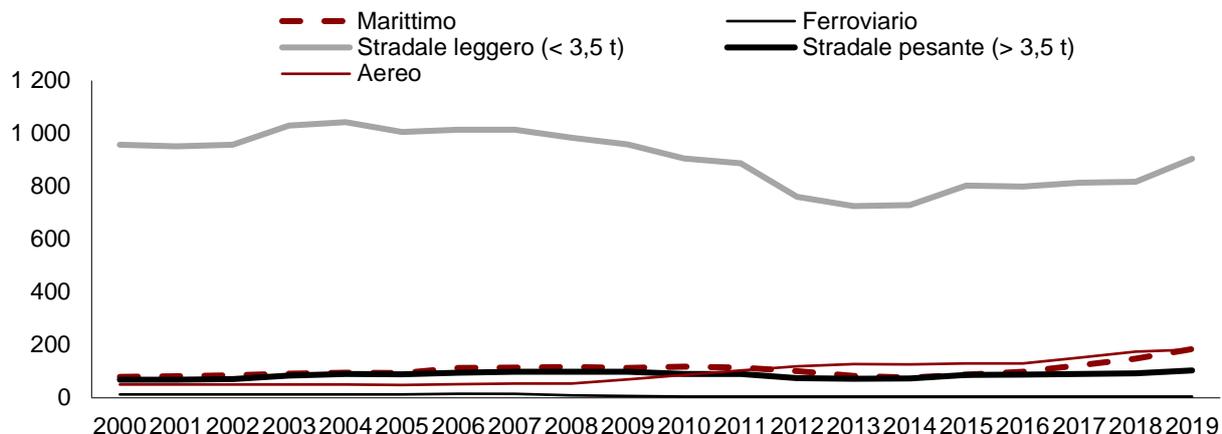
En 2019, la consommation de kérosène, utilisé exclusivement dans le transport aérien, était d'environ 183 ktep, soit 13% de la consommation pour le transport, avec une tendance de croissance de près de 300% par rapport à 2000 (50 ktep). La consommation de fioul, utilisé exclusivement dans le transport maritime, représente 11% soit environ 160 ktep en 2019. La consommation de GPL pour le transport en Sardaigne en 2019 était de 15 ktep, soit un peu plus de 1% de la consommation pour le transport, ce qui met en évidence une baisse de 49% sur la période considérée. Comme on l'a déjà vu, la consommation d'électricité pour les transports en Sardaigne est très limitée, 9 ktep (0.6%).



Source : élaborations et estimations REF-E à partir de données Terna, Mse, Enea, Gse et Région Sardaigne
 Figure 13. Sardaigne: consommation finale d'énergie dans le secteur des transports, 2019 (%)

Si l'on analyse les différentes modalités de consommation d'énergie pour le transport en Sardaigne (**Figure 14**), on constate que la consommation pour le transport routier léger (moins de 3.5 tonnes) en 2019 de 905 ktep (65% du total), est prépondérante par rapport à celle des autres domaines, même si elle a subi une réduction d'environ 6% par rapport à 2000 (958 ktep). À l'intérieur de ce segment, aujourd'hui 80% relève de la consommation de diesel, 28% de l'essence et 2% du GPL. En 2019, le transport routier lourd absorbe environ 8% de la consommation d'énergie du transport avec environ 104 ktep constitués presque exclusivement de diesel⁵. La consommation pour le transport aérien absorbe 13% de la consommation d'énergie pour le transport avec environ 183 ktep constitués presque exclusivement de kérosène. Enfin, le transport maritime représente également environ 13% de la consommation énergétique des transports, soit environ 185 ktep, 85% couverts par le fioul et les 15% restants par le diesel marin. Il est à noter que dans le cas de la consommation finale régionale de fioul pour la navigation intérieure, les données de cette dernière sont une estimation basée sur les informations collectées par la Région Sardaigne, à commencer par celle sur le trafic maritime dans les ports de l'île.

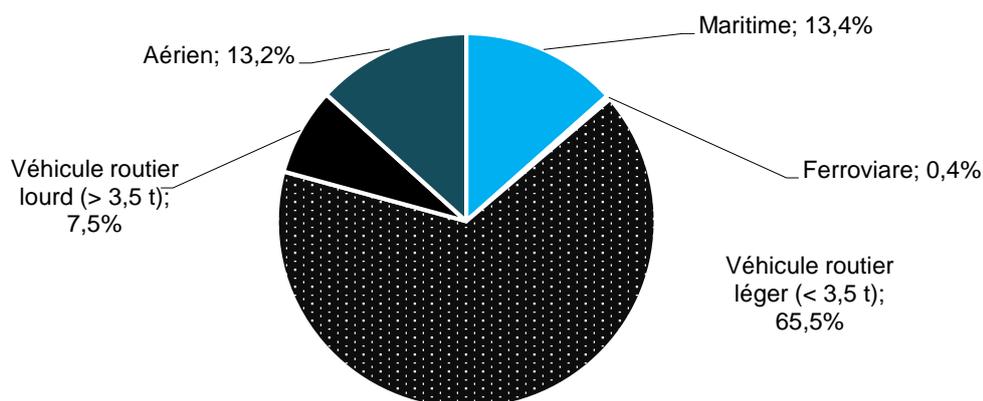
⁵ La méthodologie d'estimation des consommations de diesel pour le transport routier lourd est illustrée dans le Chapitre 6.



Source : élaborations et estimations REF-E à partir de données Terna, MSE, Enea, Gse, Région Sardaigne et Meta
 Figure 14. Sardaigne: consommation d'énergie dans les transports selon les domaines, 2000-2019 (ktep)

Dans ce cas, d'un point de vue statistique, les données ne correspondent pas au fioul livré en Sardaigne, mais presque exclusivement aux livraisons de fioul qui ont eu lieu dans d'autres ports pour le trafic maritime vers l'île. Ceci est confirmé par les informations recueillies auprès des institutions et des opérateurs du secteur qui soulignent que depuis quelques années, le service de bunkering de fioul n'est plus actif dans les ports sardes. Ce type de service a été activé jusqu'à la fin 2019 par Saras dans le port de Cagliari. Comme on l'a déjà vu, le transport ferroviaire absorbe environ 10 ktep couverts par le gazole.

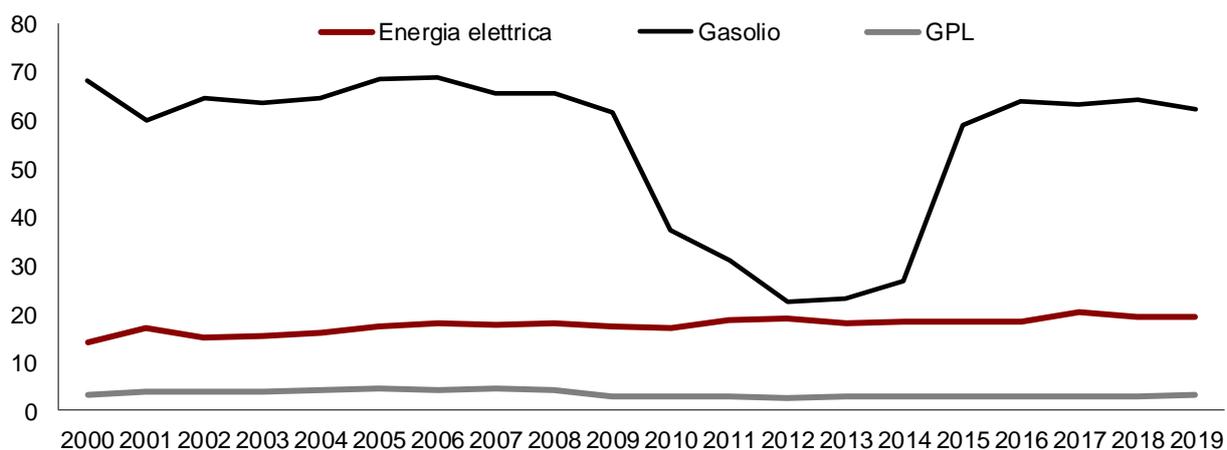
La **Figure 15** illustre le mix de la consommation finale d'énergie dans le secteur des transports par rapport à chaque domaine et en référence à l'année 2019.



Source : élaborations et estimations REF-E à partir de données Terna, MSE, Enea, Gse, Région Sardaigne et Meta
 Figure 15. Sardaigne: consommation finale d'énergie dans le secteur des transports selon les domaines, 2019 (%)

1.6 Secteur agriculture et pêche

La consommation finale d'énergie dans le secteur de l'agriculture et de la pêche s'est élevée à environ 84 ktep en 2019, soit le même niveau qu'en 2000 après avoir subi une baisse entre les années 2010 et 2014 en raison de la réduction de la consommation de gazole dans le secteur. En 2019, la part du gazole était de 74% (62 ktep), 23% celle de l'électricité (19 ktep) et 3% (3 ktep) celle du GPL.



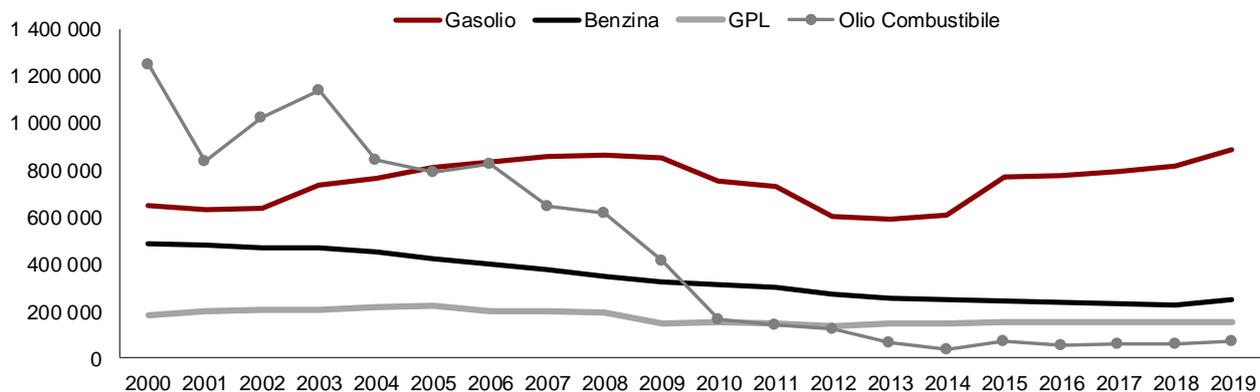
Source: élaborations et estimations REF-E à partir des données Terna, MSE, Enea et Région Sardaigne

Figure 16. Sardaigne: consommation finale d'énergie en agriculture et dans la pêche, 2000-2019 (ktep)

1.7 Ventes de produits pétroliers en Sardaigne 2000 – 2019

L'analyse des données sur les ventes des différents types de produits pétroliers, mises à disposition par le Ministère du Développement économique (MiSE) au niveau régional, constitue le point de départ fondamental des statistiques énergétiques pour pouvoir étudier la consommation par secteur et exprimer les premières estimations sur le potentiel de pénétration du gaz naturel dans les usages civils, industriels et de transport (naval et terrestre) en Sardaigne.

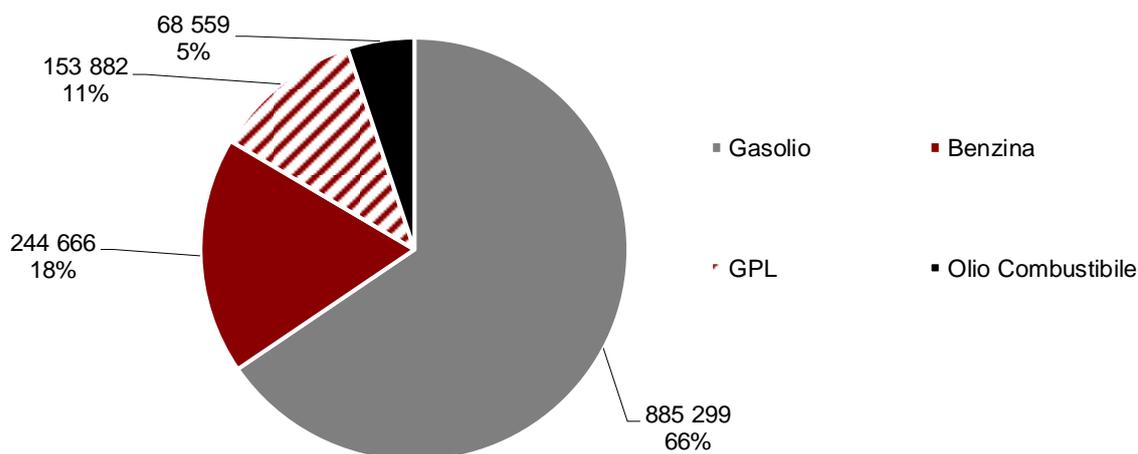
La **Figure 17** illustre la tendance désagrégée des ventes des types de produits pétroliers (gazole, essence, GPL et fioul) enregistrée par les statistiques du MiSE en Sardaigne de 2000 à 2019.



Source: élaborations REF-E à partir des données MSE
 Figure 17. Sardaigne: ventes de produits pétroliers, 2000-2019 (t)

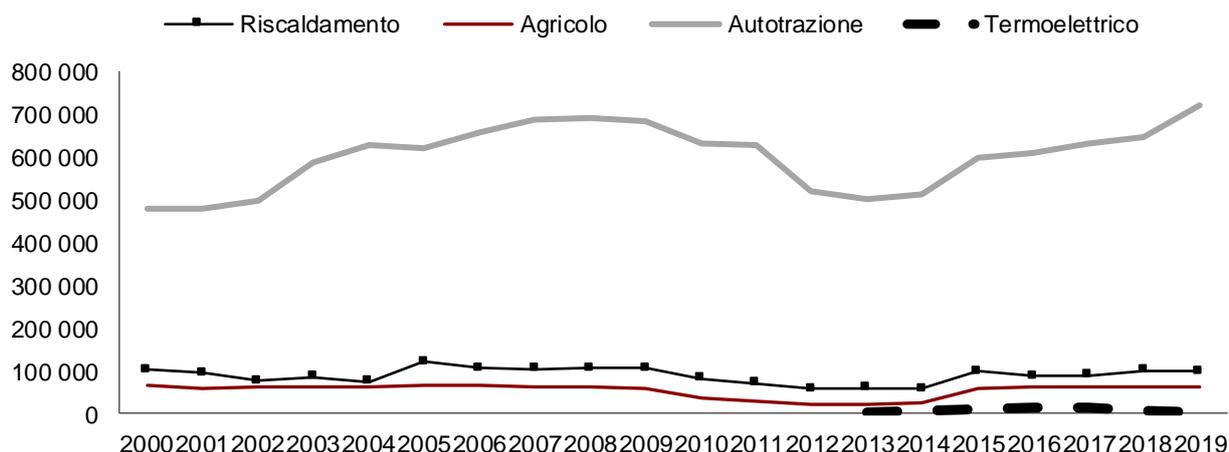
De nos jours, c'est le gazole qui est le produit pétrolier le plus vendu, suivi de l'essence, du GPL et seulement en quatrième position du fioul (qui au contraire occupait la première place jusqu'en 2004).

Sur la base des données du Ministère (MiSE), en 2019 (**Figure 18**), le volume total des ventes de produits pétroliers en Sardaigne était d'environ 1.352.400 tonnes, dont 66% de gazole (885.300 t), 18% d'essence (244.670 t), 11% de GPL (153.880 t) et 5% de fioul (68.560 t). Ces statistiques n'incluent pas la consommation de produits pétroliers pour le bunkering.

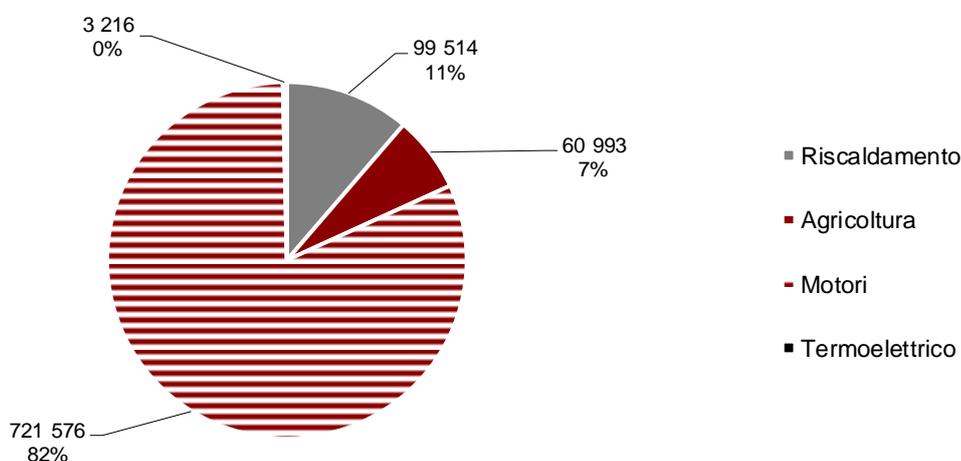


Source: élaborations REF-E à partir des données MSE
 Figure 18. Sardaigne: ventes de produits pétroliers, 2019 (t e %)

L'agrégat le plus important est celui des différents types de gazole. Sur la base des données du Ministère (MiSE), comme le montrent les **Figures 19** et **20**, en 2019, les ventes globales de gazole en Sardaigne étaient de 82% pour les moteurs diesel (721.576 t), 11% de mazout pour le chauffage (99.514 t), 7% de diesel agricole (60.993 t) et 0.4% (3.216 t) de gazole pour la production thermoélectrique.



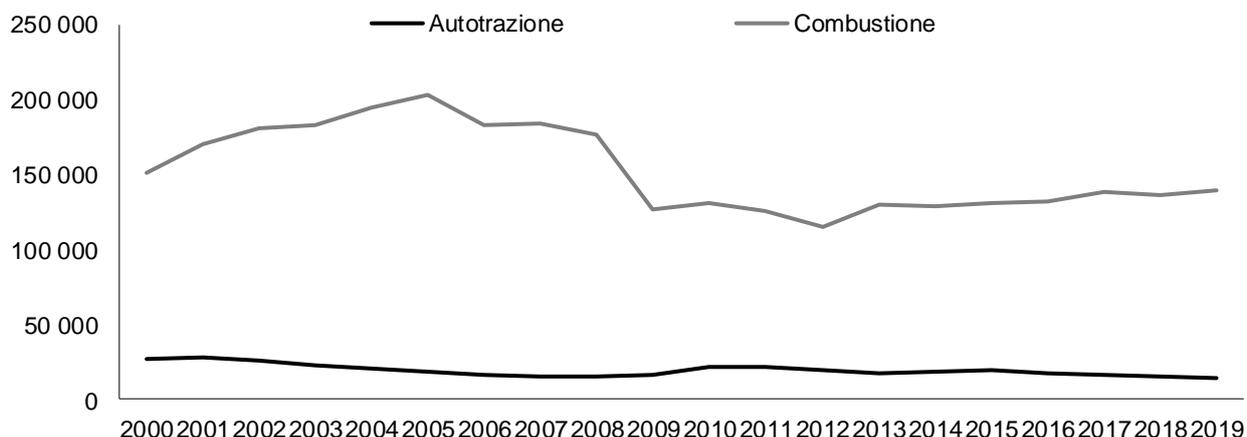
Source: élaborations REF-E à partir des données MSE
 Figure 19. Sardaigne: ventes de gazole, 2000-2019 (t)



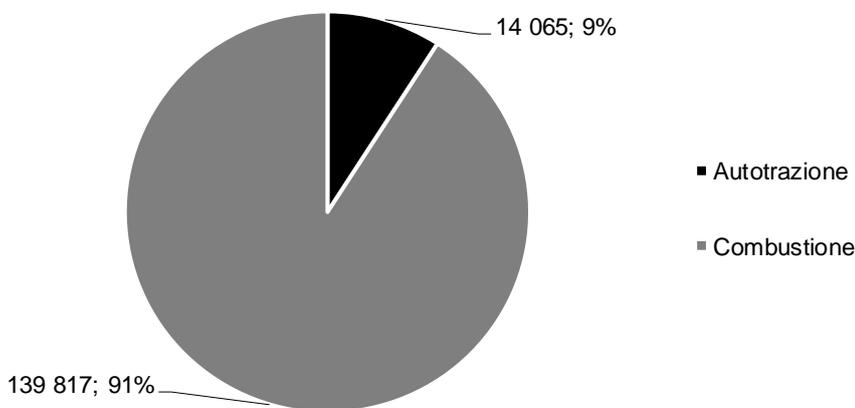
Source: élaborations REF-E à partir des données MSE
 Figure 20. Sardaigne: ventes de gazole, 2019 (%)

La prise en compte de la part actuelle du GPL dans la consommation d'énergie de l'île est particulièrement pertinente pour faire une première estimation du potentiel du gaz naturel en Sardaigne. Sur la base des données du Ministère (MiSE), en 2019, le volume total des

ventes de GPL en Sardaigne, un peu plus de 150.000 tonnes, était de 9% (14.065 t) pour le transport et de 91% (139.800 t) pour la combustion, comme le montrent les **Figures 21** et **22**.

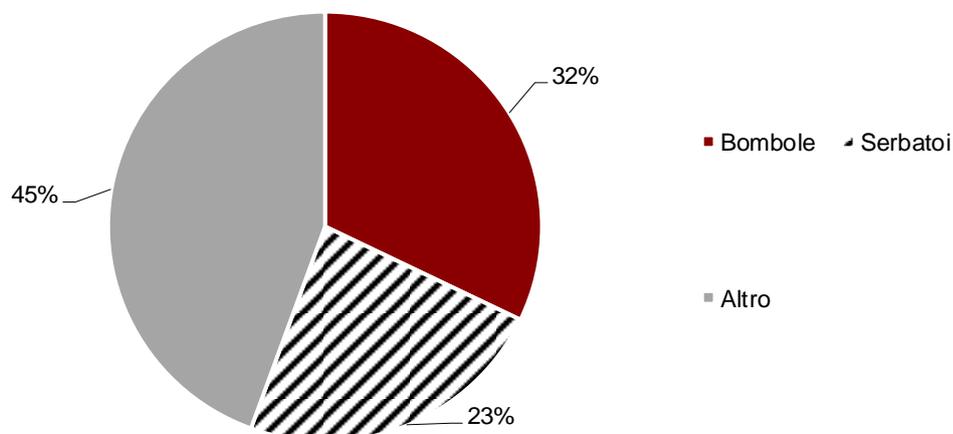


Source: élaborations REF-E à partir des données MSE
 Figure 21. Sardaigne: ventes de GPL, 2000-2019 (t)



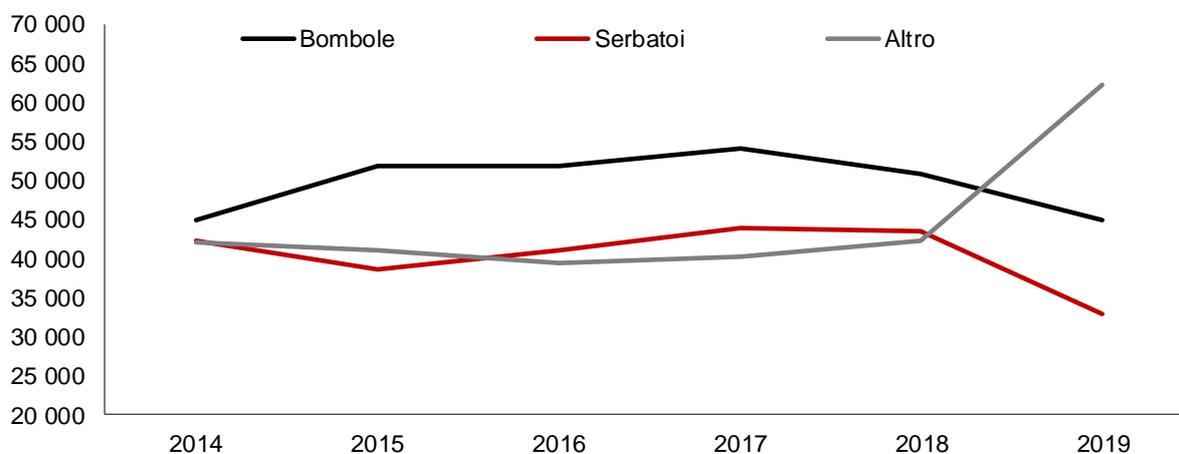
Source: élaborations REF-E à partir des données MSE
 Figure 22. Sardaigne: ventes de GPL, 2019 (t e %)

Selon les statistiques du Ministère (MiSE) en 2019, 32% (44.946 t) ont été vendus en bouteilles, 23% (32.726 t) en réservoirs et les 45% restants (62.145 t) par d'autres moyens, non spécifiés dans les Statistiques MiSE (**Figure 23**). Font partie de cette dernière valeur, les volumes de GPL et d'air propané, distribués via les réseaux de distribution de gaz, autres que le gaz naturel en service en Sardaigne.



Source: élaborations REF-E à partir des données MSE
 Figure 23. Sardaigne: ventes de GPL selon les modalités, 2019 (%)

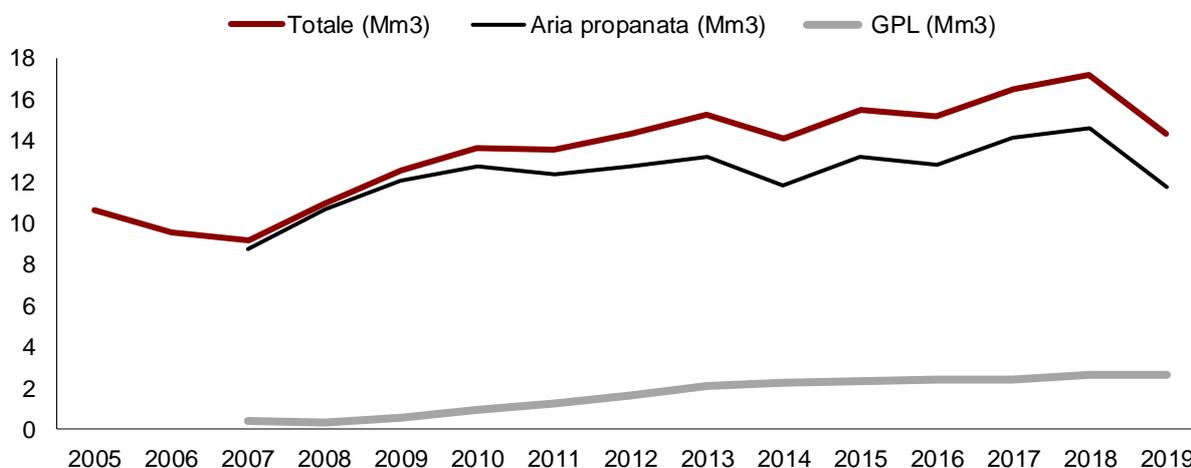
La tendance des ventes régionales de GPL par modalité, de 2014 à 2019, est illustrée dans la **Figure 24**.



Source: élaborations REF-E à partir des données MSE
 Figure 24. Sardaigne: ventes de GPL selon modalités, 2014-2019 (t)

1.8 Réseaux isolés au GPL ou à l'air propané

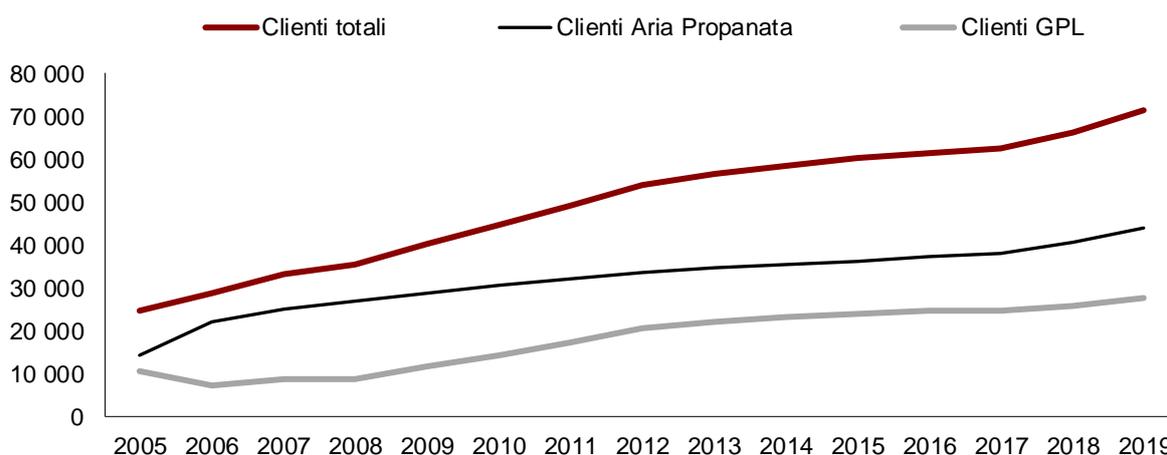
Sur la base des données de l'Autorité de Régulation de l'Énergie, des Réseaux et de l'Environnement (ARERA), en 2019 en Sardaigne, les réseaux de distribution sous concession ont fourni 14.3 millions de mètres cubes de gaz autre que le gaz naturel (**Figure 25**): dont environ 11.7 millions de mètres cubes d'air propané (16.6 ktep) et environ 2.6 millions de mètres cubes de GPL (5.1 ktep).



Source: élaborations REF-E à partir des données ARERA

Figure 25. Sardaigne: volumes de gaz autres que le gaz naturel distribués par des réseaux isolés, 2005-2019 (Mm3)

Les volumes fournis par les réseaux de distribution de gaz, autre que le gaz naturel, en Sardaigne sont passés d'environ 10 millions de mètres cubes en 2005 à un peu plus de 14 millions en 2019, soit environ 21.8 ktep de contenu énergétique (**Figure 26**). Alors que la distribution de GPL a maintenu une tendance à la hausse au cours des années considérées, l'offre d'air propané a subi une légère baisse après avoir atteint un pic d'environ 17 millions de mètres cubes en 2018 (-20% par rapport à 2019).



Source: élaborations REF-E à partir des données ARERA

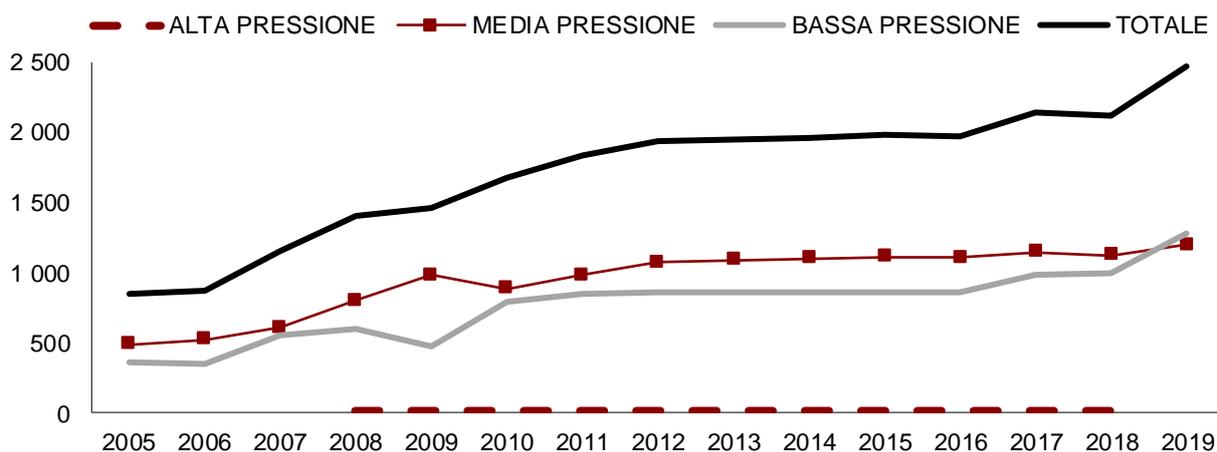
Figure 26. Sardaigne: utilisateurs de gaz autres que le gaz naturel fournis par des réseaux isolés, 2005-2019

(n)

Selon les données ARERA, les utilisateurs du réseau gazier sont passés de 24.500 en 2005 à 71.500 en 2019, soit une augmentation de plus de 190%. En 2019, près de 44.000 (61%) étaient des utilisateurs de réseaux à l'air propane et 27.700 (39%) de réseaux GPL.

Ces dernières années, en moyenne, les réseaux qui distribuent du GPL ont fourni environ 95 mètres cubes / utilisateur par an, tandis que ceux qui distribuent de l'air propane ont fourni environ 350 mètres cubes / utilisateur par an.

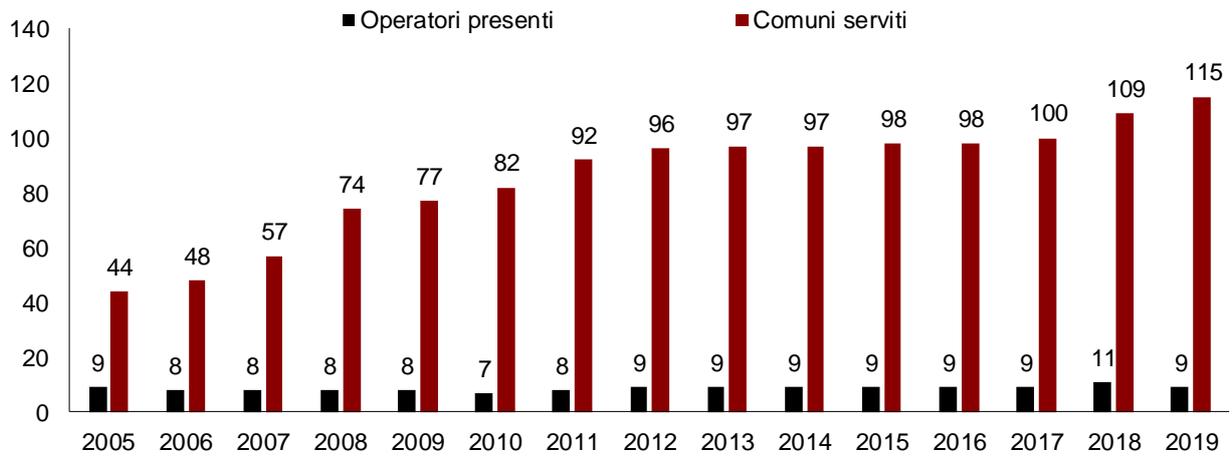
En 15 ans, de 2005 à 2019, le développement des réseaux de distribution de gaz, autre que le gaz naturel, en Sardaigne a quasiment triplé passant de 840 à près de 2.500 km (**Figure 27**). En 2019, environ 48% sont des réseaux moyenne pression, environ 51% sont des réseaux basse pression, tandis que seulement 0.3% sont des réseaux haute pression. Pour les réseaux sardes, le rapport entre l'extension linéaire et le nombre d'utilisateurs desservis aujourd'hui est, en moyenne, égal à environ 35 mètres linéaires par utilisateur desservi.



Source: élaborations REF-E à partir des données ARERA

Figure 27. Sardaigne: développement réseaux de distribution de gaz autres que le gaz naturel, 2005-2019 (km)

Selon les données ARERA, de 2005 à 2019, les communes desservies par les réseaux de gaz sont passées de 44 à 115 (+161%). En 2019, 9 opérateurs gèrent les réseaux de distribution en fonctionnement (**Figure 28**).



Source: elaborazioni REF-E a partir des données ARERA

Figure 28. Sardaigne: opérateurs et communes servis par des réseaux de distribution de gaz autres que le gaz naturel, 2005-2019 (n)

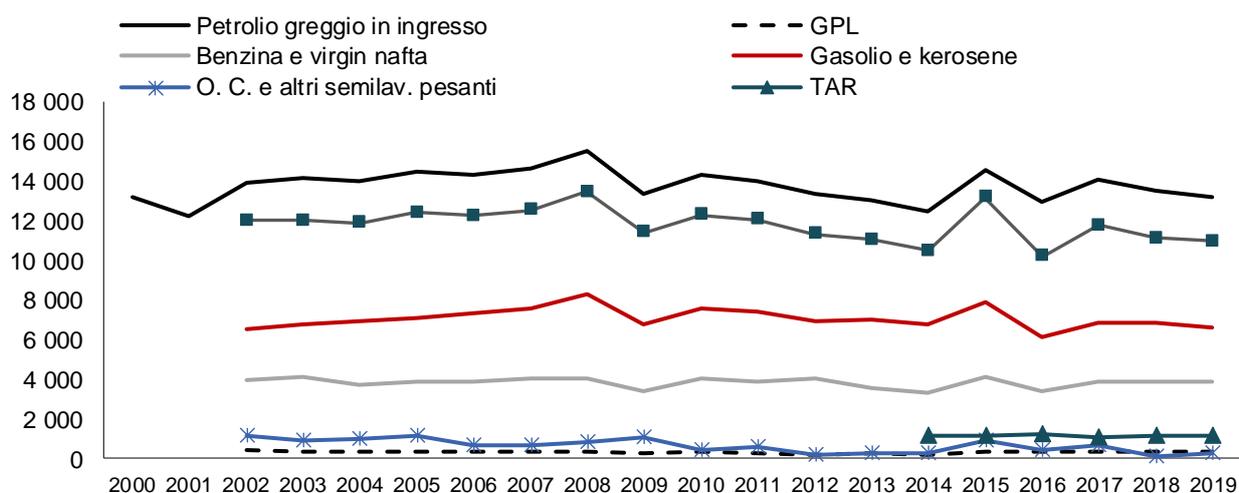
2. Consommation relative aux transformations énergétiques en Sardaigne

2.1 Consommation relative au raffinage et marché régional des produits pétroliers

L'activité de raffinage exercée par l'usine SARAS de Sarroch représente le principal secteur de transformation des ressources énergétiques en Sardaigne. La raffinerie SARAS a absorbé en moyenne 14 millions de tonnes de brut par an entre 2000 et 2019 (**Figure 29**). La production de produits pétroliers est en moyenne de 12 millions de tonnes par an, soit environ 7 fois la demande totale de produits pétroliers sur l'île ces dernières années (environ 1.5 million de tonnes par an en moyenne).

La raffinerie produit dix fois plus de diesel et d'essence que le marché sarde ne peut absorber et ces volumes sont donc principalement destinés aux marchés nationaux et internationaux des produits pétroliers. En 2019, les volumes de diesel et de kérosène produits étaient égaux à 7.5 millions de tonnes, tandis que ceux d'essence et de naphta vierge étaient égaux à 4 millions de tonnes. Dans le cas des fiouls et du GPL, les volumes produits par la raffinerie sont du même ordre de grandeur que ceux absorbés par le marché sarde. En 2019, les volumes produits de fiouls et autres produits semi-finis lourds s'élevaient à environ 600.000 tonnes, tandis que ceux de GPL équivalaient à près de 300.000 tonnes. La production totale de goudron (le résidu lourd de la distillation du pétrole brut) était d'environ 1 million de tonnes en 2019. Ce produit est destiné au processus de gazéification pour la production de gaz de synthèse destiné à la production thermoélectrique (illustré dans le paragraphe suivant).

Le marché sarde de l'énergie, en particulier pour la consommation finale du secteur de l'industrie, est également un débouché important pour certains sous-produits de l'activité de raffinage de l'usine de Sarroch, comme dans le cas du gaz de raffinerie, du coke Pet et du soufre.



Source: élaborations REF-E à partir des données UP, Région Sardaigne et Saras

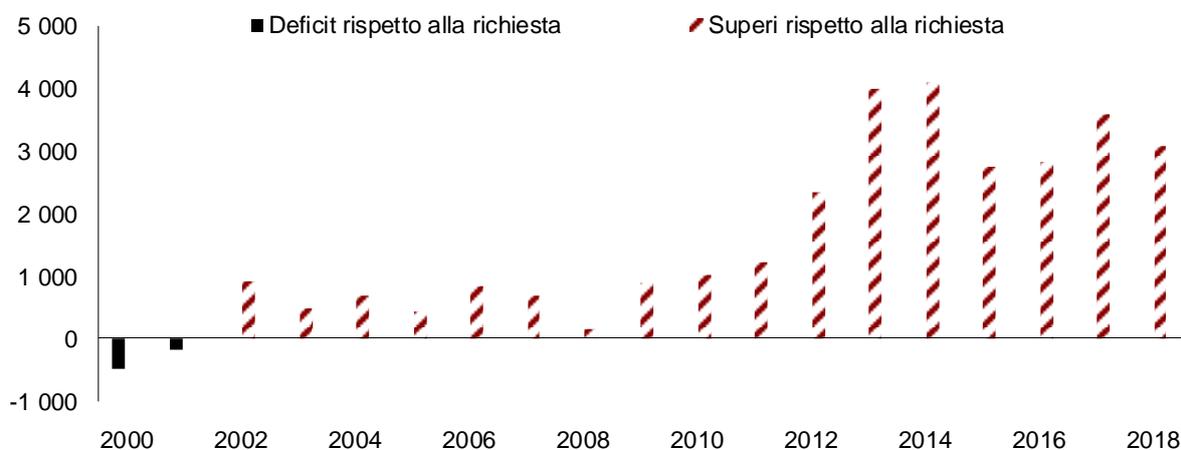
Figure 29. Sardaigne: activité de raffinage, 2000-2019 (kt)

Le marché régional ne s’approvisionne pas en produits pétroliers seulement auprès de la raffinerie; il existe sur l’île, toute une série de gisements côtiers d’huiles minérales situées dans les ports d’Oristano, Porto Torres, Porto Vesme et Porto Foxi - Sarroch, qui constituent une source alternative d’approvisionnement pour les grossistes et opérateurs commerciaux qui vendent ces produits aux utilisateurs finaux des différents secteurs d’utilisation.

Le marché régional est principalement approvisionné par des produits de la raffinerie qui sont vendus à des grossistes, lesquels opèrent dans les dépôts de l’île, souvent en utilisant des contrats de troc (swaps physiques) avec d’autres dépôts de produits pétroliers en dehors de la Sardaigne.

2.2 Consommation du secteur thermoélectrique

L’analyse du secteur de la production d’électricité ne peut pas être limitée à la seule dimension régionale, du fait même de l’infrastructure et du marché italien. En particulier, grâce au lancement du SAPEI, la Sardaigne est devenue une région d’exportation d’électricité, et ce encore plus depuis que la demande intérieure est en déclin (**Figure 30**).

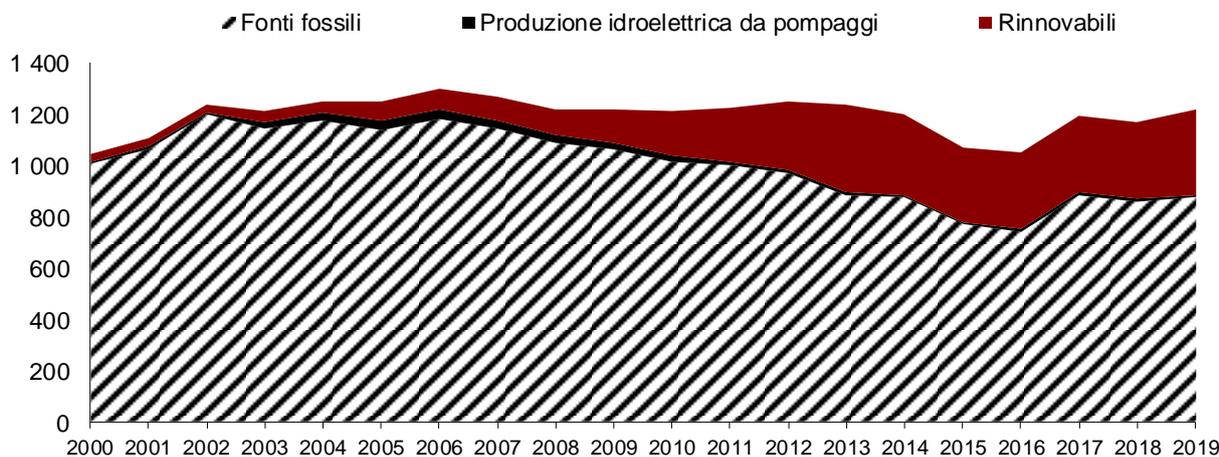


Source: élaborations REF-E à partir des données Terna

Figure 30. Sardaigne: solde import-export régional d’électricité, 2000-2018 (GWh)

Dans un contexte de production relativement constante au fil des ans, de 2000 à 2019 la part des énergies renouvelables (qui représente 27% du total) a fortement augmenté, dépassant 300 ktep en 2019, contrairement à la production hydroélectrique par pompage qui représente une part minime du mix avec un peu plus de 9 ktep (1% du total). La production à partir de sources fossiles a suivi une tendance à la baisse de 2000 à 2016, puis s’est stabilisée à partir de 2017 autour de 870 ktep en moyenne. Cependant, les

sources fossiles continuent de représenter la plus grande part du mix, représentant près de 72% du total (**Figure 31**).

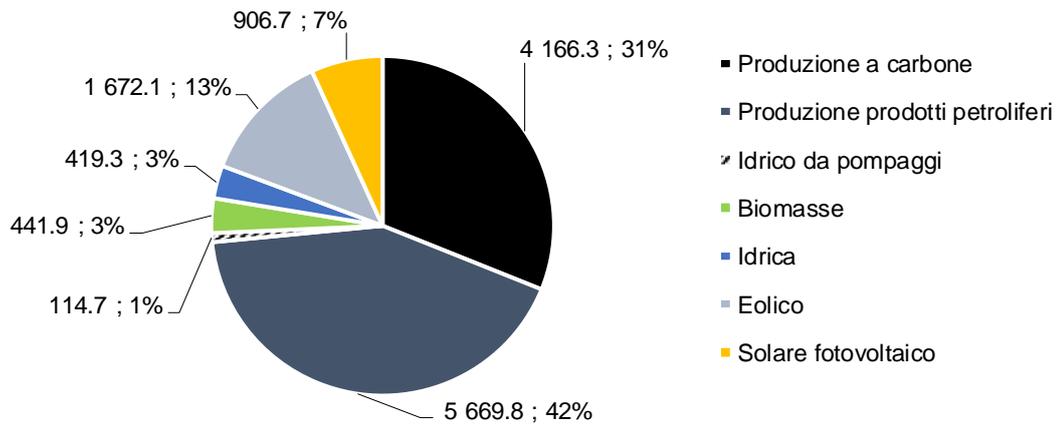


Source: élaborations REF-E à partir des données Terna

Figure 31. Sardaigne: mix de la génération électrique, 2000-2019 (ktep)

La consommation d'énergie primaire d'origine fossile pour la production d'électricité se compose depuis quelques années de deux éléments : les produits pétroliers et le charbon. La consommation de produits pétroliers pour la production d'électricité est principalement celle de l'usine de Sarlux reliée à la raffinerie de Sarroch. La centrale utilise presque exclusivement du gaz de raffinerie issu de la gazéification de la fraction lourde des produits de la raffinerie (Goudron). L'électricité produite est en partie absorbée par le processus de raffinage et est incluse dans la consommation du secteur énergétique et non dans la consommation finale de l'industrie. La production des centrales électriques sardes de Carbone (Fiumesanto et Sulcis) est absorbée par la demande du marché aux niveaux régional et national.

La production thermoélectrique totale en Sardaigne en 2018 (**Figure 32**) s'élevait à environ 10.300 GWh, couverte pour 95% par l'utilisation de sources fossiles (environ 9.800 GWh) et pour les 5% restants par la biomasse (environ 440 GWh). La production fossile se distingue dans la production de charbon qui a compté en 2018 pour plus de 30% du mix thermoélectrique sarde (plus de 4.000 GWh) et de produits pétroliers, qui en 2018 représentaient plus de 40% du mix, avec environ 5.600 GWh. La production totale à partir de sources renouvelables en Sardaigne en 2018 a presque atteint 3.000 GWh, couvrant globalement environ 22% du mix dont 1.672 GWh d'énergie éolienne, 906 GWh de solaire photovoltaïque et 419 GWh de production d'eau. La production hydroélectrique par pompage, comme déjà mentionné, ne représente que 1% du total.



Source: élaborations REF-E à partir des données Terna
 Figure 32. Sardaigne: composition du mix de production, 2018 (GWh)

3. Potentiel de pénétration du méthane en Sardaigne

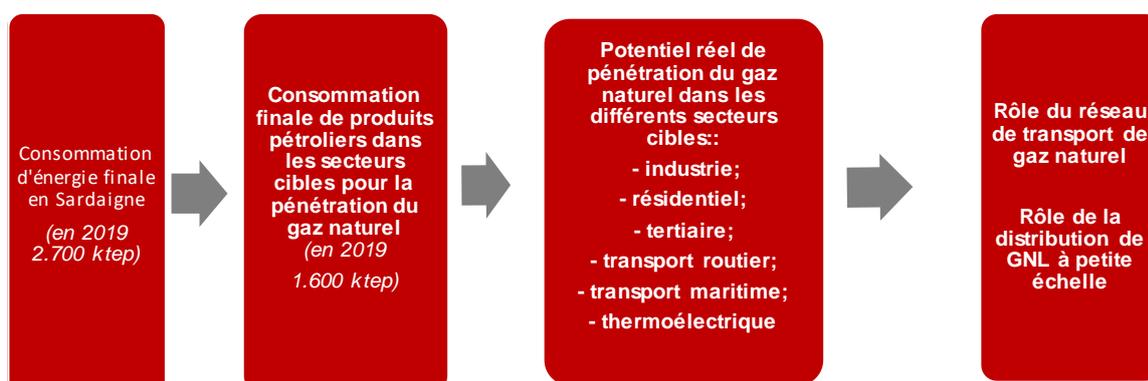
Afin de pouvoir estimer les perspectives de pénétration du gaz naturel en Sardaigne, on s'est basé sur les données relatives à la consommation énergétique 2000-2019 de l'île analysées au Chapitre 1 ainsi que sur le scénario de référence quant à l'évolution de la consommation en 2030 dans les différents secteurs illustrés dans le paragraphe suivant de ce chapitre.

Le principal agrégat cible de pénétration du gaz naturel dans la région concerne la consommation d'énergie finale des produits pétroliers à laquelle doit s'ajouter la consommation de combustibles fossiles pour la production d'électricité.

On a ensuite évalué deux scénarios de pénétration du gaz naturel dans la consommation pour remplacer les produits pétroliers utilisés dans les différents secteurs, appelés scénarios de «Base» et de «Forte pénétration». L'analyse des potentiels de pénétration prend également en compte les opportunités offertes par le secteur de production thermoélectrique.

Pour les scénarios des potentiels réels de pénétration du gaz naturel dans les différents secteurs, on a également évalué le rôle que peuvent jouer les deux filières d'approvisionnement en gaz naturel possibles en aval de l'approvisionnement en GNL sur les sites de stockage côtiers ou flottants dans la méthanisation de la Sardaigne: 1) celle basée sur l'utilisation des installations de regazéification, du réseau de transport de gaz naturel et des réseaux de distribution; et 2) celle basée sur le *downstream* du GNL (SSLNG) via des camions-citernes cryogéniques.

La **Figure 33** ci-dessous résume les clés de lecture utilisées pour évaluer le potentiel de pénétration du gaz naturel en Sardaigne.



Source: élaborations REF-E

Figure 33. Sardaigne: consommations d'énergie, secteurs cibles et potentiels de pénétration pour le gaz naturel

3.1 Scénario d'évolution de la consommation en 2030

Les prévisions et les scénarios d'évolution de la consommation d'énergie finale ont été construits à partir des données historiques 2000-2019 illustrées au Chapitre 1 (voir **Figure 3**). Les scénarios à l'horizon 2030 ont été élaborés en utilisant les tendances des scénarios de «base» et «cible» adoptés par le Plan National Intégré Énergie et Climat de l'Italie⁶ notifié par le gouvernement à la Commission Européenne dans les premiers jours de 2020. Les prévisions pour l'année 2020 tiennent compte des effets qu'aura la crise économique induite par l'urgence pandémique sur la consommation énergétique de certains secteurs. On s'attend dans certains cas, comme dans le cas des transports, à ce que ces effets se feront encore sentir au cours des premières années à suivre. Pour la consommation énergétique globale, on n'avance aucune hypothèse d'effets structurels sur les prévisions des scénarios jusqu'en 2030.

Aux fins de l'évaluation du potentiel de pénétration du méthane en Sardaigne entre 2021 et 2030, on a considéré que la projection des tendances sectorielles nationales indiquées par les scénarios du Plan PNIEC est adéquate à la réalité régionale sarde.

Le scénario de « base » du plan PNIEC prévoit une réduction de la consommation finale totale d'énergie de 2.7% en 10 ans, avec une réduction de 1.1% au cours des cinq premières années et une accélération de cette tendance au cours des cinq dernières années (-1.6%). Ce scénario prévoit des augmentations significatives de l'efficacité énergétique également dans le cadre des politiques actuelles et la poursuite du processus de découplage entre la valeur de la production économique et celle de la consommation d'énergie. Ces tendances sont différenciées dans les différents secteurs sur la base d'hypothèses spécifiques.

Le scénario « cible » du plan PNIEC implique une réduction de la consommation d'énergie finale globale de 10% sur la décennie selon une progression linéaire liée à la réalisation des objectifs d'efficacité énergétique 2030 indiqués par l'UE, et en particulier liée à la trajectoire envisagée afin d'atteindre l'objectif national d'économies obligatoires de la consommation d'énergie finale, tel qu'il est défini dans l'article 7 de la directive européenne sur l'efficacité énergétique. Dans le plan PNIEC, les objectifs de réduction sont différenciés dans les secteurs de consommation en fonction des différents potentiels d'augmentation de l'efficacité énergétique et de leurs coûts.

Dans le cas de la Sardaigne, compte tenu de la part spécifique des différents secteurs de consommation finale d'énergie (voir **Figure 34**), on s'attend pour 2020 par rapport à 2019 du fait de la crise économique suite à l'urgence pandémique, à une réduction de la consommation finale globale d'énergie, d'environ 12% principalement due aux conséquences dans le secteur des transports, de l'industrie et du tertiaire.

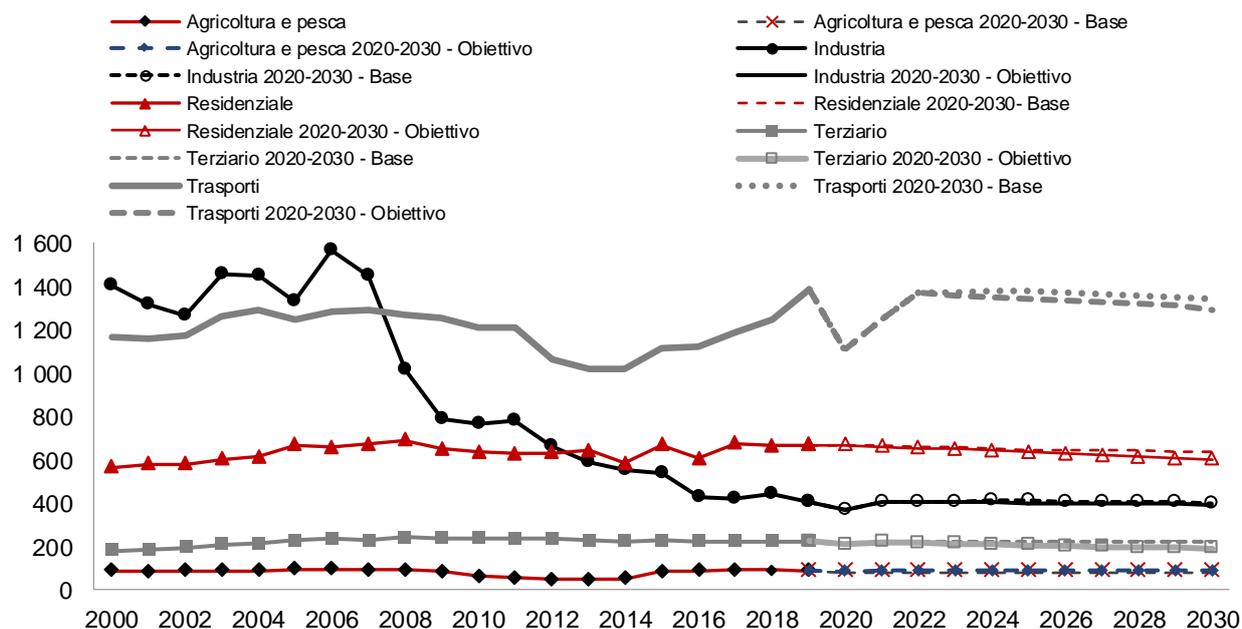
Pour ce qui est du **secteur résidentiel**, le scénario de «base» retenu prévoit une réduction de la consommation d'énergie de 4.6% en 10 ans, avec une réduction de 3.5% les cinq

⁶ https://www.mise.gov.it/images/stories/documenti/PNIEC_finale_17012020.pdf

premières années et une décélération de cette tendance dans les cinq années suivantes (-1.2%). Ce scénario prévoit des augmentations significatives de l'efficacité énergétique des bâtiments résidentiels également dans le cadre des politiques actuelles et la poursuite du processus de découplage entre la tendance des processus sociodémographiques qui prévoient une augmentation du nombre de familles et de logements occupés par des résidents également en Sardaigne. Le scénario «cible» implique une réduction de la consommation d'énergie finale globale du secteur résidentiel d'environ 10% au cours de la décennie liée à des améliorations supplémentaires de l'efficacité énergétique dans les foyers, obtenue grâce aux nouvelles politiques de réalisation des objectifs 2030.

Toujours en Sardaigne, sur la base des tendances mensuelles de la consommation résidentielle, aucun effet significatif de la crise pandémique de fin 2020 n'est attendu sur le niveau de consommation du secteur résidentiel par rapport à ceux de 2019.

En 2030, la consommation du secteur résidentiel en Sardaigne serait d'environ 636 ktep dans le scénario de «base» et au contraire d'environ 598 ktep dans le cas du scénario «cible», contre environ 667 ktep qui est le niveau de 2020.



Source: élaborations et estimation REF-E à partir des données Terna, MSE, Enea, Gse et Région Sardaigne

Figure 34. Sardaigne: consommation FINALE d'énergie 2000-2019 et prévisions et scénarios, 2020-2030

Pour ce qui est du **secteur tertiaire**, le scénario de «base» retenu envisage une stabilité substantielle de la consommation d'énergie au cours de la décennie. Ce scénario prévoit que les augmentations significatives de l'efficacité énergétique des usages énergétiques dans le secteur tertiaire, même dans le cadre des politiques actuelles, seront compensées

par les augmentations du niveau d'activité attendues en termes de valeur ajoutée du secteur. Le scénario implique une réduction de la consommation d'énergie finale globale du secteur tertiaire d'environ 15% sur la décennie du fait de nouvelles augmentations de l'efficacité énergétique dans le secteur tertiaire, obtenue grâce aux nouvelles politiques pour atteindre les objectifs 2030.

En Sardaigne, aussi parce que la part de l'électricité est très élevée dans la consommation du secteur tertiaire, on prévoit sur la base de l'évolution mensuelle de la consommation d'électricité que du fait de la crise économique actuelle, il y aura à la fin 2020 une réduction de la consommation du secteur de 6% par rapport à 2019, laquelle sera réabsorbée dès 2021.

En 2030, la consommation du secteur tertiaire en Sardaigne serait de l'ordre de 220 ktep dans le scénario de «base» (avec une stabilité par rapport à la valeur d'avant crise de 220 ktep) et au contraire d'environ 187 ktep dans le cas du scénario «cible».

Dans le **secteur industriel**, le scénario de «base» retenu prévoit une réduction de la consommation d'énergie de 1.8% en 10 ans, avec une stabilité substantielle (+0.2%) au cours des cinq premières années et une réduction de 2% au cours des cinq années suivantes. Ce scénario prévoit que les augmentations de l'efficacité énergétique en termes d'énergie utilisée dans l'industrie, même dans le cadre des politiques actuelles, seront largement compensées par les augmentations du niveau d'activité attendues en termes de valeur ajoutée du secteur industriel au cours des cinq premières années. Le scénario «cible» implique une réduction de la consommation d'énergie finale globale de l'industrie d'environ 3.8% sur la décennie, une réduction liée à de nouvelles améliorations de l'efficacité énergétique dans les activités industrielles, obtenue grâce aux nouvelles politiques de réalisation des objectifs 2030

En Sardaigne, on prévoit sur la base de l'évolution mensuelle en Italie de la consommation industrielle que du fait de la crise économique actuelle, il y aura à la fin 2020 une réduction de la consommation du secteur de 10% par rapport à 2019, laquelle sera réabsorbée dès 2021.

En 2030, la consommation finale du secteur industriel en Sardaigne serait d'environ 399 ktep dans le scénario de «base» (avec une stabilité substantielle par rapport à la valeur d'avant crise de 407 ktep), et au contraire une valeur d'environ 187 ktep dans le cas du scénario «cible».

Ces scénarios ne prennent pas en compte les effets d'une éventuelle réactivation des installations de la chaîne de transformation de l'aluminium en Sardaigne.

Dans le **secteur des transports**, le scénario de «base» retenu prévoit une réduction de la consommation d'énergie de 2.6% en 10 ans, avec une légère réduction (-0.5%) les cinq premières années et une réduction plus forte de 2.6% au cours des cinq dernières années. Ce scénario prévoit que les politiques actuelles pour augmenter l'efficacité énergétique en termes d'utilisation de l'énergie dans les transports l'emporteront sur les augmentations

importantes des niveaux d'activité prévues dans tous les segments de ce secteur. Le scénario « cible » implique une réduction de la consommation finale totale d'énergie du secteur tertiaire d'environ 6.4% au cours de la décennie liée à de nouvelles augmentations de l'efficacité énergétique dans les transports, obtenue grâce aux nouvelles politiques pour atteindre les objectifs 2030.

En Sardaigne, on prévoit sur la base de l'évolution mensuelle de la consommation pour les transports que du fait de la crise économique actuelle, il y aura à la fin 2020 une réduction de la consommation du secteur de 20% par rapport à 2019, laquelle sera réabsorbée au regard des tendances prévues à partir de 2022.

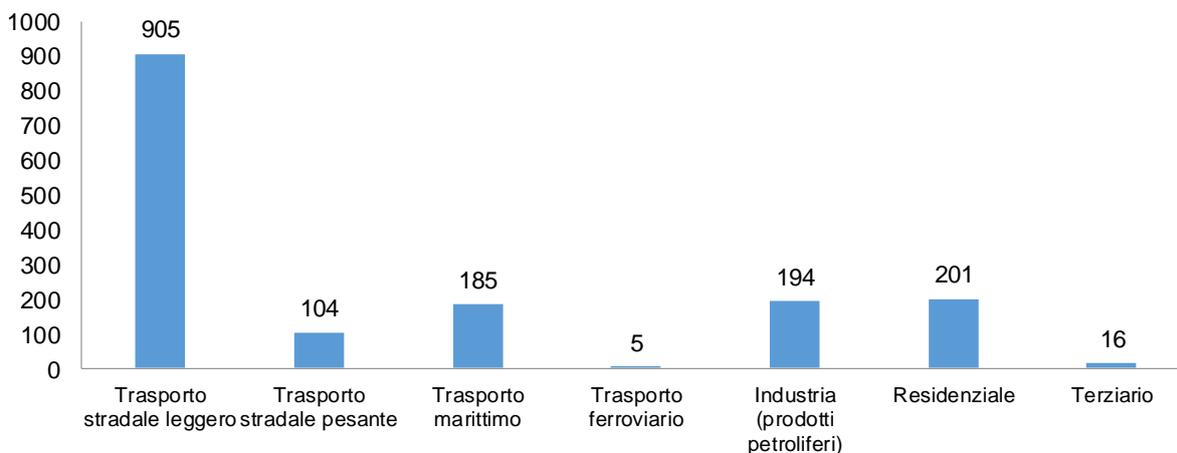
En 2030, la consommation finale du secteur de transport en Sardaigne serait d'environ 1.340 ktep dans le scénario de «base», et au contraire d'environ 1.290 ktep dans le scénario «cible».

Pour ce qui est du **secteur de l'agriculture**, les scénarios de «base» et «cible» adoptés prévoient une stabilité substantielle de la consommation d'énergie sur la décennie par rapport aux niveaux actuels (autour de 80 ktep).

3.2 Consommation de produits pétroliers dans les secteurs cibles

Les scénarios d'évolution de la consommation finale d'énergie adoptés pour la Sardaigne d'ici 2030 permettent d'utiliser les niveaux actuels de consommation de pétrole dans les différents secteurs comme référence de base pour évaluer le potentiel de pénétration du gaz naturel. En particulier, pour le secteur des transports, il est nécessaire de distinguer les consommations qui relèvent: du transport routier léger, du transport routier lourd, du transport maritime et du transport ferroviaire. Cette consommation s'élève aujourd'hui à un total d'environ 1.600 ktep, et plus précisément: 905 ktep pour le transport routier léger, 104 ktep pour le transport routier lourd, environ 185 ktep pour le transport maritime, 5 ktep pour le transport ferroviaire, environ 194 ktep pour l'industrie, 200 ktep dans le secteur résidentiel et environ 16 ktep dans le secteur tertiaire.

Ces valeurs peuvent être considérées comme des potentiels maximaux théoriques et un point de départ pour des évaluations spécifiques relatives à chacun des différents secteurs, afin de pouvoir évaluer le potentiel réel de pénétration, technique et économique, du gaz naturel en Sardaigne.



Source: elaborations REF-E

Figure 35. Sardaigne: consommation finale de produits pétroliers dans les secteurs cibles de la méthanisation, 2019 (ktep)

3.3 Potentiels de pénétration réels du gaz naturel

Afin d'évaluer le potentiel réel de pénétration du gaz naturel dans les différents secteurs cibles en Sardaigne d'ici 2030, deux scénarios appelés de «Base» et de «Forte pénétration» sont formulés. Les deux scénarios supposent à court et moyen terme le rétablissement des conditions de prix du GNL par rapport aux marchés internationaux du pétrole et du GPL.

Le **scénario de pénétration de «Base»** suppose comme préalable qu'il n'y aura pas de nouvelles mesures de soutien à la diffusion du GNL et du GNC comme carburants alternatifs dans le transport routier et maritime, qu'on n'adoptera pas de nouvelles mesures de politique environnementale telles que la mise en place d'une Zone SECA (zone de contrôle des émissions de soufre) dans les eaux de la Sardaigne, et qu'on maintiendra le cadre réglementaire pertinent introduit par l'ARERA en 2019 pour les réseaux de distribution⁷ et les infrastructures d'approvisionnement de GNL⁸, sans mettre en œuvre les dispositions pour la méthanisation de la Sardaigne prévues dans les orientations PNIEC et dans les dispositions de l'article 60 de la loi de simplification.

Le **scénario de « Forte pénétration »** repose au contraire sur l'introduction de nouvelles mesures de soutien à la diffusion du GNL et du GNC comme carburant alternatif dans le transport routier et maritime, sur la mise en œuvre de nouvelles mesures de politique environnementale telles que la mise en place d'une zone SECA dans les eaux de la

⁷ ARERA, résolution 474/2019/R/gaz du 19 novembre 2019 – «Critères de réglementation tarifaire pour le service de régazéification du gaz naturel liquéfié pour la cinquième période de réglementation» (2020-2023) (RTRG), <https://www.arera.it/it/docs/19/474-19.htm> .

⁸ ARERA, résolution 570/2019/R/gaz – Réglementation des tarifs des services de distribution et mesure du gaz pour la période de réglementation 2020-2025, <https://www.arera.it/it/docs/19/570-19.htm> .

Sardaigne, et sur la mise en œuvre des dispositions pour la méthanisation de la Sardaigne prévues dans les orientations PNIEC et dans les dispositions de l'article 60 du décret de simplification ; d'autre part, des interventions réglementaires pour les infrastructures nécessaires à la méthanisation seront introduites afin de permettre une intégration totale du réseau de gaz naturel (transport et distribution) en Sardaigne dans le réseau national avec l'application de mécanismes de péréquation dans les coûts d'infrastructure appliqués dans le reste du pays au réseau de transport et aux réseaux de distribution.

Pour le **secteur résidentiel** de chacun des deux segments du secteur, c'est-à-dire centralisé et autonome, on a évalué les perspectives de pénétration de toutes les sources d'énergie et technologies associées, en tenant compte de combien elles pourraient être «concurrencées» par le gaz naturel lorsqu'il sera disponible dans la région. L'analyse s'appuie sur l'importante recherche et enquête auprès des opérateurs réalisée récemment par REF-Et, et prend en compte les aspects techniques et technologiques liés aux choix d'investissement dans les systèmes de chauffage, les aspects réglementaires, économiques (même si en termes qualitatifs), la propension à changer de technologie et enfin des aspects mineurs tels que l'impact environnemental et la sensibilité des consommateurs à ce propos.

Pour le secteur résidentiel, l'hypothèse qui a le plus d'impact sur les deux scénarios est celle du cadre réglementaire. Dans le scénario de « base », le cadre réglementaire déjà défini pourra déterminer les conditions tarifaires pour les utilisateurs afin de permettre aux réseaux de distribution licenciés dans les bassins régionaux de passer au gaz naturel, et une augmentation limitée de la demande des utilisateurs comparée à celle actuelle auprès des réseaux alimentés à l'air propané ou au GPL. Dans le scénario de « Forte pénétration », le cadre réglementaire déterminera au contraire des conditions tarifaires pour les utilisateurs qui permettront, en plus de la commutation des réseaux déjà en fonctionnement, une augmentation importante de la demande des utilisateurs par rapport à celle actuelle, en ligne avec la demande des réseaux alimentés au gaz naturel dans des contextes climatiques et territoriaux similaires.

En résumé, pour ce qui est du segment centralisé, les scénarios de pénétration de gaz de «base» et de «forte pénétration» sont caractérisés comme suit: le gazole et le GPL, qui comptent actuellement pour environ 80% de la consommation de chauffage du segment, subissent, dans les deux scénarios, la pénétration du gaz naturel (en plus de continuer à souffrir de celle des énergies renouvelables). La pénétration du gaz reste toutefois partielle, surtout pour des raisons techniques, liées à la difficulté de remplacer les centrales thermiques de copropriété au gazole (qui sont majoritaires) par des centrales au gaz de copropriété. En effet, on estime que la pénétration du gaz, aussi forte soit-elle dans les deux scénarios, ne peut principalement avoir lieu que si les centrales électriques de copropriété (gazole) sont remplacées par des chaudières autonomes (gaz). Dans le scénario de base, la pénétration de gaz par rapport aux alternatives fossiles se produit à la fin de la vie des centrales, tandis que dans le scénario de forte pénétration, on suppose que le remplacement a lieu avant la fin de la vie (la moitié de la durée de vie utile).

L'électricité, qui couvre une part insignifiante mais croissante de la consommation actuelle, n'est pas considérée comme pouvant être concurrencée par le gaz naturel, compte tenu du fait que les systèmes utilisant des pompes à chaleur sont construits là où existent des conditions techniques qui permettent de profiter de tous les avantages de la technologie, et qu'il n'est pas facile en général de faire marche arrière une fois choisi le transporteur électrique. De plus, les technologies électriques sont postulées comme leaders en ce qui concerne les parts de marché liées à la « nouvelle » demande de chauffage et aux systèmes de production associés (familles dans de nouvelles maisons et familles qui pour la première fois disposent d'un système de chauffage souvent à la suite d'interventions de restructuration): dans le scénario de Base, l'électricité couvre toute la nouvelle demande, dans le scénario à Forte pénétration de gaz elle couvre 70%, et la demande résiduelle est satisfaite par les usines à gaz.

Pour la biomasse, qui couvre une part minoritaire mais non négligeable de la consommation de courant (environ 15%), des considérations similaires à celles faites pour les technologies électriques sont valables, en ce que la possibilité d'être « concurrencée » est limitée du fait de conditions techniques favorables et de la rigidité du choix de la technologie (obstacles à la sortie de divers types). A ces considérations s'ajoute celle de la forte incidence de l'adoption des technologies de la biomasse dans des contextes géographiques où l'arrivée du réseau gazier est peu probable: cette hypothèse découle de l'observation de la dynamique de diffusion spatiale des technologies de chauffage dans le reste du territoire italien. Sur la base de ce qui a été illustré, l'hypothèse relative au scénario de Base est celle d'une pénétration de la biomasse à des taux historiques enregistrés au cours de la dernière décennie (la biomasse n'est pas concurrencée par le gaz, au contraire elle continue de pénétrer, éloignant le marché des autres fossiles et, par conséquent, limitant la marché potentiel du gaz). Dans le scénario de Forte pénétration du gaz, le taux de pénétration de la biomasse est plus contenu, mais toujours positif (il est la moitié de celui historique), de sorte qu'il y a plus d'espace de marché pour le gaz.

Pour ce qui est du segment autonome, en revanche, les scénarios de pénétration de gaz de Base et de Forte pénétration sont caractérisés comme suit.

Le gazole et le GPL, qui représentent actuellement environ 30% de la consommation de chauffage du segment, subissent, dans les deux scénarios, la pénétration du gaz naturel (en plus de continuer à souffrir de celle des énergies renouvelables). Dans ce cas, on ne prend pas en compte tout obstacle technique particulier ou autre au remplacement. Dans le scénario de Base, la pénétration de gaz par rapport aux alternatives fossiles se produit à la fin de la vie des centrales, tandis que dans le scénario de Forte pénétration, on suppose que le remplacement a lieu avant la fin de la vie (la moitié de la durée de vie utile).

L'électricité, qui couvre une part insignifiante mais croissante de la consommation de courant (moins de 10% si la consommation pour le refroidissement est exclue), n'est pas considérée comme pouvant être concurrencée par le gaz naturel, au vu des avantages que la technologie peut obtenir dans les zones de climat chaud, et l'amélioration sensible du

régime tarifaire pour les clients domestiques en cours d'introduction. Les technologies électriques, comme pour les systèmes centralisés, sont supposées être un leader en ce qui concerne les parts de marché relatives à la « nouvelle » demande de chauffage et de systèmes de production associés (familles dans de nouveaux logements et familles qui pour la première fois disposent d'un système de chauffage, souvent suite à des rénovations) : dans le scénario de Base, l'électricité couvre toute la nouvelle demande, dans le scénario à Forte pénétration du gaz elle couvre 70%, et la demande résiduelle est satisfaite par les installations à gaz.

Pour la biomasse, qui couvre près de 65% de la consommation actuelle, la concurrence du gaz est limitée principalement pour des raisons liées aux coûts variables de production de chaleur. L'hypothèse relative au scénario de Base est celle d'une pénétration de la biomasse aux taux historiques enregistrés au cours de la dernière décennie (la biomasse n'est pas concurrencée par le gaz, au contraire elle continue de pénétrer, éloignant le marché des autres fossiles et, par conséquent, limitant le marché potentiel du gaz). Dans le scénario de Forte pénétration de gaz, le taux de pénétration de la biomasse est supposé être nul, évaluant la possibilité que le gaz une fois disponible puisse la soustraire à la consommation, pour des raisons principalement non économiques (prix de l'approvisionnement en biomasse et fonctionnement des appareils associés). A cet égard, il faut souligner que l'essentiel de la consommation d'énergie de la biomasse se produit dans des contextes d'intégration de la biomasse par rapport à une source d'énergie principale : supposer la soustraction des quotas de consommation par le gaz ne signifie pas nécessairement supposer le remplacement des appareils biomasse par des appareils à gaz, mais pourrait entraîner une réduction de l'utilisation des appareils à biomasse au profit de ceux alimentés par des combustibles fossiles (qui se transformeraient en appareils à gaz).

En conclusion, pour le secteur résidentiel, on peut estimer en 2030 un niveau de pénétration du gaz naturel qui varie d'environ 40 ktep ou 44 Mmc, dans le scénario de Base et à environ 103 ktep ou 114 Mmc, dans le scénario de Forte pénétration. Comme déjà illustré, les deux scénarios se distinguent par les hypothèses : de prix du gaz naturel, de développement des réseaux de distribution, de pénétration de l'électricité dans la consommation des consommateurs domestiques, de remplacement de la consommation de biomasse par le gaz naturel, et de vitesse de pénétration du gaz au détriment des autres énergies fossiles (diesel et GPL).

Dans le **secteur tertiaire**, les sources jugées pouvant être concurrencées par le gaz naturel sont le gazole et le GPL, dont la consommation sera largement remplacée par la consommation de gaz d'ici 2030 dans les deux scénarios. Il s'agit cependant d'une part absolument minoritaire de la consommation, qui totalisera environ 16 ktep d'ici 2030 (en ligne avec celle de 2019). Pour l'électricité, qui en 2019 représente plus de 90% de la consommation, on suppose l'absorption de toute la nouvelle demande dans le scénario de Base, tandis que dans le scénario de Forte pénétration du gaz, on suppose que la moitié de cette demande est la prérogative du gaz, en ligne avec le degré moyen de pénétration électrique dans la consommation d'énergie du secteur tertiaire en Italie. Pour le secteur

tertiaire, les niveaux de consommation et de pénétration potentielle du gaz, en valeur absolue, sont bien inférieurs à ceux du secteur résidentiel : dans le scénario de Base, un peu plus de 10 ktep ou 11.5 Mm³ de consommation de gaz sont attendus d'ici 2030, dans celui de Forte pénétration de gaz, elle devrait être de 16 ktep ou 17.5 Mmc.

Pour le **secteur industriel**, on ne s'est concentré que sur la consommation non électrique pour évaluer la possibilité qu'ont les sources d'énergie qui composent actuellement le mix sectoriel, d'être concurrencées par le gaz naturel s'il devait être disponible dans la Région. L'analyse est basée sur l'évaluation des données de consommation disponibles et les caractéristiques des processus de production qui caractérisent les secteurs industriels les plus importants en Sardaigne, principalement les secteurs de la chimie et de la pétrochimie.

Comme on le voit, la consommation finale d'énergie non électrique de l'industrie pour l'année 2019 se compose presque exclusivement de produits pétroliers (voir **Figures 9 et 11**): c'est sur cette base que la possibilité de pénétration du gaz naturel a été évaluée.

Comme on le voit avec le fioul, le GPL et le gazole satisfont environ 62% des utilisations directes des produits pétroliers du secteur industriel de la Sardaigne, auxquelles il faut ajouter les utilisations actuellement très limitées pour la production de chaleur issue des procédés de cogénération destinés à la consommation finale de l'industrie.

La possibilité que les produits pétroliers puissent être concurrencés du fait de la pénétration du gaz est évaluée comme suit.

Les produits composés de mazout, de gazole et de GPL sont considérés comme pouvant être concurrencés à un maximum de 75%. On est arrivé à cette évaluation en analysant la série historique des données relatives à la consommation finale d'énergie dans l'industrie au niveau national. Au fil du temps, les données montrent une diminution significative de la part des produits pétroliers utilisés pour satisfaire la demande d'énergie thermique du secteur au profit du gaz naturel. Cependant, cette part s'est stabilisée ces dernières années à des niveaux d'environ 25%. Cela semble indiquer qu'une partie de la consommation finale de produits pétroliers industriels n'est pas réellement remplaçable.

Le coke de pétrole et les combustibles solides, principalement utilisés dans les secteurs de la production du ciment et de l'acier, en fait comme input dans le processus de production, même s'ils sont inclus dans les statistiques de consommation d'énergie, ne sont pas évalués comme pouvant être concurrencés par le gaz naturel. Cette évaluation s'applique aux deux scénarios.

Pour le gaz combustible mis à disposition par la raffinerie de Sarroch, on suppose que la part de consommation de l'industrie pétrochimique adjacente à la raffinerie n'est pas susceptible d'être concurrencée par le gaz du fait des interactions technico-économiques particulières entre les activités de transformation énergétique de la raffinerie et l'industrie pétrochimique concernée.

Les scénarios «Base» et «Forte pénétration» pour la consommation finale de produits pétroliers pouvant être concurrencés se distinguent par les différentes hypothèses de cadre réglementaire dans les conditions d'utilisation des infrastructures de stockage, de gazéification et de transport et de l'impact qui en résulte sur les prix de la fourniture de gaz naturel aux utilisateurs industriels. Dans le cas du scénario de « base » et en l'absence de mécanismes de péréquation significatifs des coûts d'utilisation des infrastructures, on suppose une moindre pénétration du gaz au détriment des produits pétroliers pouvant être concurrencés, du fait des coûts plus élevés qui pourraient rendre l'utilisation du gaz naturel trop onéreuse dans de nombreux cas et en conséquence rendre non viable économiquement le passage au nouveau combustible.

Dans le scénario «Base» et «Forte pénétration», on envisage une évolution différente de l'utilisation du gaz naturel pour la cogénération dans le secteur industriel, conditionnée tant par les conditions économiques de l'approvisionnement en gaz que par la possibilité de respecter les paramètres prévus par les incitations à la cogénération à haute efficacité (CAR). Dans le scénario de «Forte pénétration», on suppose une contribution importante de la cogénération, en supposant qu'environ 50% du potentiel de consommation de chaleur provenant de l'industrie en Sardaigne est obtenu, d'ici 2030, grâce à des procédés de cogénération à haut rendement, tandis que dans le scénario de «Base», on envisagerait encore un développement important de la cogénération à haut rendement, ce qui correspondrait à environ 38% du potentiel de consommation de chaleur dérivée de l'industrie. Ceci conduit à projeter, à l'horizon 2030, une consommation de gaz attribuable à la production de chaleur issue des procédés de cogénération de 63 ktep ou 70 Mmc dans le scénario de «Forte pénétration», et de 47 ktep ou 52,5 Mmc dans le scénario de «Base».

L'hypothèse quant à l'efficacité de conversion est celle qui garantit l'accès aux concessions tarifaires (simples systèmes d'autoproduction) et aux incitations dédiées à la cogénération à haut rendement (RCA), soit 80%: notamment les concessions tarifaires arrivent actuellement à affecter jusqu'à presque 50% de la facture d'électricité d'une moyenne et petite installation industrielle (connectée en moyenne ou haute tension) qui prélève de l'énergie sur le réseau. Sur la base des rendements des centrales de cogénération (on se réfère aux turbines à gaz) disponibles sur le marché, le niveau de consommation qui vient d'être indiqué, attribuable à la production de chaleur, correspond à une consommation de gaz naturel attribuable à la production d'électricité par le procédé de cogénération, d'ici 2030, égal à 40,4 ktep ou 44,8 Mmc dans le scénario de «Forte pénétration», et 30.3 ktep ou 33.6 Mmc dans le scénario de «Base». Cette consommation de gaz naturel attribuable à la production d'électricité des centrales de cogénération n'est pas prise en compte dans la consommation de l'industrie et est incluse au contraire dans les estimations pour l'évaluation du potentiel de pénétration dans le secteur thermoélectrique.

Pour la consommation énergétique du secteur industriel, on estime un niveau global de pénétration du gaz naturel à l'horizon 2030, allant d'environ 107 ktep ou 118 Mmc, dans le scénario de «Base», à environ 152 ktep ou 169 Mmc, dans le scénario de «Forte pénétration».

Dans le secteur des **transports**, les hypothèses de pénétration du gaz une fois disponible sur l'île, sont définies par segment. Les deux scénarios, pénétration de Base et Forte, se distinguent par les hypothèses suivantes.

Pour le transport routier léger, qui représente environ 64% de la consommation de tous les types de transport en 2019, dans le scénario de Base le gaz pénètre (à partir de 2021, comme pour les autres secteurs) à des taux similaires aux parts de marché enregistrées au cours de la dernière décennie pour la consommation des véhicules fonctionnant au gaz naturel au niveau national. Ils représentent désormais environ 3% de la consommation des véhicules légers. Dans le scénario de «Forte pénétration» du gaz, cependant, des taux de pénétration plus élevés sont supposés compatibles avec la réalisation de l'objectif fixé pour 2025 par le Cadre stratégique national GNC en référence au parc de voitures fonctionnant au gaz naturel. Le taux est fixé à 5% pour la Sardaigne d'ici 2030.

Pour le transport terrestre lourd, le scénario de pénétration de Base est conçu en supposant qu'on aura atteint d'ici 2030, une couverture de 15% de la consommation du secteur (soit environ 16 ktep), ce qui constitue 7.5% de la consommation régionale de transport en 2019. Cette part équivaut à un peu moins de la moitié de l'objectif fixé pour ce segment par le Cadre Stratégique National, soit 35%, lequel objectif au contraire est pris comme référence dans le scénario de Forte pénétration de gaz qui porterait la consommation à environ 36 ktep.

Pour le transport maritime, qui représente environ 13% de la consommation des transports en 2019, le scénario de pénétration de Base est conçu en supposant d'atteindre, à l'horizon 2030, une couverture de 15% de la consommation du secteur, soit un peu moins de la moitié de l'objectif fixé pour ce même segment par le Cadre Stratégique National, fixé à 40%, valeur prise comme référence dans le scénario de Forte pénétration du gaz.

Enfin, pour le transport ferroviaire, on suppose une pénétration nulle dans le scénario de Base et le remplacement complet du gazole dans le scénario à Forte pénétration de gaz. En tous les cas, la consommation du segment est pratiquement négligeable: en 2015, la consommation pour le transport sur le réseau ferroviaire s'est élevée à 5 ktep.

Pour le secteur des transports, en 2030, on observe un niveau de pénétration du gaz naturel qui varie d'environ 61 ktep ou 68 Mmc, dans le scénario de Base, à environ 161 ktep ou 178 Mmc, dans le scénario de Forte pénétration. Comme on le voit, les deux scénarios se distinguent par les hypothèses de pénétration du gaz adoptées dans les trois segments les plus pertinents, à savoir le transport routier léger, le transport routier lourd et le transport maritime.

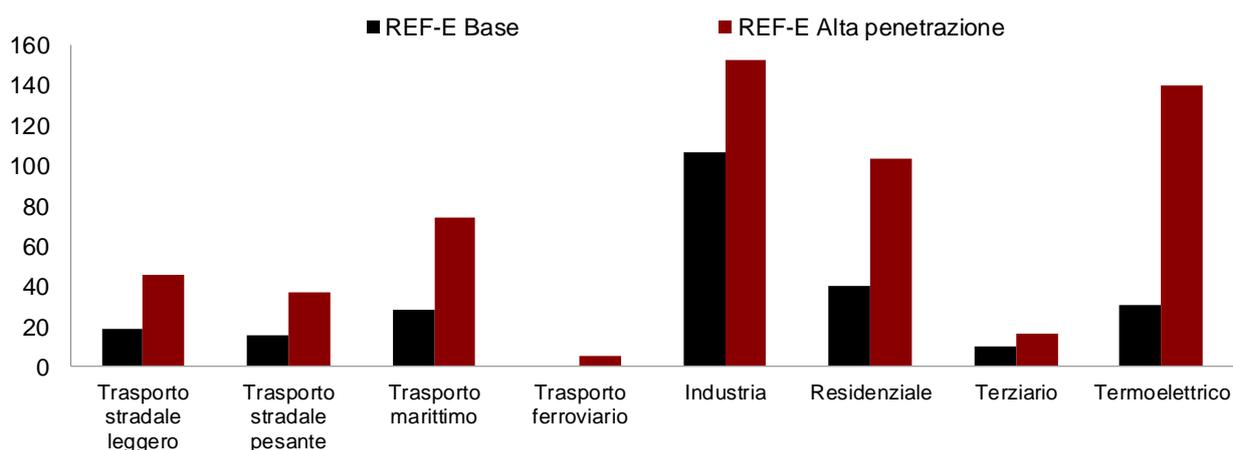
Pour le secteur **thermoélectrique**, le scénario de forte pénétration du gaz naturel se base sur l'hypothèse de nouvelles interventions de politique environnementale qui pourraient affecter l'exploitation d'ici 2030 du parc thermoélectrique au charbon en Sardaigne. Le champ d'action des politiques environnementales susceptibles d'influencer significativement les évolutions du projet de méthanisation en Sardaigne est lié aux politiques de

décarbonation du secteur électrique italien pour lesquelles le PNIEC établit un scénario-objectif à l'horizon 2030 de sortie des centrales thermoélectriques au charbon.

En particulier, pour la Sardaigne, le scénario cible du PNIEC d'élimination totale du charbon prévoit également la sortie du service des centrales de Fiumesanto et Sulcis. Dans le scénario cible d'élimination complète, le PNIEC prévoit pour la Sardaigne: une ligne électrique supplémentaire (projet du Thirrenian link) reliant l'Italie (ainsi que le renforcement du réseau de l'île), de nouvelles centrales au gaz naturel de 400 MW et l'infrastructure d'approvisionnement en gaz naturel de l'île. Dans le cas du scénario d'élimination «complète», on estime qu'il faudra deux groupes de cycles combinés pour une capacité totale de 400 MW nécessaires pour assurer la sécurité d'environ 100 millions de sm³ par an.

Dans le cas du secteur thermoélectrique, le scénario de base de la pénétration du gaz naturel ne prévoit pas de demande significative. Le scénario de forte pénétration repose au contraire sur l'hypothèse que l'option d'élimination complète du charbon est mise en œuvre de la manière décrite par le PNIEC. Dans ce cas, la consommation de gaz naturel du secteur thermoélectrique s'élèverait à environ 100 millions de sm³ soit environ 90 ktep. Compte tenu également de l'hypothèse de demande de gaz naturel pour la production d'électricité dans les centrales de cogénération industrielle, le besoin pour le secteur thermoélectrique dans son ensemble serait égal à: 130 ktep ou 144 Mmc dans le scénario de «Forte pénétration» et à 30.3 ktep ou 33.6 Mmc dans le scénario de «Base».

La **Figure 36** qui suit, résume les données des deux scénarios dans les différents secteurs considérés.



Source: elaborations REF-E

Figure 36. Sardaigne: scénarios REF-E de pénétration du gaz naturel d'ici, 2030 (ktep)

Dans son ensemble, le scénario de base de la pénétration du gaz naturel en 2030 montre une demande d'approvisionnement auprès des gisements côtiers de 197.000 t/a (environ 460.000 m³/a) de GNL, soit 248 ktep). Globalement, le scénario de forte pénétration du gaz naturel en 2030 montre plutôt une demande d'approvisionnement auprès des gisements côtiers d'environ 455.000 t / an (environ 1.060.000 m³) de GNL, soit 572 ktep).

3.4 Rôles réseau de transport et *downstream* du GNL

Comme déjà souligné, dans le scénario actuel, la méthanisation de la Sardaigne, en aval de l'approvisionnement en GNL auprès des stockages côtiers, peut s'effectuer tant par l'intermédiaire du réseau de transport que par le *downstream* du GNL. Le rôle éventuel des deux canaux de distribution de gaz naturel sur l'île diffère selon les secteurs d'utilisation.

Dans les différents secteurs de pénétration potentielle du gaz naturel dans le macrosecteur des transports en Sardaigne, la méthanisation se fera exclusivement par le *downstream* du GNL. C'est également le cas dans le cas de la fourniture de GNC pour le transport léger car il est prévisible que les distributeurs de GNL disposeront également de distributeurs de GNC afin de couvrir la demande qui se développera de manière moins pertinente et plus lente que celle du GNL comme carburant pour les véhicules routiers lourds qui transportent les marchandises. C'est donc plutôt difficile de supposer qu'en Sardaigne, on réalisera des distributeurs seulement de GNC, lesquels seront alimentés à partir de la dorsale ou des réseaux de distribution connectés.

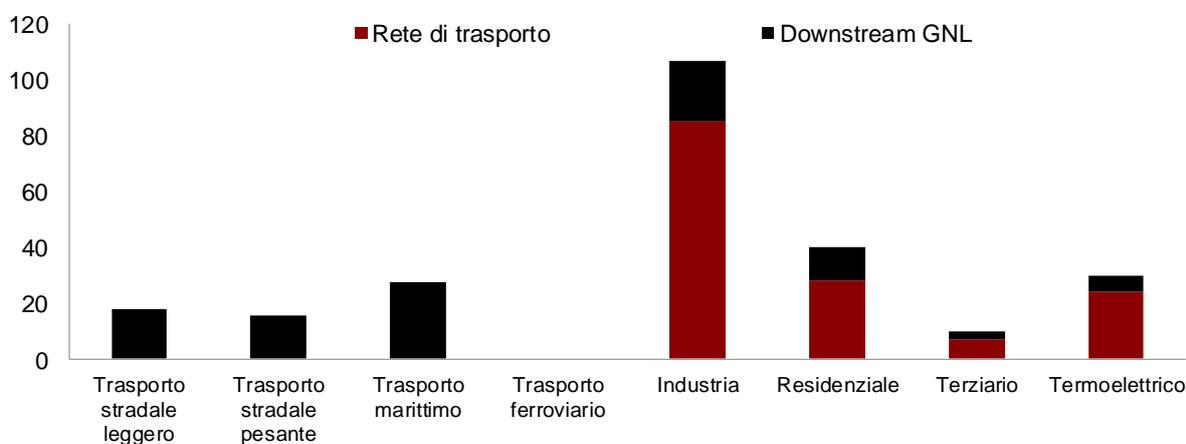
Dans les autres segments de transport, y compris dans le secteur ferroviaire, l'utilisation du gaz naturel comme combustible se fait sous forme liquide et donc ce type de pénétration n'implique pas l'utilisation du canal du réseau de transport mais uniquement celui du *downstream* du GNL.

Dans le cas de la pénétration du gaz naturel dans la consommation industrielle, il est concevable que le principal canal de distribution sera composé du réseau de transport et des réseaux de distribution, mais qu'une part importante se fera via le *downstream* du GNL pour les industries qui resteront hors réseau. On suppose que cette part sera de 20% dans le cas du scénario de forte pénétration et de 30% dans le cas du scénario de faible pénétration en lien avec le développement prévisible plus faible des réseaux dans ce scénario.

Pour les secteurs résidentiel et tertiaire, une hypothèse similaire est formulée qui prévoit que le principal canal de distribution sera constitué par le réseau de transport et par les réseaux de distribution mais qu'une part importante se fera par le *downstream* du GNL pour les réseaux de distribution isolés et qu'ils seront alimentés à partir des gisements satellites de GNL. Dans ce cas également, on suppose que la part qui passera par le *downstream* de GNL sera de 20% dans le cas du scénario de forte pénétration et de 30% dans le cas du scénario de pénétration basse en relation avec le développement plus faible des réseaux prévisible dans ce scénario. Pour le secteur thermoélectrique, la consommation des cycles

combinés prévue dans le scénario de « Forte pénétration » sera assurée par la connexion au réseau de transport tandis que la consommation des centrales de cogénération dans les sites industriels passera pour une part par le *downstream* du GNL comme la consommation du secteur industrie.

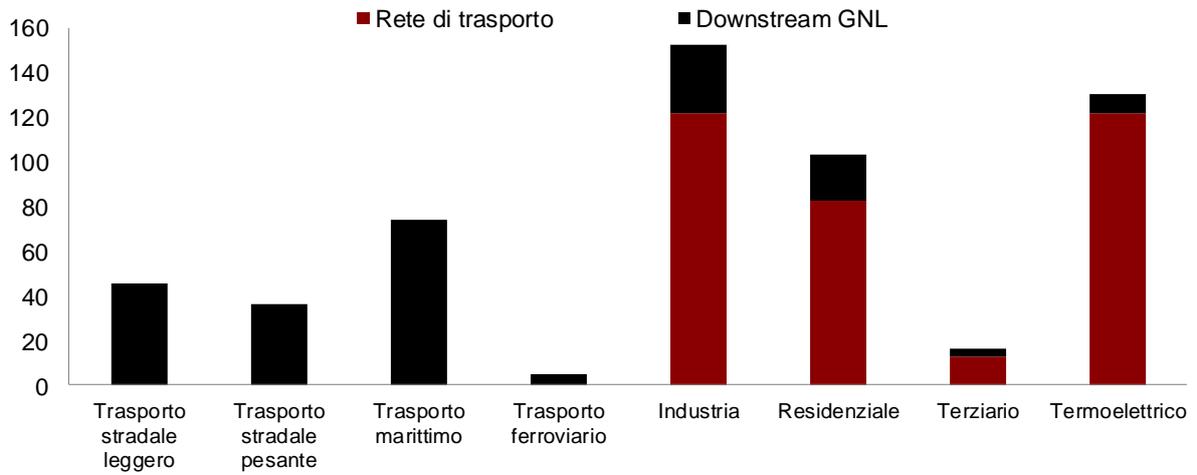
Dans le scénario de base de pénétration du gaz naturel (voir **Figure 37**) en 2030, la demande d'approvisionnement auprès des dépôts côtiers sera de 197.000 t/an de GNL (248 ktep) dont environ 42% équivalent à environ 82.000 t/an a (104 ktep) sera acheminé par le *downstream* du GNL, et qu'environ 58%, soit 160 Msmc de gaz naturel (144 ktep), sera acheminé, après regazéification, à travers les réseaux de transport et de distribution.



Source: élaborations REF-E

Figure 37. Sardaigne: réseau et *downstream* GNL dans le scénario base de pénétration du gaz naturel en 2030 (ktep)

Dans le scénario de forte pénétration du gaz naturel (voir **Figure 38**) en 2030, la demande d'approvisionnement auprès des dépôts côtiers sera d'environ 454.000 t/an de GNL (572 ktep) dont on prévoit qu'environ 40% égal à 177.000 t/a (233 ktep) sera acheminé par le *downstream* de GNL, et qu'environ 60%, soit 376 Msm³ de gaz naturel (339 ktep), sera acheminé, après regazéification, à travers les réseaux de transport et de distribution.



Source: elaborations REF-E

Figure 38. Sardaigne: réseau et *downstream* GNL dans le scénario forte pénétration du gaz naturel en 2030 (ktep)

4. Consommation et potentiels de pénétration du méthane dans le transport routier terrestre à l'horizon 2030

4.1 Analyse de la consommation d'énergie du transport routier en Sardaigne au niveau territorial

Analyse des ventes de carburants pétroliers pour le transport routier (essence, diesel et GPL) au niveau des huit provinces (Source: données MSE - Ministère du Développement Économique de l'Italie)

Sur la base des données du Bulletin Pétrolier du Ministère du Développement Économique, il est possible de reconstituer la tendance des ventes régionales par mois, année et type de carburant.

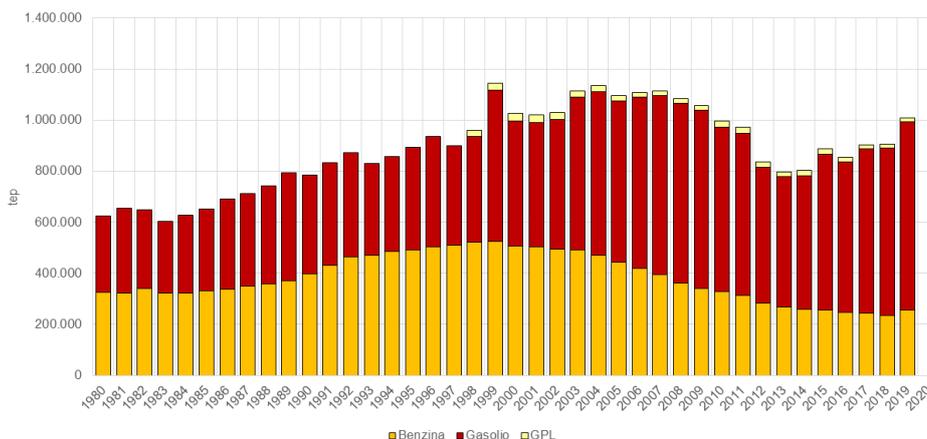
Étant donné le caractère insulaire de la Sardaigne, on peut également prétendre que la plupart de ces ventes sont effectivement consommées à l'intérieur de son territoire.

La série historique 1980-2019 (**Figure 39** et **40**) montre que la consommation a augmenté de manière ininterrompue jusqu'en 2007, puis s'est contractée pendant les années de la crise économique avant de redémarrer de 2014 à 2019.

Dans cette évolution générale, deux tendances différentes peuvent être identifiées pour la consommation d'essence et de diesel :

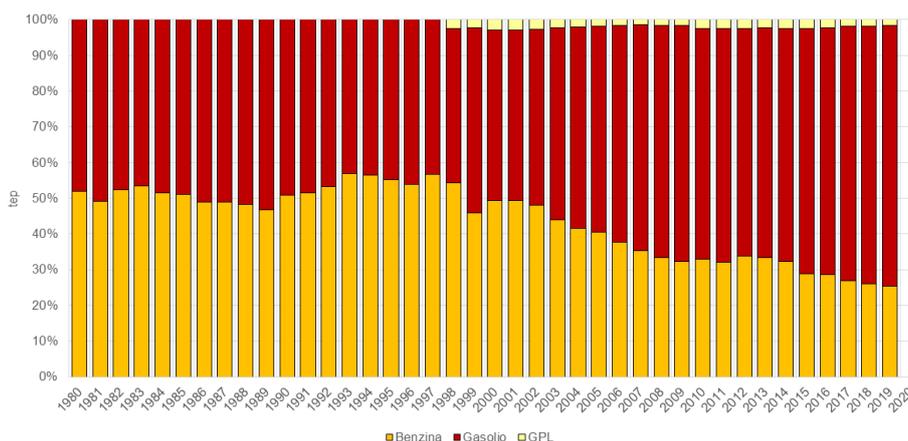
- elle progresse sensiblement au même rythme jusqu'en 2000 avec une prévalence de l'essence. Depuis 1997, la consommation d'essence, tout en augmentant en valeur absolue, commence à baisser en termes relatifs
- depuis 2000, les valeurs absolues de la consommation d'essence commencent à baisser au profit du diesel qui devient régulièrement le principal carburant
- en 2019, pour la première fois depuis près de vingt ans, les ventes d'essence sont plus élevées que l'année précédente, bien qu'elles représentent environ 25% du total (contre 50% en 1980).

Enfin, en ce qui concerne les ventes de GPL, les statistiques sont disponibles depuis 1998 et montrent le rôle marginal et substantiellement stable de ce carburant dans le temps.



Source : élaboration META sur les données MSE

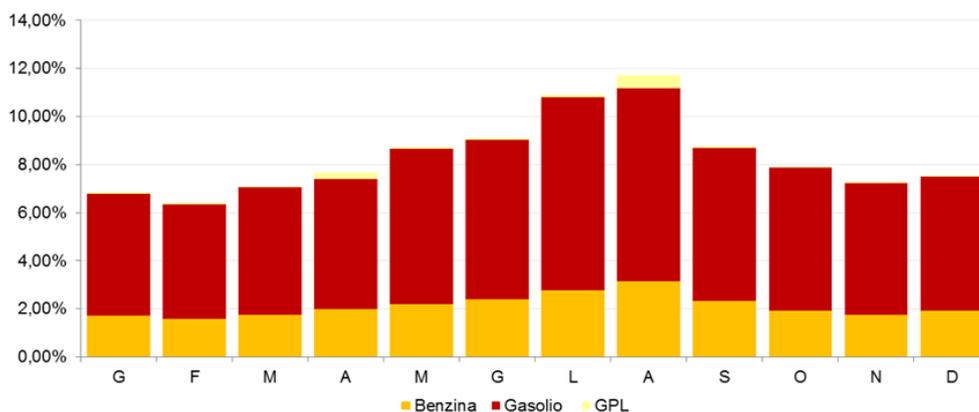
Figure 39. Sardaigne: vente de carburants routiers, 1980-2019 (valeurs absolues)



Source : élaboration META sur les données MSE

Figure 40. Sardaigne: vente de carburants routiers, 1980-2019 (valeurs relatives)

La répartition des ventes par mois en 2019 (**Figure 41**) montre clairement l'impact de la saison estivale. En particulier, 12% des ventes annuelles sont concentrées en août, contre environ 7% en novembre. À noter que la consommation de GPL a une saisonnalité spécifique qui se distingue des autres carburants, avec une concentration particulière aux mois d'avril (vacances de Pâques) et d'août ; dans l'ensemble, elle représente 55% du total annuel (respectivement 17% et 38%).



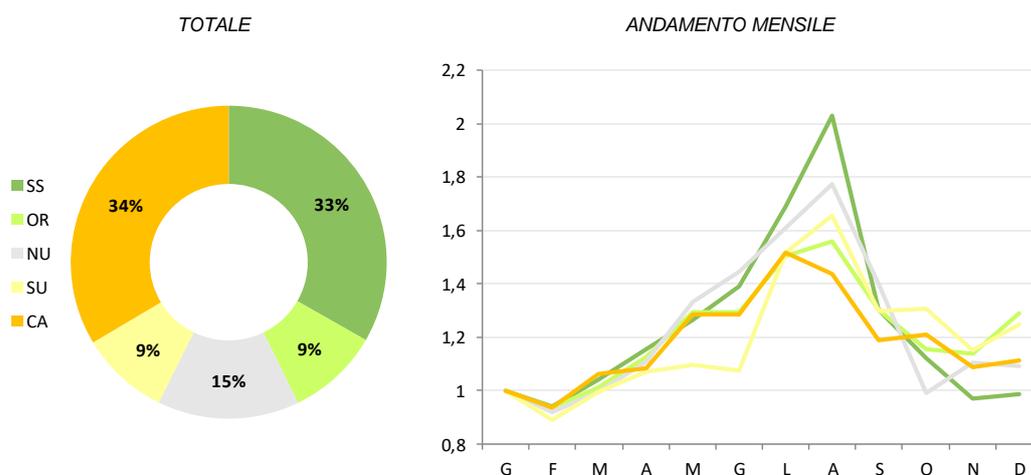
Source : élaboration META sur les données MSE

Figure 41. Sardaigne: répartition mensuelle de la vente de carburants routiers, 2019

Le détail par province en 2019 (**Figure 42**) répartit les ventes en trois blocs importants avec des parts similaires, correspondant :

- à la Province de Sassari (33% du total)
- à la Ville Métropolitaine de Cagliari (34%)
- aux trois Provinces restantes (33% du total).

En indexant les ventes totales mensuelles sur janvier 2019, les tendances sont globalement homogènes. Comme mentionné plus haut, le pic estival est enregistré dans toutes les provinces avec des valeurs particulièrement prononcées dans la province de Sassari (en août, les valeurs sont deux fois plus élevées qu'en janvier) alors que la ville métropolitaine de Cagliari reste la plus stable avec un pic en juillet et des valeurs plus élevées sur toute la saison avril-octobre.

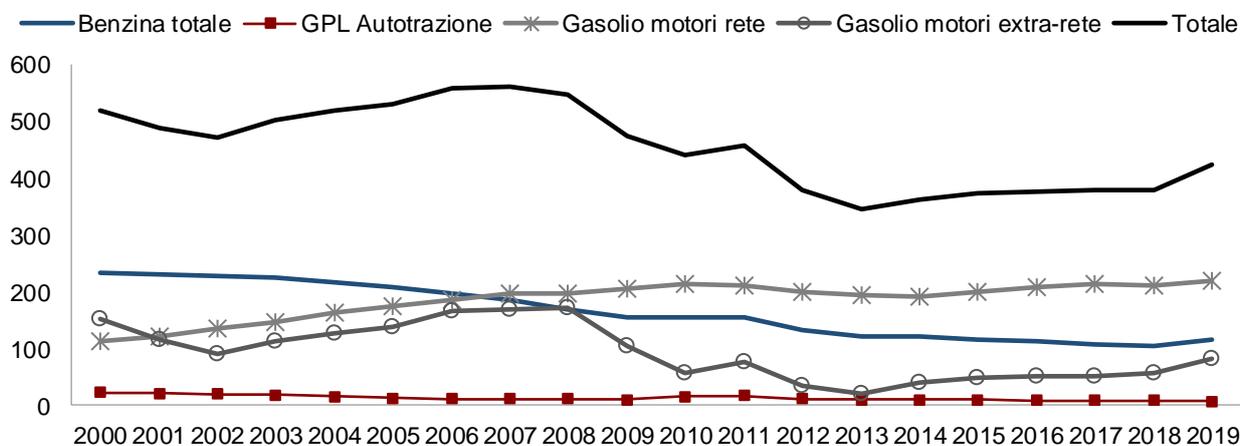


Source : élaboration META sur les données MSE

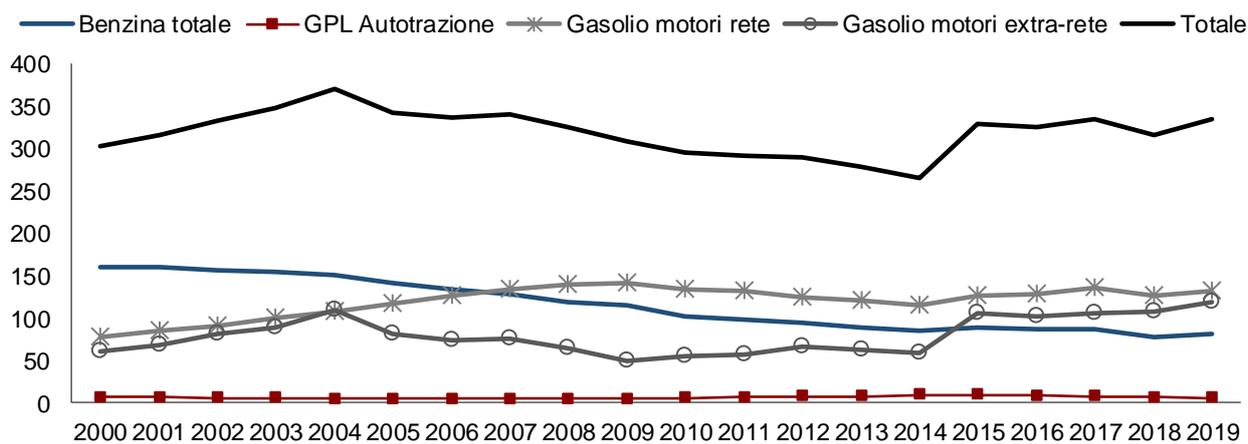
Figure 42. Sardaigne: répartition provinciale des ventes de carburants routiers, 2019

Les **Figures 43, 44, 45 et 46** montrent l'évolution désagrégée des ventes de produits pétroliers (essence, GPL routier, diesel pour les moteurs de réseau et hors réseau) enregistrées par les statistiques du MISE - Ministère du Développement Économique de l'Italie - dans les quatre provinces de Cagliari, Sassari, Nuoro et Oristano de 2000 à 2019.

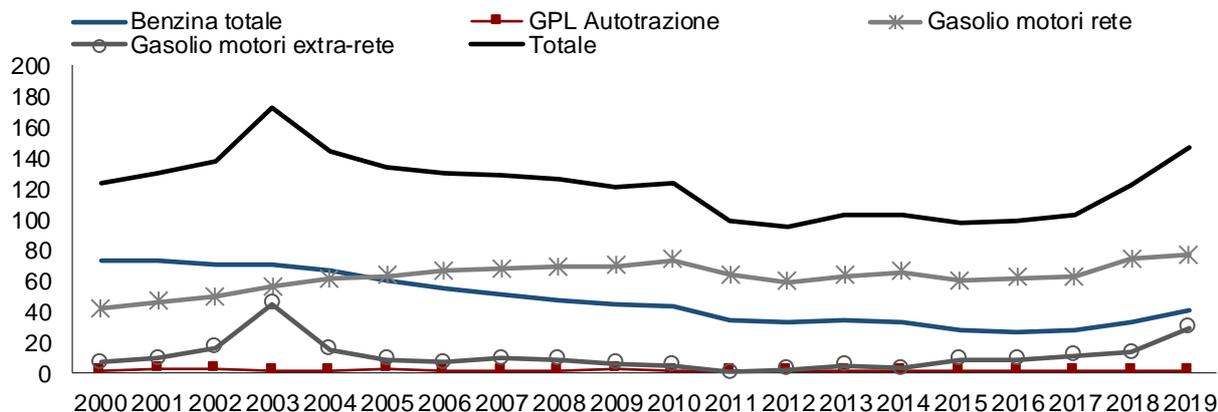
Sur la période 2000-2019, en moyenne, la vente globale de produits pétroliers s'est concentrée de la façon suivante : environ 45% dans la province de Cagliari (de 520 ktep à 424 ktep, -18%), environ 32% dans la province de Sassari (de 303 ktep à 335 ktep, +11%), environ 12% dans la province de Nuoro (de 123 ktep à 147 ktep, +19%) et les 11% environ restants dans la province d'Oristano (de 80 ktep à 97 ktep, +21%).



Source: élaborations REF-E à partir des données MSE
 Figure 43. Ventes de produits pétroliers dans la province de Cagliari, 2000-2019 (ktep)

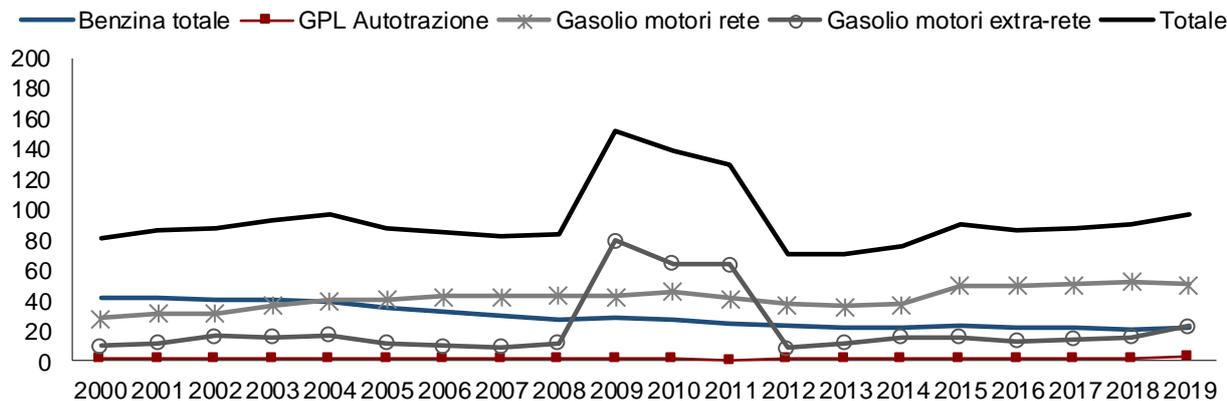


Source: élaborations REF-E à partir des données MSE
 Figure 44. Ventes de produits pétroliers dans la province de Sassari, 2000-2019 ktep



Source: élaborations REF-E à partir des données MSE

Figure 45. Ventes de produits pétroliers dans la province de Nuoro, 2000-2019 ktep

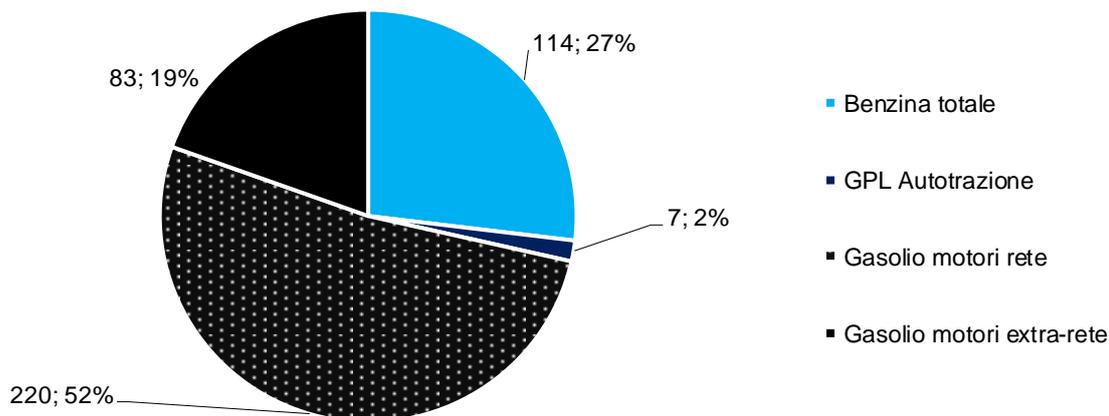


Source: élaborations REF-E à partir des données MSE

Figure 46. Ventes de produits pétroliers dans la province d'Oristano, 2000-2019 ktep

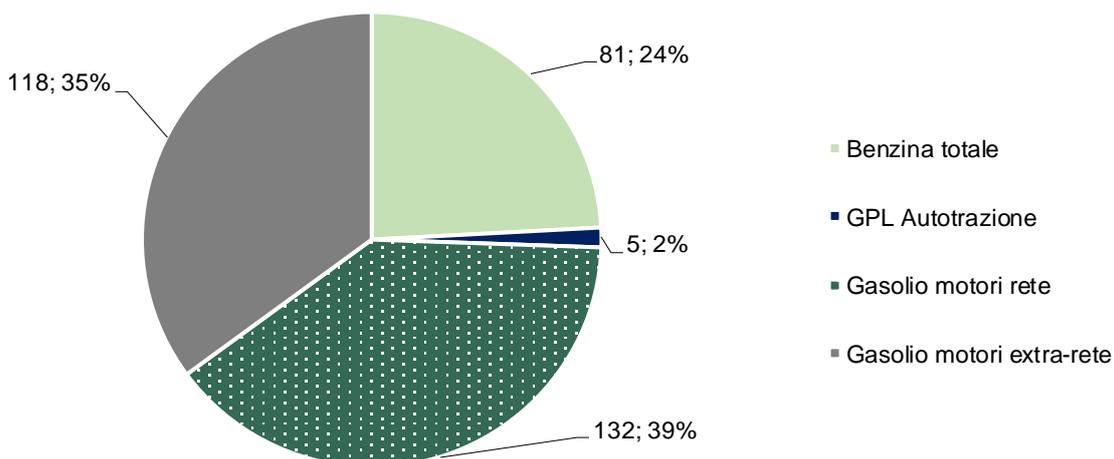
Les **Figures 47, 48, 49 et 50** montrent en revanche le mélange désagrégé des ventes de produits pétroliers (essence, GPL routier, diesel pour les moteurs de réseau et hors réseau) enregistrées par les statistiques du MISE dans les quatre provinces de Cagliari, Sassari, Nuoro et Oristano en 2019.

En 2019, environ 50% des ventes totales de produits pétroliers dans les provinces de Cagliari, Nuoro et Oristano ont concerné la vente de diesel pour les moteurs de réseau et environ 20% en moyenne de diesel pour les moteurs hors réseau. Ce n'est que dans la province de Sassari que la vente de diesel pour les moteurs hors réseau en 2019 (environ 39% du total des produits vendus) a légèrement dépassé celle du diesel pour les moteurs de réseau (environ 35%). Dans les quatre provinces, la vente d'essence en 2019 a représenté en moyenne 25% du mélange tandis que la vente de GPL routier représente la part minoritaire.



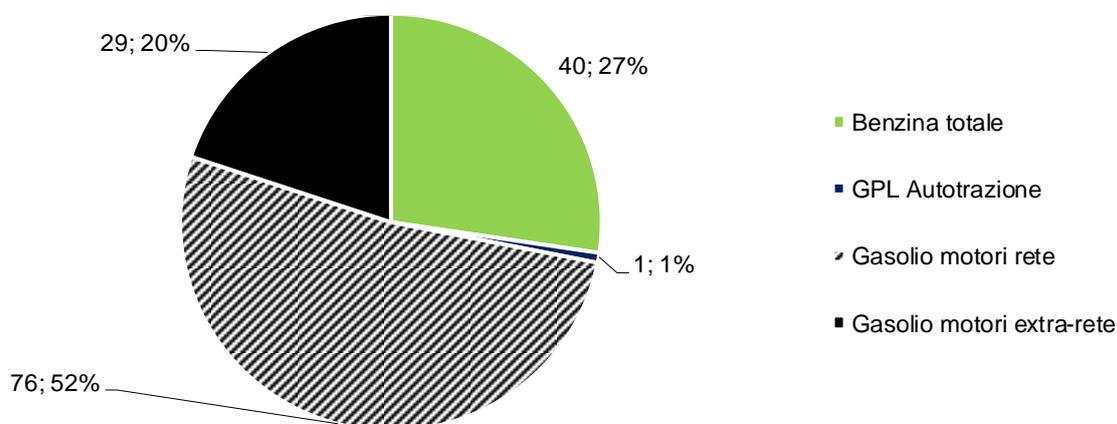
Source: élaborations REF-E à partir des données MSE

Figure 47. Ventes de produits pétroliers dans la province de Cagliari, 2019 (ktep et %)



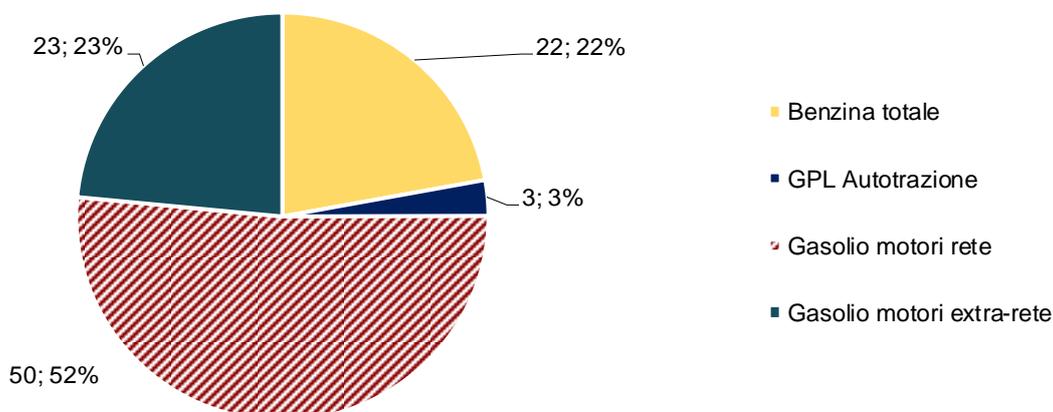
Source: élaborations REF-E à partir des données MSE

Figure 48. Ventes de produits pétroliers dans la province de Sassari, 2019 (ktep et %)



Source: élaborations REF-E à partir des données MSE

Figure 49. Ventes de produits pétroliers dans la province de Nuoro, 2019 (ktep et %)

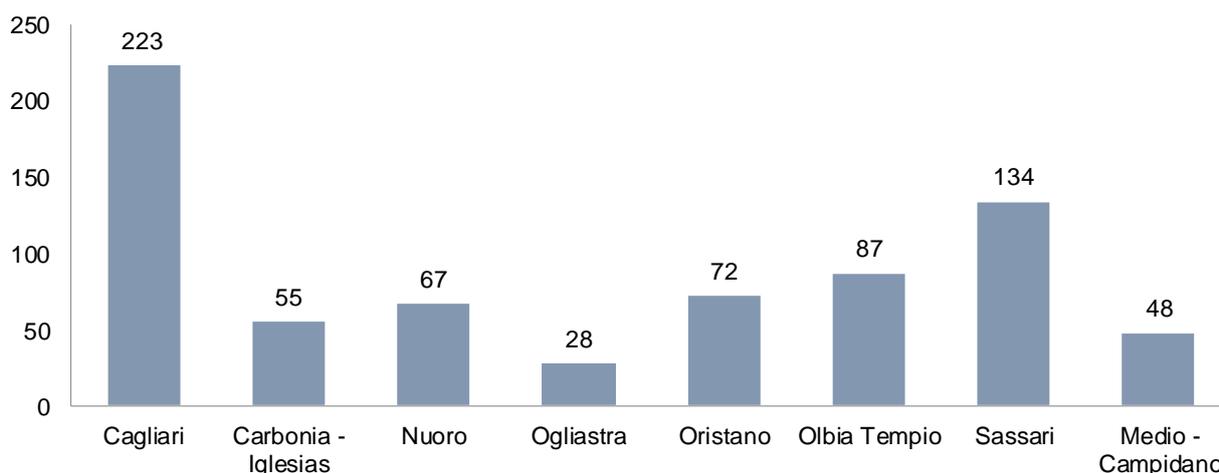


Source: élaborations REF-E à partir des données MSE

Figure 50. Ventes de produits pétroliers dans la province d'Oristano, 2019 (ktep et %)

4.2 Analyse de la structure et de la répartition territoriale des réseaux de distribution de carburants pétroliers pour le transport routier en Sardaigne

Dans la Région Sardaigne, sur la base des données du MSE disponibles au cours du mois de septembre 2020, au total 714 distributeurs de carburants ont été relevés, comme le montre la figure 47. Dans la province de Cagliari (y compris Carbonia Iglesias et Medio - Campidano) il y a au total 326 distributeurs de carburants (46% du total), dans la province de Sassari (y compris Olbia Tempio) il y a au total 221 distributeurs de carburants (31% du total), dans la province de Nuoro (y compris l'Ogliastra) il y a 95 distributeurs de carburants (13% du total) tandis que dans la province d'Oristano, il y a 72 distributeurs de carburants (10% du total).

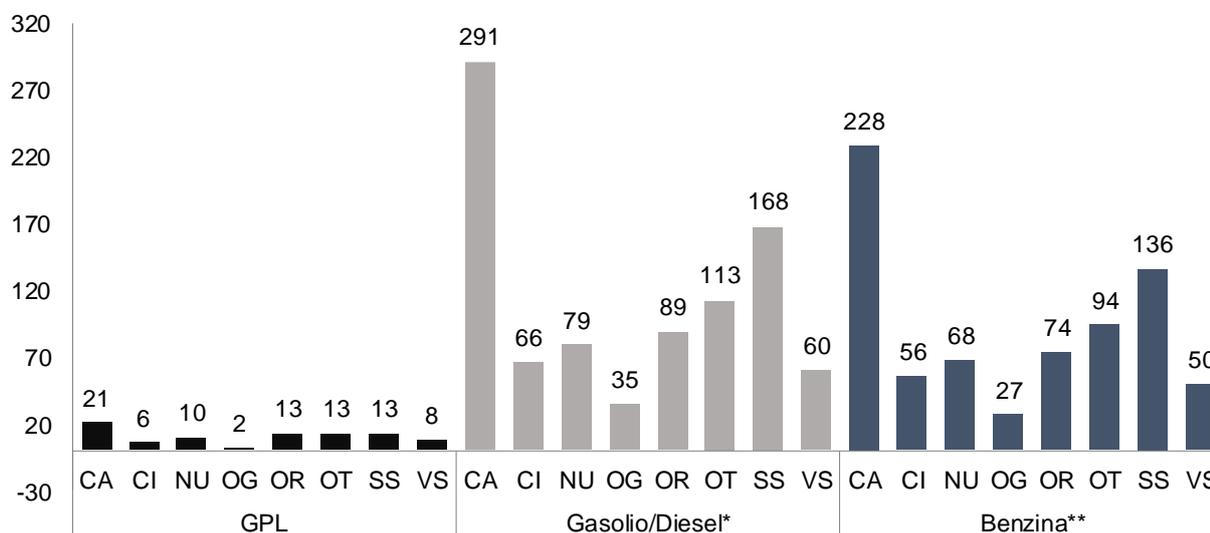


Source: élaborations REF-E à partir des données MSE

Figure 51. Sardaigne: total des distributeurs par province, Septembre 2020 (nombre)

Sur un total de 714 distributeurs, 708 fournissent à la fois de l'essence et du diesel. Parmi les types de diesel les plus vendus, en plus du diesel traditionnel, on trouve le Diesel Bleu (fourni par 131 opérateurs sur 714, soit environ 18%) et le Diesel de Haute Qualité (fourni par 52 opérateurs sur 714, soit environ 7%).

En revanche, 86 des 714 distributeurs (12% du total) sont également (ou uniquement) autorisés à vendre du GPL. Environ 40% des distributeurs de GPL sont concentrés dans la province de Cagliari (y compris Carbonia Iglesias et Medio - Campidano), 30% dans la province de Sassari (y compris Olbia Tempio) et environ 15% aussi bien dans la province de Nuoro (y compris l'Ogliastra) que dans la province d'Oristano.



* Comprend Hi-Q Diesel, Gasolio Oro Diesel, Gasolio, HiQ Perform+, Blue Diesel, Excellium Diesel

**Comprend Blue Super et Benzina

Source: élaborations REF-E à partir des données MSE

Figure 52. Sardaigne: distributeurs par province et par type de carburant fourni, Septembre 2020 (nombre)

5. Estimation des flux de trafic léger/lourd sur le réseau routier sarde

5.1 Généralités

Afin de disposer d'un outil approprié pour l'estimation du potentiel de pénétration du méthane routier, un affinement du modèle national de simulation multimodale et multiscale ITRaM (Italian Transport Model) a été réalisé sur l'ensemble du territoire régional⁹. Compte tenu des objectifs du projet, l'opération s'est limitée au module de transport privé uniquement.

Ce modèle, se référant à une journée ouvrée moyenne de 2019, permet de reconstituer la structure actuelle des flux de trafic circulant sur le réseau, en particulier ceux relatifs aux véhicules lourds.

Dans la suite du chapitre, sont illustrés, dans l'ordre, la méthodologie adoptée pour l'élaboration du modèle (§ *Aspects méthodologiques*), le zonage de référence (§ *Zonage de référence*), les éléments de base utilisés pour reconstituer la demande et l'offre de transport (§ *Graphe routier ; § Matrice O/D*), les résultats de la calibration du modèle (§ *Calibration du modèle*) et les résultats obtenus, en termes de reconstruction des charges des véhicules sur le réseau routier examiné (§ *Simulation de l'état de fait*).

5.2 Aspects méthodologiques

Un modèle de trafic est un outil mathématique qui permet de reproduire, de manière approximative, le fonctionnement d'un système de transport.

Il repose essentiellement sur deux types d'entrées :

- la description de la **demande de mobilité**, représentée comme la matrice origine/destination (O/D) des mouvements de personnes, de marchandises ou de véhicules à l'intérieur la zone
- la **description de l'offre de transport**, obtenue en reliant les caractéristiques de chacun des axes de trafic à une structure mathématique appelée graphe, composée de nœuds et d'arcs qui les relient, dotés de coordonnées appropriées (par exemple, la longueur, le nombre de voies, etc.).

Le modèle combine ces données en attribuant la matrice O/D au graphe, c'est-à-dire en identifiant, pour chaque déplacement depuis chaque zone d'origine vers chaque zone de destination, effectué pour une raison donnée, le meilleur parcours par rapport aux coûts perçus par les utilisateurs en termes de temps de trajet, de tarifs et de distances parcourues.

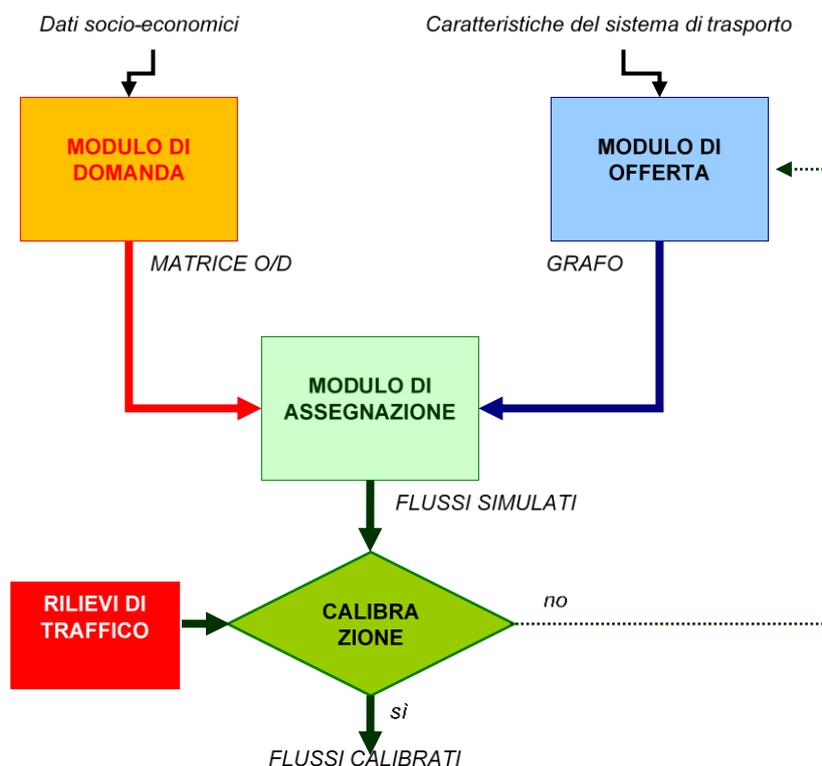
⁹ Plus d'informations concernant le modèle ITRaM sur <https://metaplanning.it/atlante/>

En additionnant tous les déplacements attribués à chaque parcours, il est possible d'estimer les flux de trafic sur tous les arcs du graphe.

Étant donné que certaines coordonnées des arcs - et en particulier le temps de parcours - dépendent à leur tour du nombre de déplacements attribués aux arcs eux-mêmes, cette procédure doit être répétée plusieurs fois afin d'obtenir un équilibre entre les coûts de transport calculés et le choix des parcours par les utilisateurs du système.

Pour être fiable, chaque modèle de trafic doit s'avérer capable de reproduire, avec une approximation raisonnable, une situation de trafic réelle. Par conséquent, les flux simulés par le modèle doivent être comparés à ceux relevés dans la réalité, généralement par des comptages de trafic, manuels ou automatiques, effectués indépendamment de la construction du modèle. La comparaison entre les flux simulés et les flux relevés prend le nom de calibration du modèle et peut donner lieu à des ajustements ciblés des entrées.

Une fois calibré, le modèle est en mesure de simuler des scénarios prévisionnels, indicatifs des conditions de trafic attendues suite à des changements dans la demande de mobilité (par exemple, croissance démographique, nouvelles implantations urbaines, etc.), ou dans l'offre de transport (par exemple, nouvelles liaisons routières, création de zones à trafic limité, etc.).



Source : élaboration META

Figure 53. Schéma logique des simulations de trafic

Par rapport aux enquêtes menées sur un ensemble nécessairement limité de stations, le modèle permet d'estimer les volumes de trafic et les conditions de flux véhicule correspondantes sur tous les arcs du graphe. Cela permet d'évaluer une série d'indicateurs importants tels que, par exemple, le total des distances parcourues par les véhicules à l'intérieur du territoire communal et les temps de trajet correspondants.

En appliquant à ces indicateurs les paramètres de consommation unitaires des véhicules circulant dans la zone, il est enfin possible d'estimer la quantité de carburant consommée par le trafic de véhicules dans la zone examinée.

Ces indicateurs représentent le point de référence fondamental pour l'évaluation de la consommation totale journalière, mensuelle et annuelle.

5.3 Zonage de référence

Dans sa configuration nationale, le modèle ITraM est basé sur 1784 zones, dont 87 se rapportent au territoire de la Région Sardaigne.

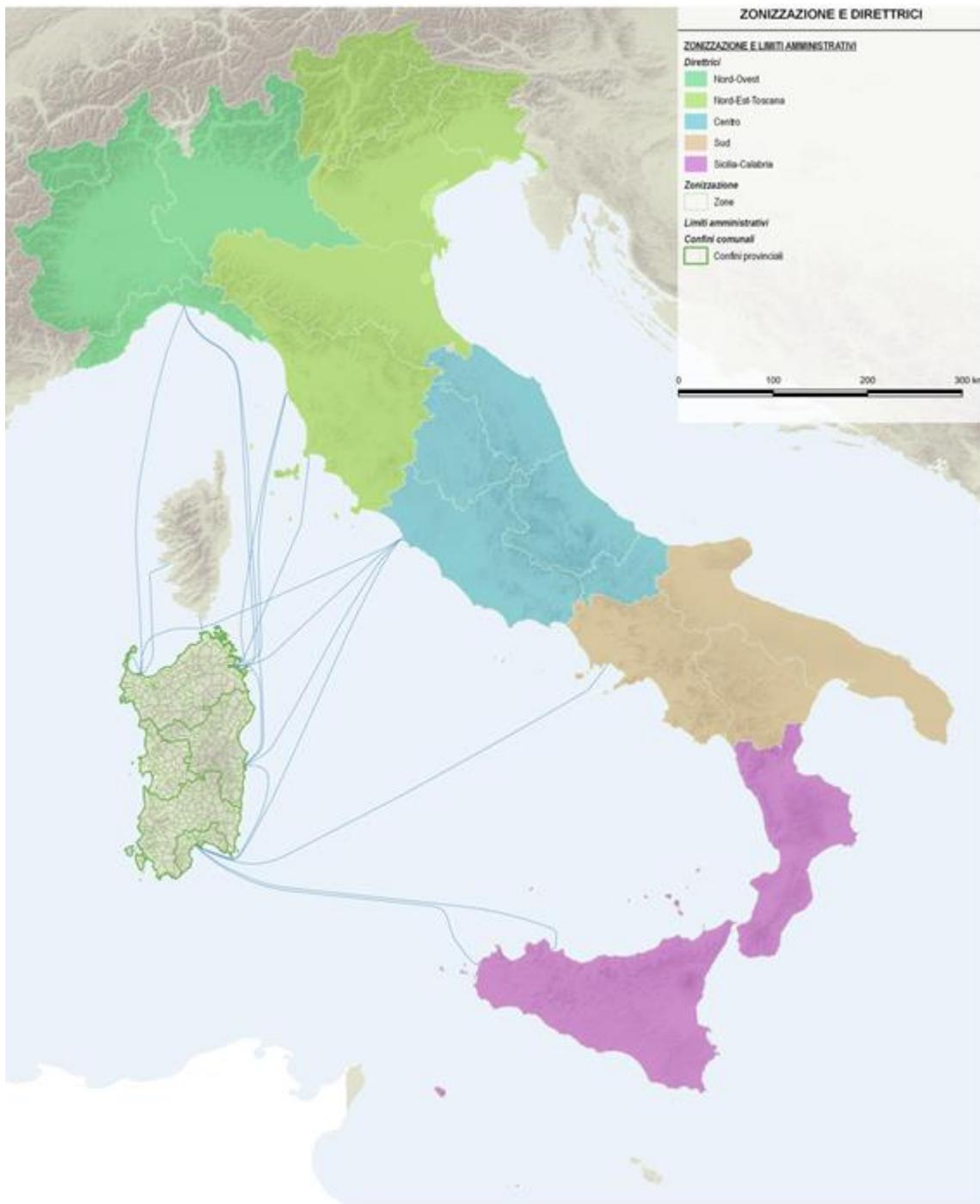
Pour une plus grande précision dans les élaborations, une agrégation des zones extérieures à la Région a été réalisée, ainsi qu'un affinement des zones intérieures.

En particulier, sur la base des liaisons navales disponibles, 5 axes extérieurs ont été identifiés (**Figure 54**) :

- Axe Nord-Ouest
- Axe Nord-Est+Toscane
- Axe Centre
- Axe Sud
- Axe Calabre et Sicile

Inversement, les zones à l'intérieur de la Région ont été davantage affinées, passant de 87 à 417 (Figure 55), dont :

- **186 renvoient à des Communes prises isolément**
- **172 résultent de la répartition des Communes les plus peuplées et/ou les plus étendues en plusieurs zones**
- **59 résultent enfin de l'agrégation de plusieurs Communes en une seule zone.**



Source : élaboration META
 Figure 54. Axes extérieurs



Source : élaboration META
 Figure 55. Zonage interne

5.4 Graphe routier

Le modèle de trafic reproduit les caractéristiques du réseau routier à travers un objet mathématique appelé **graphe** et constitué de :

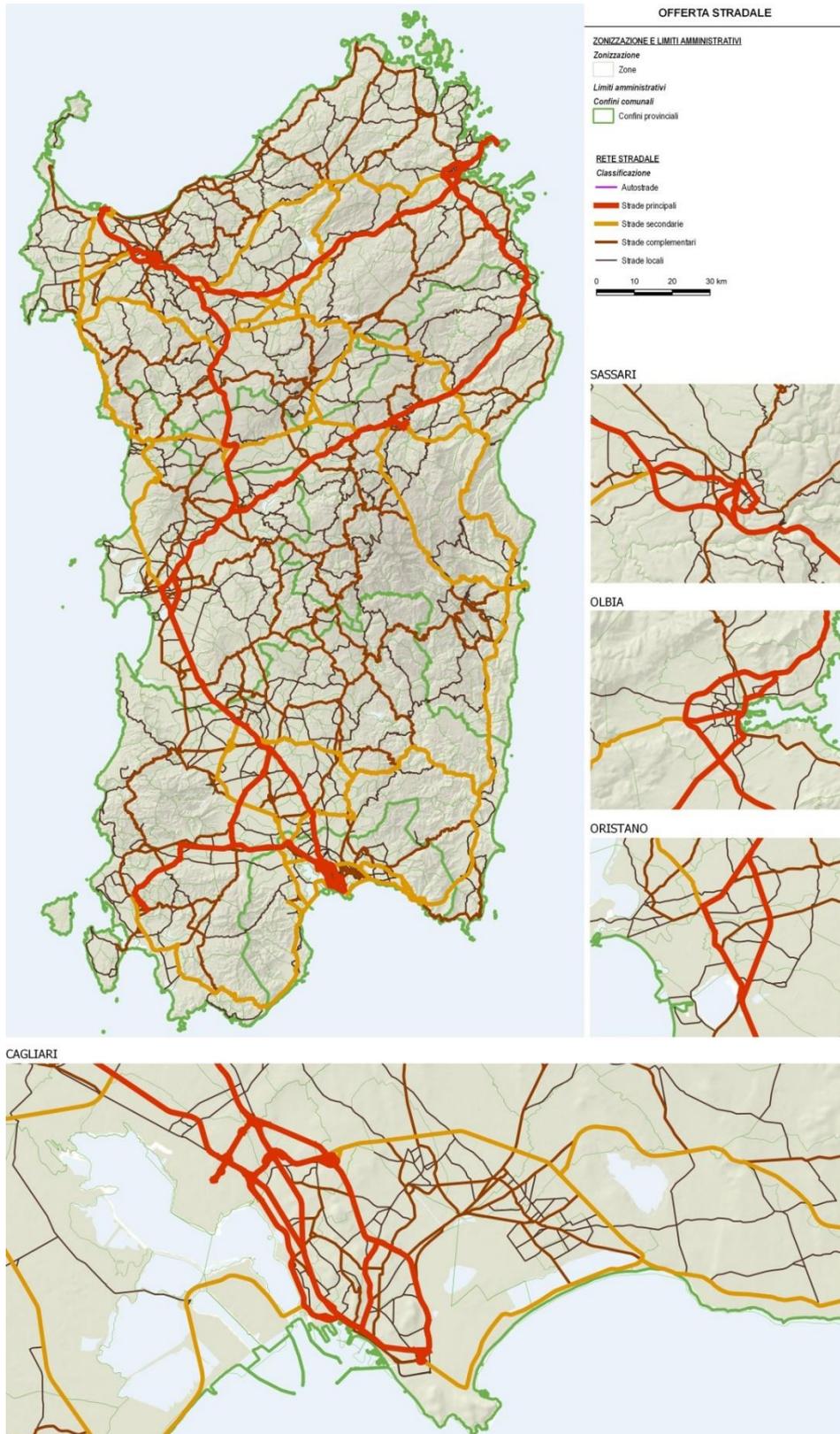
- un ensemble de **nœuds**, correspondant aux croisements
- un ensemble d'**arcs**, correspondant aux liaisons routières entre les mêmes nœuds.

Chacun de ces objets est décrit au moyen de coordonnées appropriées qui en identifient les caractéristiques géométriques et fonctionnelles capables d'influencer le flux de véhicules. Par exemple, les arcs sont décrits en fonction du sens de la marche, du nombre de voies, de la déclivité, etc.

En combinant les coordonnées entre elles, il est possible de définir les grandeurs fondamentales qui régulent le flux de véhicules sur chaque portion du graphe, comme notamment la **vitesse de base** (c'est-à-dire la vitesse moyenne qui peut être maintenue sur l'arc par un véhicule en l'absence de trafic) et la **capacité** (c'est-à-dire le nombre maximum de véhicules pouvant passer par l'arc dans une période de temps donnée). Chaque arc est alors caractérisé par une **fonction de flux** $t = t(F)$ qui indique le temps de parcours, t , en fonction du flux de trafic, F .

À noter que la **classification du réseau** est effectuée en fonction des caractéristiques géométriques et fonctionnelles des routes et des connecteurs le long de l'itinéraire, et ne se veut pas une classification administrative du réseau.

Plus précisément, le graphe utilisé se compose de 7.166 arcs unidirectionnels et 2.700 nœuds, pour une étendue globale de réseau d'environ 7.700 km, dont 600 concernent les routes principales (par exemple la RN 131 Carlo Felice), 1.100 les routes secondaires, 2.100 les routes complémentaires et enfin 3.900 les routes locales (**Figure 56**).



Source : élaboration META

Figure 56. Modèle de trafic national i-TraM : graphe routier Région Sardaigne

5.5 Matrice O/D

Une fois la configuration du réseau routier décrite, le modèle doit reproduire les déplacements effectués sur celui-ci par chaque véhicule. Pour ce faire, on utilise une **matrice origine/destination (O/D)** qui décrit la **demande de mobilité** existant dans une zone donnée, en identifiant le nombre de véhicules qui doivent s'y déplacer dans une période de temps donnée.

La matrice décrit chaque déplacement en identifiant la zone de trafic où il commence (origine) et la zone de trafic où il se termine (destination).

Dans le cas du modèle de la Sardaigne, la matrice utilisée résulte de l'affinement de celle utilisée dans le modèle ITraM, ramenée à un zonage plus fin à l'intérieur du secteur d'analyse sur la base de coefficients de génération et d'attraction spécifiques¹⁰:

La matrice qui en résulte se compose notamment des composantes de demande suivantes:

- les déplacements systématiques, qui se distinguent entre **études et travail** et dérivés de la matrice OD ISTAT de 2011
- les déplacements occasionnels, qui se distinguent entre **voyages d'affaires, personnels et de loisirs** et préalablement calculés à l'échelle nationale selon des algorithmes consolidés de génération, de distribution et de répartition modale
- les déplacements des véhicules **lourds** (> 3.5 tonnes), obtenus en répartissant la matrice européenne ETIS/Transtools décrivant les échanges interprovinciaux sur la base de descripteurs territoriaux appropriés, représentatifs des principales catégories de produits.

Afin d'en assurer la comparabilité réciproque, toutes les valeurs relatives aux flux de véhicules ont été exprimées en véhicules équivalents¹¹.

Dans l'ensemble, la matrice O/D journalière attribuée par le modèle de trafic comprend environ 1.6 million de déplacements de véhicules/jour, dont près de 13.000 sont effectués par des véhicules lourds et le reste par des automobiles (**Tableau 3**).

Dans le cas des véhicules légers, la plupart des déplacements se font à l'intérieur des provinces et se concentrent donc sur la diagonale. La matrice des véhicules lourds est

¹⁰ Les coefficients de génération ont été calculés sur la base des densités d'habitation de chaque zone tandis que les coefficients d'attraction ont été calculés sur la base de la répartition des personnes occupées. Ces répartitions ont été calculées grâce à l'utilisation des données recensées par l'ISTAT (INSEE italien) 2011 par zone de recensement.

¹¹ La traduction en véhicules équivalents consiste à attribuer à une catégorie de véhicules (par exemple, les véhicules lourds) un poids en véhicules légers en se basant sur l'encombrement déterminé sur la chaussée par un seul véhicule de cette catégorie. Sur la base également de la composition des flux lourds issue des relevés de trafic, il a été décidé dans ce cas précis de considérer qu'en moyenne un véhicule lourd équivaut à 2 véhicules légers.

davantage répartie: la diagonale a un poids inférieur et les relations les plus pertinentes sont les déplacements à l'intérieur de la Ville Métropolitaine de Cagliari et les déplacements entre Cagliari et Sassari.

| REGIONE SARDEGNA | | | | | | | |
|------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------|------------------|
| MATRICE SPOSTAMENTI STRADALI | | | | | | | |
| (veicoli/giorno) | | | | | | | |
| LEGGERI | | | | | | | |
| | 90 | 95 | 91 | 111 | 92 | OTH | TOTALE |
| 90 Prov. Sassari | 440.705 | 1.626 | 8.788 | 203 | 566 | 242 | 452.129 |
| 95 Prov. Oristano | 1.626 | 116.525 | 5.237 | 6.300 | 2.136 | 71 | 131.895 |
| 91 Prov. Nuoro | 8.788 | 5.237 | 137.960 | 1.383 | 1.048 | 95 | 154.512 |
| 111 Prov. Sud Sardegna | 203 | 6.300 | 1.383 | 227.499 | 38.618 | 146 | 274.149 |
| 92 Prov. Cagliari | 566 | 2.136 | 1.048 | 38.618 | 547.457 | 212 | 590.037 |
| OTH Continente | 242 | 71 | 95 | 146 | 212 | - | 765 |
| TOTALE | 452.129 | 131.895 | 154.512 | 274.149 | 590.037 | 765 | 1.603.487 |

| PESANTI | | | | | | | |
|------------------------|--------------|------------|------------|--------------|--------------|--------------|---------------|
| | 90 | 95 | 91 | 111 | 92 | OTH | TOTALE |
| 90 Prov. Sassari | 1.505 | 171 | 77 | 267 | 247 | 512 | 2.778 |
| 95 Prov. Oristano | 171 | 145 | 27 | 120 | 158 | 71 | 693 |
| 91 Prov. Nuoro | 77 | 27 | 74 | 53 | 105 | 70 | 407 |
| 111 Prov. Sud Sardegna | 267 | 120 | 53 | 913 | 1.734 | 338 | 3.425 |
| 92 Prov. Cagliari | 247 | 158 | 105 | 1.734 | 1.856 | 209 | 4.309 |
| OTH Continente | 512 | 71 | 70 | 338 | 209 | - | 1.200 |
| TOTALE | 2.778 | 693 | 407 | 3.425 | 4.309 | 1.200 | 12.811 |

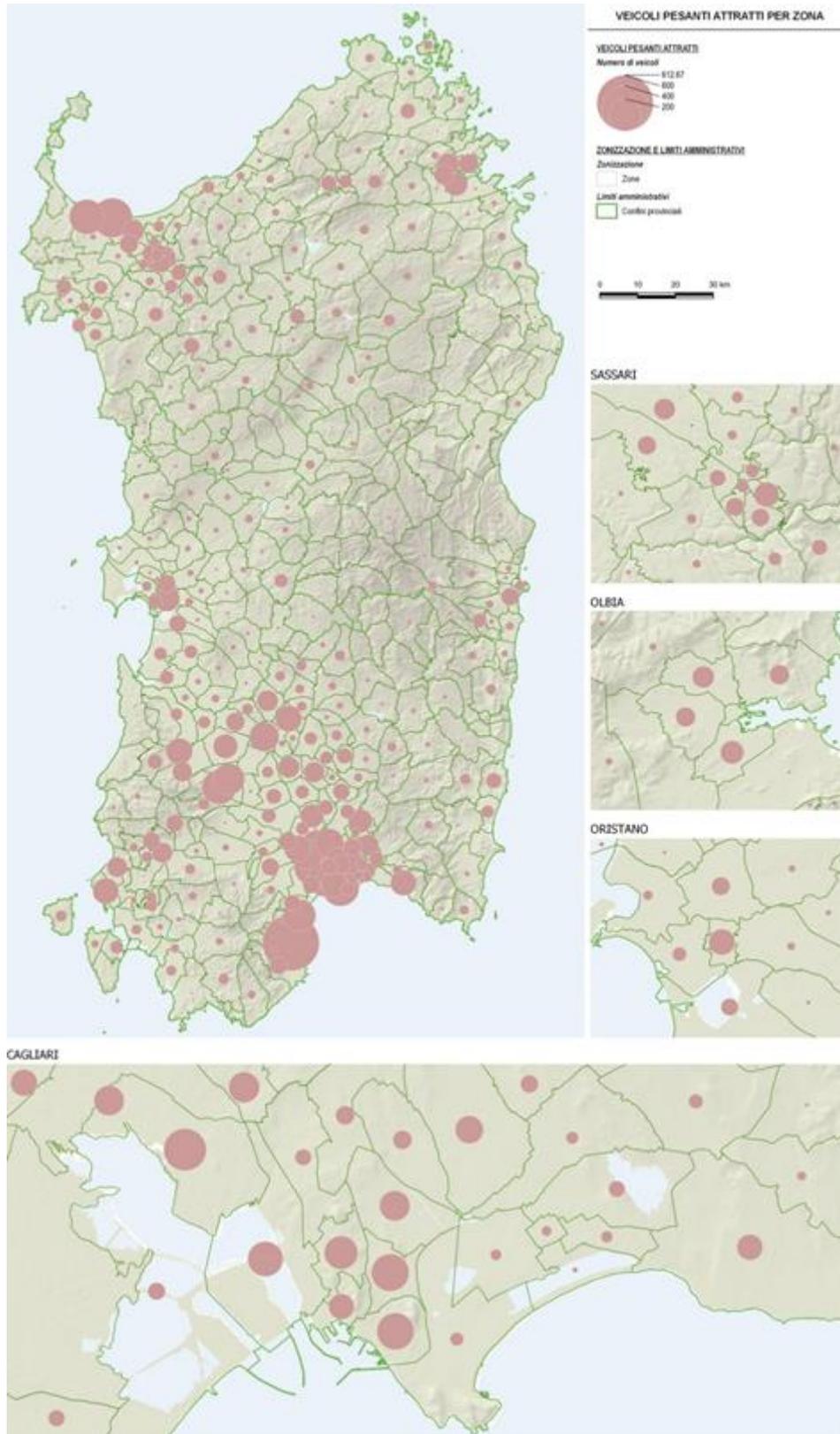
| TOTALI | | | | | | | |
|------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|--------------|------------------|
| | 90 | 95 | 91 | 111 | 92 | OTH | TOTALE |
| 90 Prov. Sassari | 442.209 | 1.797 | 8.865 | 470 | 813 | 753 | 454.906 |
| 95 Prov. Oristano | 1.797 | 116.671 | 5.264 | 6.420 | 2.295 | 142 | 132.588 |
| 91 Prov. Nuoro | 8.865 | 5.264 | 138.035 | 1.436 | 1.153 | 165 | 154.918 |
| 111 Prov. Sud Sardegna | 470 | 6.420 | 1.436 | 228.412 | 40.352 | 484 | 277.574 |
| 92 Prov. Cagliari | 813 | 2.295 | 1.153 | 40.352 | 549.313 | 421 | 594.346 |
| OTH Continente | 753 | 142 | 165 | 484 | 421 | - | 1.965 |
| TOTALE | 454.906 | 132.588 | 154.918 | 277.574 | 594.346 | 1.965 | 1.616.298 |

Source : élaboration META

Tableau 3. Matrice OD par composante de véhicule

En attribuant à chaque zone le total des flux attirés, il est possible d'avoir une représentation cartographique des principaux systèmes territoriaux (**Figure 57**). En particulier, dans le cas des flux des véhicules lourds, il se dégage trois concentrations:

- au Nord, le système de Sassari-Alghero, y compris Porto Torres, et d'Olbia
- au centre, les centres d'Oristano et, dans une moindre mesure, de Tortolì
- au sud, où se concentrent les attracteurs les plus importants, le système de Cagliari, y compris la raffinerie de Sarroch. On constate également la présence de plusieurs attracteurs de calibre moyen dans le quadrant au nord-ouest de Cagliari (par exemple, Sanluri, Villacidro, Iglesias).



Source : élaboration META
 Figure 57. Déplacements lourds attirés par zone

5.6 Calibration du modèle

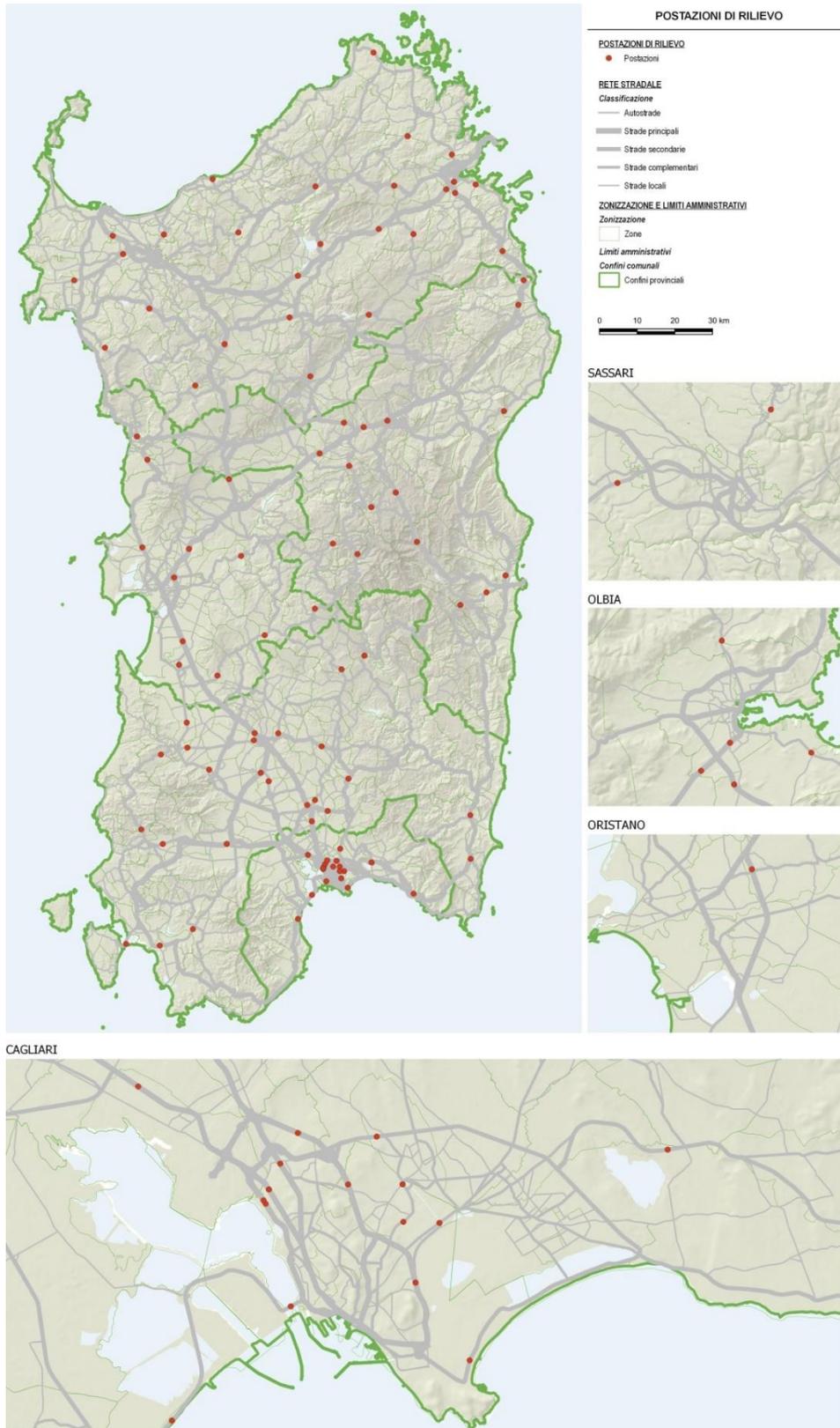
La fiabilité du modèle est liée à sa capacité à reproduire, avec une approximation suffisante, les flux de véhicules relevés sur le réseau routier. Par conséquent, il est nécessaire de soumettre préalablement le modèle lui-même à une phase de **calibration** précise, visant à «mettre au point» les coordonnées du graphe et de la matrice.

Dans le cas du modèle de la Région Sardaigne, la calibration a été effectuée sur la base des données de trafic mises à disposition par deux sources principales :

- Les données TGM ANAS, calculées grâce au réseau de capteurs PANAMA et disponibles pour les années 2013-2019. La moyenne bidirectionnelle des véhicules légers et lourds circulant sur une journée moyenne est reportée pour chaque station. Puisque les données de 2019 n'étaient pas disponibles pour toutes les stations, on a pris pour chacune d'elles l'année la plus récente disponible.
- Les données de la Salle de contrôle de la mobilité de la Commune de Cagliari, qui restituent le cordon de Cagliari sur la base de 9 stations. Pour chaque station, le nombre total de véhicules en transit par direction est indiqué, mais sans distinction entre les véhicules légers et les véhicules lourds.

Il convient de souligner qu'à l'exception de Cagliari, les principaux centres urbains ne disposent pas d'une couverture de stations suffisante pour vérifier avec précision la correspondance entre ce qui a été simulé et la structure réelle des flux de véhicules.

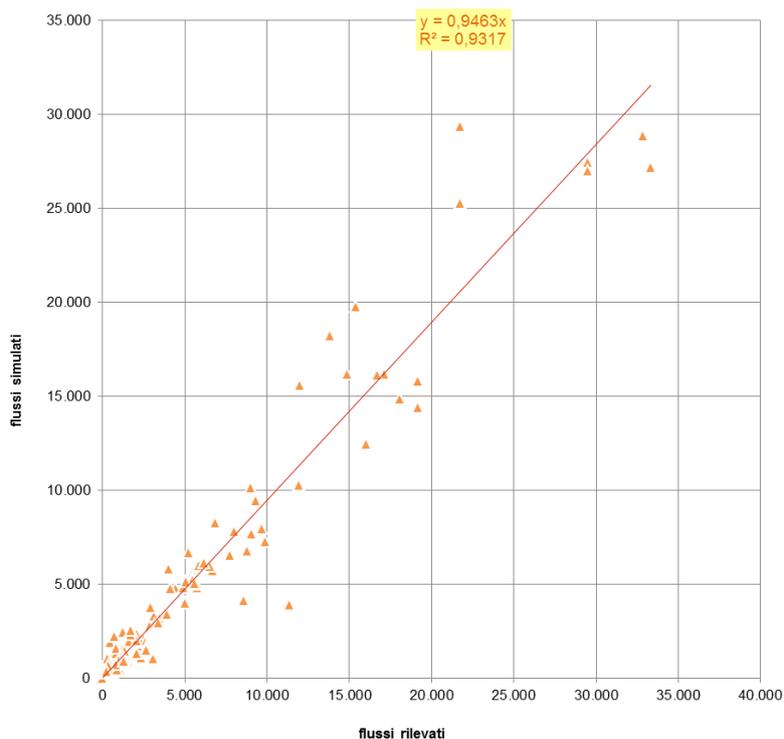
L'image suivante (**Figure 58**) montre la localisation des points de calibration utilisés sur l'ensemble du territoire régional.



Source : élaboration META

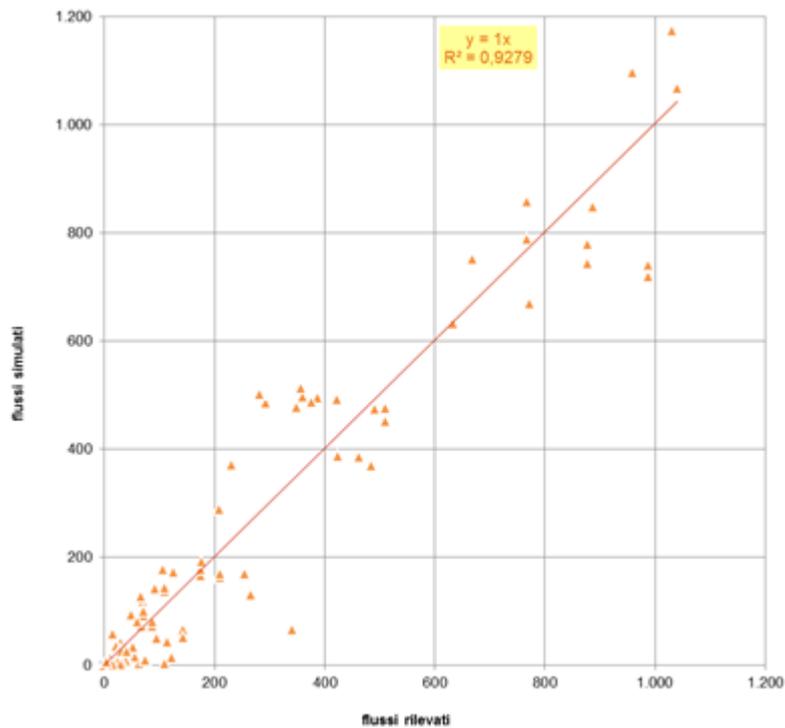
Figure 58. Localisation des stations de relevé

La comparaison entre les flux relevés et les flux simulés par le modèle de trafic montre qu'un bon niveau de corrélation a été atteint, avec un paramètre R^2 égal à 0.93 sur l'ensemble du réseau et une ordonnée de 0.94 sur le nombre total de véhicules en circulation (**Figure 59**). Pour les véhicules lourds, en revanche, l'ordonnée est égale à 1 tandis que R^2 avoisine 0.93 (**Figure 60**).



Source : élaboration META

Figure 59. Calibration du modèle régional – total des flux



Source : élaboration META

Figure 60. Calibration du modèle régional - flux lourds

5.7 Simulation de l'état de fait

Le modèle de simulation du trafic, correctement calibré, décrit de manière raisonnablement précise les charges des véhicules sur le réseau routier régional au cours d'une journée ouvrée moyenne.

En ce qui concerne le réseau primaire et de distribution, directement affecté par les comptages de trafic utilisés lors de la phase de calibration, sa fiabilité reflète les conditions décrites au paragraphe précédent tandis que pour le réseau strictement local, les résultats obtenus prennent une valeur plus indicative pouvant être mieux définie dans des phases ultérieures si des relevés sur le terrain sont disponibles.

En observant le fluxogramme des charges de véhicules simulées sur chaque arc routier, illustré dans les images suivantes, il est possible de reconnaître certaines caractéristiques particulières du trafic qui concernent le réseau routier régional.

En particulier, il est évident que le trafic routier global (**Figure 61**) se développe principalement dans la **Ville Métropolitaine de Cagliari**, d'abord dans la zone urbaine de manière diffuse, puis le long des principaux axes suivants :

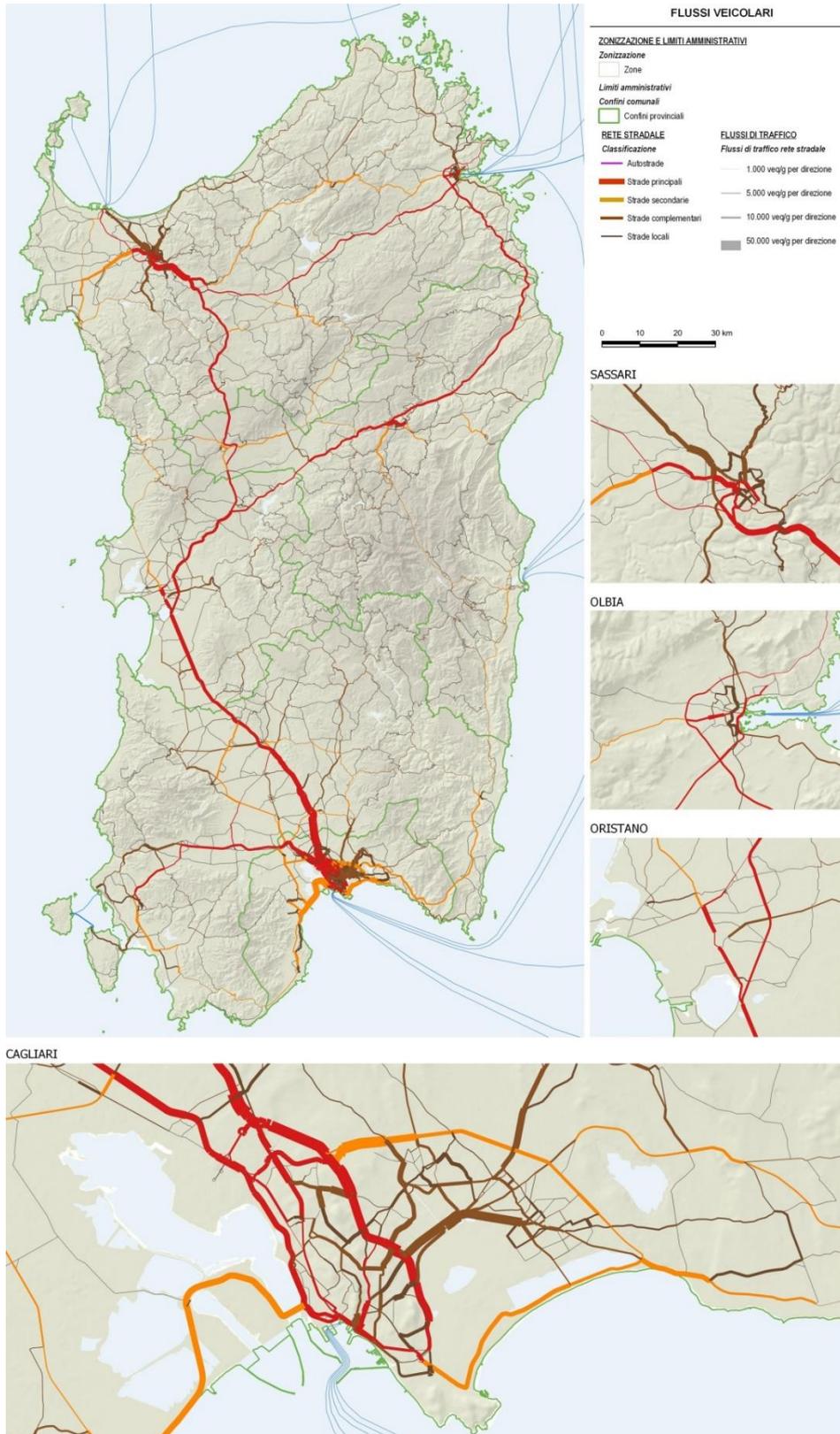
- en direction du Nord : Oristano avec embranchements correspondants vers l'arrière-pays

- en direction de l'Ouest : Siliqua, Iglesias, Sant'Anna Arresi, Sant'Antiococ
- en direction de l'Est : Villasimius avec continuation le long de la côte vers Arbatax.

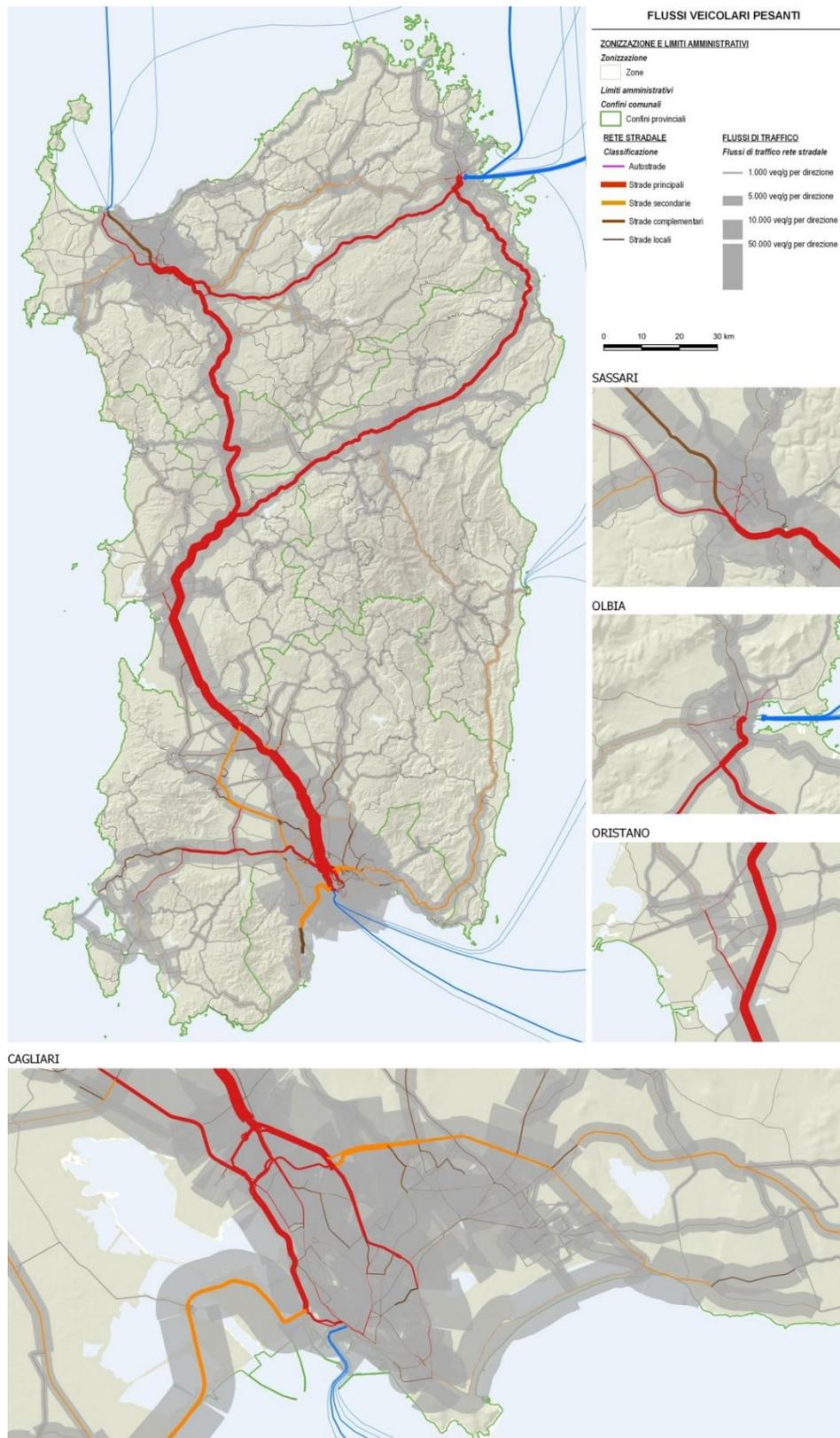
Au nord de l'île, le trafic des véhicules légers se développe principalement dans la zone urbaine de **Sassari-Porto Torres-Alghero**, dans celle d'**Olbia** et de **Nuoro** et le long des axes de liaison entre les trois pôles. Par rapport au système de Cagliari, les flux sont davantage répartis sur le reste du réseau routier.

Le flux lourd (Figure 62) se concentre sur un ensemble limité d'infrastructures routières :

- la RN 131 Carlo Felice s'avère être la route avec les charges lourdes les plus élevées, en particulier dans le sud de l'île. Au nord, tout en conservant un rôle de premier plan, les flux sont en effet davantage répartis
- le long de la Variante RN 126 au sud-ouest de la Sardaigne
- la RN 131 DCN Embranchement Central de Nuoro pour les liaisons Oristano-Olbia
- en direction de l'Ouest le long du premier tronçon de la RN 130 d'Iglesias jusqu'à la RN 293 à partir de laquelle les flux se divisent en se réduisant encore
- en direction de l'Est Villasimius avec continuation le long de la côte en réduction constante jusqu'à Arbatax.



Source : élaboration META
 Figure 61. Total des flux de véhicules – état de fait



Source : élaboration META
 Figure 62. Flux des véhicules lourds – état de fait

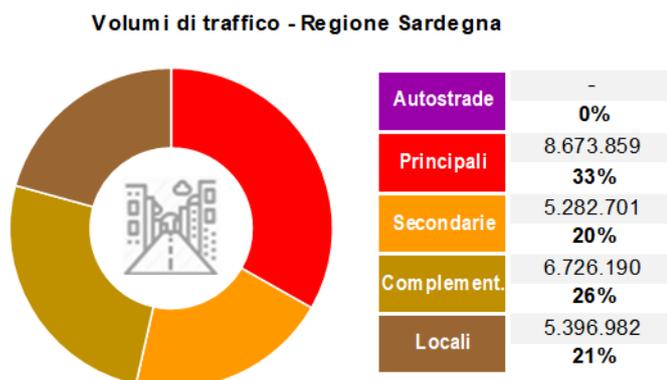
L'utilisation d'un modèle de simulation présente également l'avantage, non secondaire, de permettre de tirer des statistiques agrégées qui décrivent de manière synthétique la «quantité de trafic» présente et/ou attendue sur le territoire régional.

Ces statistiques sont exprimées selon 2 grandeurs types, définies de la façon suivante :

- **volume total de trafic**, correspondant à la somme des distances parcourues par tous les véhicules dans la zone examinée au cours d'une période donnée, exprimé en véhicules x kilomètre journaliers (*vkm/jour*)
- **temps de parcours global**, correspondant à la somme des temps mis par chaque véhicule pour parcourir les arcs routiers, exprimé en véhicules x heure, toujours journaliers (*vh/jour*).

Le rapport entre ces deux indicateurs donne la vitesse de flux moyenne sur le graphe, exprimée en *vkm* : $vh = km/h$.

Au total, en une journée « moyenne » (ouvrée, en hiver et période scolaire), 26 millions de véhicules équivalents*km/jour ont été simulés sur le réseau routier régional (**Figure 63** et **Tableau 4**). Ces flux se concentrent de manière similaire entre le réseau principal (33%) et le réseau complémentaire (26%). Les parts du réseau secondaire (20%) et du réseau local (21%) sont elles aussi similaires. Les kilométrages globaux s'élèvent à près de 440.000 véhicules*heure/jour, pour une vitesse moyenne de près de 60 km/h, avec des valeurs plus élevées sur le réseau principal (plus de 80 km/h) et plus contenues sur le réseau local (40 km/h).



Source : élaboration META
 Figure 63. Résumé des kilométrages globaux

| VOLUMI E PERCORRENZE - Regione Sardegna | | | | |
|---|----------------|-------------------|----------------|-------------|
| CLASSE | Estesa | Volumi | Tempi | Velocità |
| | km | veq*km/giorno | veic*/h/giorno | km/h |
| Principali | 596 | 8.673.859 | 93.473 | 86,3 |
| Secondarie | 1.122 | 5.282.701 | 83.658 | 61,3 |
| Complement. | 2.052 | 6.726.190 | 131.893 | 50,3 |
| Locali | 3.937 | 5.396.982 | 128.789 | 41,4 |
| Navigazione | 1.259 | 593.774 | 20.008 | 29,7 |
| TOTALE | 8.965,5 | 26.079.731 | 437.813 | 59,6 |

Source : élaboration META

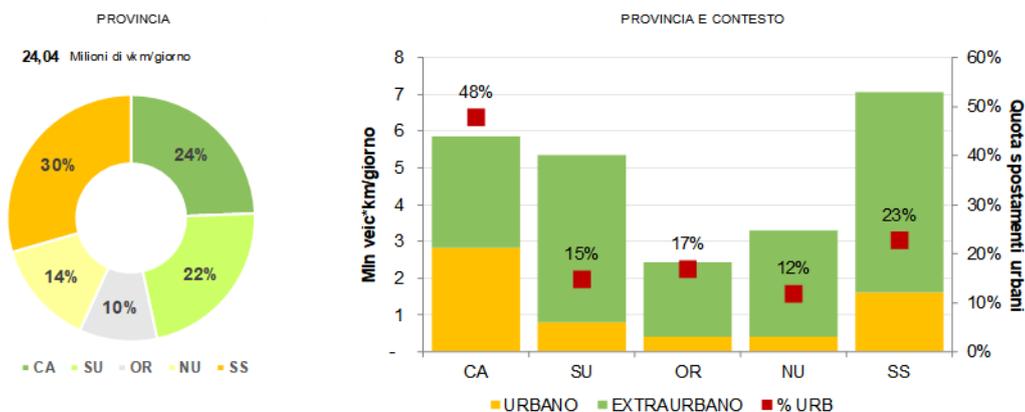
Tableau 4. Volumes et kilométrages

Il est par ailleurs possible d'articuler ces statistiques par macro-catégorie de véhicules (légers/lourds), territoire traversé (provinces) et type de contexte (urbain/extra-urbain).

En ce qui concerne les véhicules légers, les 24 millions de véhicules*km/jour se répartissent en parts similaires entre la Province de Sassari (30%), la Ville Métropolitaine de Cagliari (24%) et la Province de la Sardaigne du Sud (22%) tandis que les Provinces de Nuoro (12%) et d'Oristano (10%) sont de moindre importance. Dans la Ville Métropolitaine, près de la moitié des déplacements se font en zone urbaine (48%), un chiffre qui tombe à moins d'un quart à Sassari (23%) et à des valeurs encore plus basses à Oristano (17%), en Sardaigne du Sud (15%) et à Nuoro (12%).

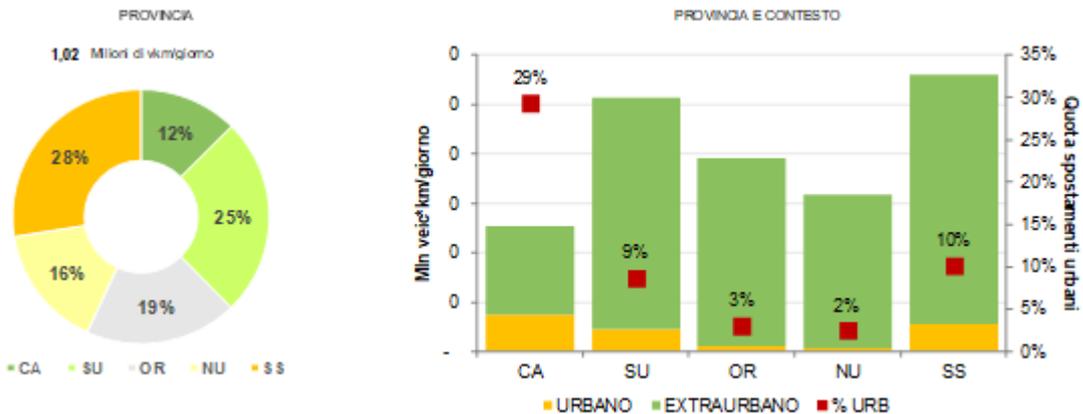
En ce qui concerne la répartition des kilométrages des véhicules lourds, la principale province de référence reste Sassari (28%), suivie de la Sardaigne du Sud (25%), Oristano (19%), Nuoro (16%) et Cagliari (12%). L'incidence des déplacements urbains est nettement inférieure à celle du cas précédent, avec une valeur maximale de 29% à Cagliari et, pour les autres cas, inférieure ou égale à 10%.

Cette différence entre véhicules légers et véhicules lourds confirme la géographie différente des déplacements pour les deux catégories de véhicules, où les flux légers ont tendance à se concentrer sur les pôles urbains tandis que les flux lourds ont tendance à traverser l'ensemble de l'île, en reliant notamment Cagliari-Oristano-Sassari/Olbia.



Source : élaboration META

Figure 64. Répartition des kilométrages des véhicules légers



Source : élaboration META

Figure 65. Répartition des kilométrages des véhicules lourds

Pour obtenir une vue d'ensemble des volumes et des kilométrages, les statistiques provenant du réseau attribué sont enfin intégrées de manière paramétrique avec celles relatives aux déplacements intra-zone et aux entrées/sorties du réseau. Dans les deux cas, ils sont appliqués à la matrice des longueurs et des temps de parcours moyens spécifiques par zone.

En ce qui concerne les **déplacements intra-zone**, la longueur moyenne est calculée comme distance moyenne à vol d'oiseau entre les différentes sections de recensement à l'intérieur de la zone. Les distances sont ensuite pondérées en fonction de la population qui y vit (donnée de 2011). En ce qui concerne les temps, ils sont quant à eux calculés sur la base de la vitesse moyenne du réseau à l'intérieur de la zone, en excluant les infrastructures les plus performantes, caractérisées par une vocation davantage interzonale. Il en résulte près de 350.000 véhicules équivalents*km/jour et 8.000 véhicules*h/jour, pour une vitesse moyenne de près de 43 km/h.

En ce qui concerne les **coûts d'entrée/sortie**, les longueurs sont calculées sur la base de la distance moyenne des sections de recensement par rapport au connecteur de zone tandis que les temps sont calculés comme dans le cas précédent. Il en résulte près de 2.7 millions de véhicules équivalents*km/jour et 0.5 million de véhicules*h/jour, pour une vitesse moyenne d'environ 35 km/h (**Tableau 5**).

| VOLUMI E PERCORRENZE - Regione Sardegna | | | |
|---|-------------------|----------------|-------------|
| CLASSE | Volumi | Tempi | Velocità |
| | veq*km/giorno | veic*h/giorno | km/h |
| Rete simulata | 26.079.731 | 437.813 | 59,6 |
| Intrazonali | 345.825 | 8.073 | 42,7 |
| Ingresso/Egresso | 2.691.546 | 75.491 | 35,3 |
| TOTALE | 29.117.103 | 521.377 | 53,9 |

Source : élaboration META

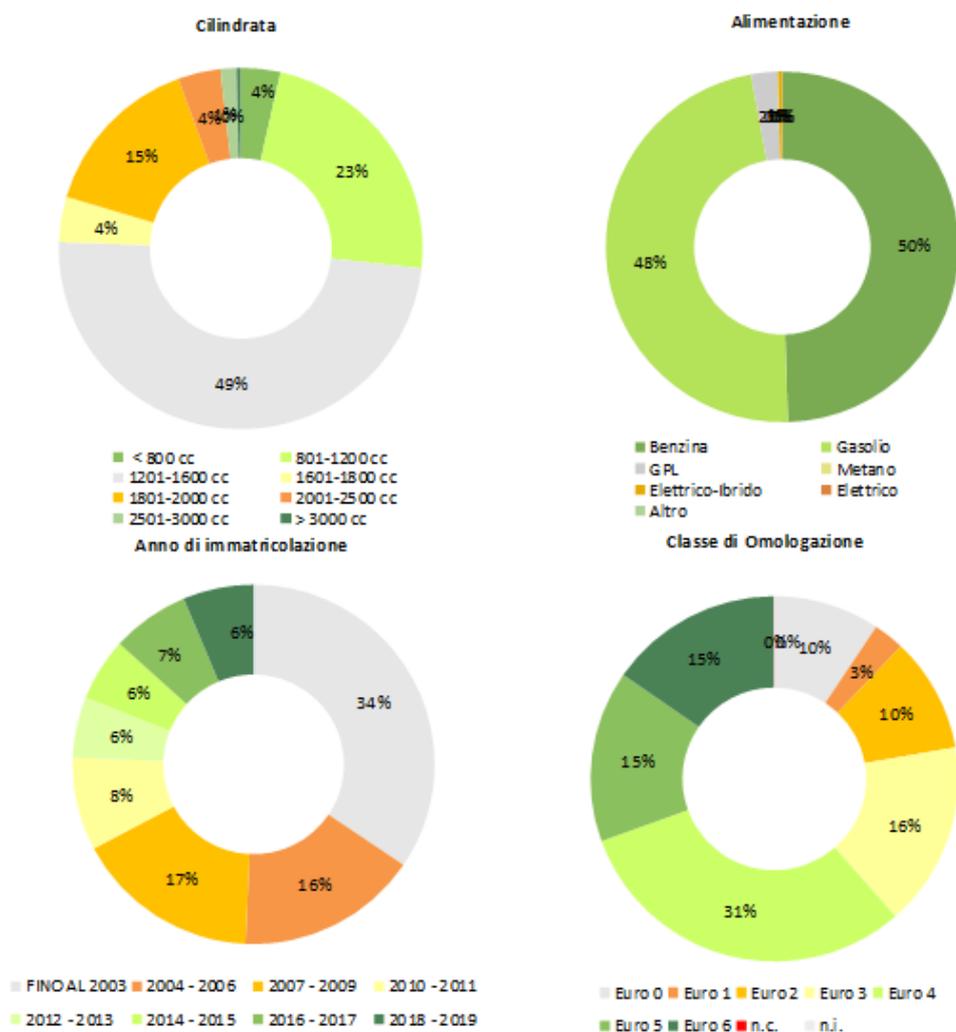
Tableau 5. Résumé des volumes et kilométrages de l'état de fait

6. Estimation ascendante de la consommation de diesel routier sur le réseau routier sarde (2019)

6.1 Analyse des données du parc automobile en Sardaigne

Sur la base des statistiques de l'ACI - Automobile Club d'Italie - relatives à la composition du parc automobile par province (Autoportrait), il est possible de définir les principales caractéristiques des véhicules actuellement immatriculés en Sardaigne. L'enquête couvre en effet des aspects tels que, par exemple, la cylindrée, l'année d'immatriculation, l'approvisionnement et la classe d'homologation. Pour les véhicules utilitaires, des informations sur la charge utile sont également disponibles.

Des statistiques distinctes pour les voitures particulières et les véhicules utilitaires (camionnettes et véhicules lourds) pour l'année 2019 sont présentées ci-dessous.



Source : élaboration META

Figure 66. Parc régional voitures particulières (2019)

En ce qui concerne le **parc des voitures particulières (Figure 62 et Tableau 6)**, les statistiques de l'ACI font état de la présence de 1.07 million de véhicules. Près de la moitié des cylindrées sont comprises entre 1.200 et 1.600 cm³, l'autre moitié se répartissant de manière similaire entre cylindrées supérieures et cylindrées inférieures. En ce qui concerne l'approvisionnement en carburant, la répartition essence/diesel est uniforme, avec des parts résiduelles pour les autres approvisionnements, en particulier le GPL (environ 2%). L'année médiane d'immatriculation est 2007 et, globalement, 60% du parc automobile a une classe d'homologation Euro 4 ou supérieure.

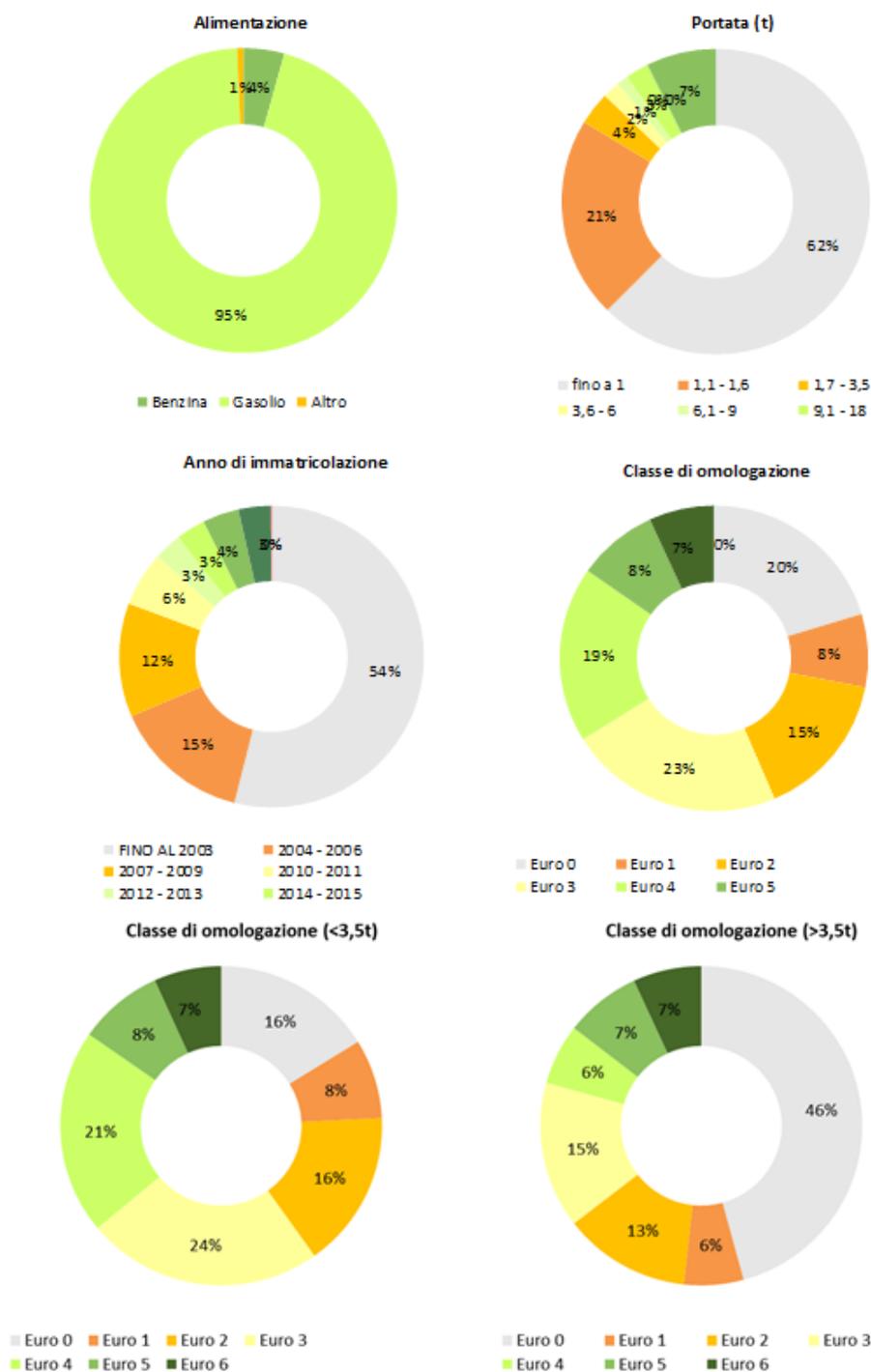
| Regione Sardegna | | | | | | | | | | | |
|--|------------------|----------------|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------|------------|------------------|
| AUTOVETTURE CIRCOLANTI PER ALIMENTAZIONE, CILINDRATA E CLASSE DI OMOLOGAZIONE (2019) | | | | | | | | | | | |
| CLASSE DI OMOLOGAZIONE UE | | | | | | | | | | | |
| Alimentazione | Cilindrata (cc) | Euro 0 | Euro 1 | Euro 2 | Euro 3 | Euro 4 | Euro 5 | Euro 6 | n.r. | n.i. | TOTALE |
| BENZINA | Fino a 1400 | 69.123 | 16.480 | 67.398 | 74.013 | 126.443 | 50.211 | 68.222 | | 571 | 472.461 |
| | 1401 - 2000 | 11.638 | 5.546 | 11.374 | 7.758 | 11.225 | 2.793 | 2.932 | | 65 | 53.329 |
| | Oltre 2000 | 1.048 | 306 | 589 | 570 | 1.128 | 228 | 251 | | 9 | 4.125 |
| | non identificato | 18 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 3 | 22 |
| Tot.BENZINA | | 81.827 | 22.333 | 79.361 | 82.339 | 138.794 | 53.230 | 71.405 | | 648 | 529.937 |
| GASOLIO | Fino a 1400 | 2.217 | 228 | 99 | 15.670 | 71.448 | 26.267 | 8.087 | | 0 | 124.014 |
| | 1401 - 2000 | 7.160 | 2.889 | 17.323 | 62.168 | 95.582 | 72.595 | 74.220 | | 5 | 331.942 |
| | Oltre 2000 | 5.434 | 2.799 | 9.489 | 13.087 | 12.237 | 6.823 | 4.595 | | 6 | 54.270 |
| | non identificato | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 3 |
| Tot.GASOLIO | | 14.814 | 5.316 | 26.911 | 90.925 | 179.265 | 105.485 | 86.902 | | 11 | 510.229 |
| BENZINA E GAS LIQUIDO | Fino a 1400 | 1.328 | 259 | 868 | 725 | 10.601 | 2.611 | 1.577 | | 3 | 17.970 |
| | 1401 - 2000 | 1.831 | 831 | 1.308 | 733 | 1.768 | 536 | 251 | | 3 | 7.259 |
| | Oltre 2000 | 118 | 51 | 110 | 104 | 204 | 11 | 1 | | 0 | 599 |
| | non identificato | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 1 |
| Tot.BENZINA O GAS LIQUIDO | | 3.276 | 1.141 | 2.284 | 1.562 | 12.573 | 3.158 | 1.829 | | 6 | 25.829 |
| BENZINA E METANO | Fino a 1400 | 53 | 10 | 38 | 17 | 130 | 121 | 42 | | 0 | 411 |
| | 1401 - 2000 | 30 | 14 | 29 | 22 | 45 | 7 | 6 | | 0 | 153 |
| | Oltre 2000 | 1 | 2 | 1 | 0 | 2 | 0 | 0 | | 0 | 6 |
| | non identificato | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 |
| Tot.BENZINA O METANO | | 84 | 26 | 68 | 39 | 177 | 128 | 48 | | 0 | 570 |
| ELETTRICO-IBRIDO | Fino a 1400 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | 55 | 210 | | 0 | 271 |
| | 1401 - 2000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 45 | 394 | 2.680 | | 0 | 3.119 |
| | Oltre 2000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 14 | 20 | 400 | | 0 | 434 |
| | elettrico 100% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 253 | 0 | 253 |
| Tot.ELETTRICO-IBRIDO | | 0 | 0 | 0 | 0 | 65 | 469 | 3.290 | 253 | 0 | 4.077 |
| ALTRE | = | 28 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 4 | 32 |
| Tot. ALTRE | | 28 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 4 | 32 |
| TOTALE COMPLESSIVO | | 100.029 | 29.416 | 108.624 | 174.865 | 330.874 | 162.470 | 163.474 | 253 | 669 | 1.070.674 |

Source : élaboration META sur les données ACI

Tableau 6. Parc régional voitures particulières (2019)

En ce qui concerne le **parc de véhicules utilitaires (Figure 63 et Tableau 7)**, il comprend environ 160 000 véhicules, dont plus de 85% ont une charge inférieure à 3.5 t (véhicules utilitaires légers) et les 15% restants une charge supérieure (véhicules utilitaires lourds). L'approvisionnement en carburant est pour 95% des véhicules basée sur le diesel tandis que les véhicules fonctionnant à l'essence représentent une part résiduelle et concentrée dans les petites charges. Plus de la moitié des véhicules ont été immatriculés avant 2003 et la classe d'homologation médiane est l'Euro III.

À noter qu'il existe de grandes différences entre la répartition par classes d'homologation des véhicules utilitaires légers par rapport aux véhicules utilitaires lourds, pour lesquels la classe d'homologation médiane est l'Euro I, la classe pour près de la moitié de ceux immatriculés étant l'Euro 0.



Source : élaboration META sur les données ACI
 Figure 67. Parc régional véhicules utilitaires (2019)

| Regione Sardegna | | | | | | | | | | | |
|---|-------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-----------|-----------|----------------|
| VEICOLI COMMERCIALI CIRCOLANTI PER ALIMENTAZIONE, PORTATA E CLASSE DI OMOLOGAZIONE (2019) | | | | | | | | | | | |
| CLASSE DI OMOLOGAZIONE UE | | | | | | | | | | | |
| Alimentazione | Portata (q.li) | Euro 0 | Euro 1 | Euro 2 | Euro 3 | Euro 4 | Euro 5 | Euro 6 | n.c. | n.d. | TOTALE |
| BENZINA | fino 3,5 t | 1.443 | 891 | 1.526 | 1.306 | 1.015 | 427 | 347 | - | 20 | 6.975 |
| | oltre 3,5 t | 84 | - | 2 | - | 1 | - | 1 | - | - | 88 |
| | trattori stradali | 2 | 1 | - | - | - | - | - | - | - | 3 |
| Tot.BENZINA | | 1.529 | 892 | 1.528 | 1.306 | 1.016 | 427 | 348 | - | 20 | 7.066 |
| BENZINA | fino 3,5 t | 203 | 41 | 47 | 40 | 535 | 68 | 63 | - | - | 997 |
| GAS LIQUIDO | oltre 3,5 t | 13 | - | - | - | - | - | - | - | - | 13 |
| | trattori stradali | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Tot.BENZINA E GAS LIQUIDO | | 216 | 41 | 47 | 40 | 535 | 68 | 63 | - | - | 1.010 |
| BENZINA | fino 3,5 t | 6 | 2 | 3 | 3 | 9 | 35 | 1 | - | - | 59 |
| METANO | oltre 3,5 t | - | - | 1 | - | - | - | - | - | - | 1 |
| | trattori stradali | - | - | - | - | - | - | 4 | - | - | 4 |
| Tot.BENZINA E METANO | | 6 | 2 | 4 | 3 | 9 | 35 | 5 | - | - | 64 |
| ELETTRICO | fino 3,5 t | - | - | - | - | 1 | 3 | 21 | 75 | - | 100 |
| IBRIDO | oltre 3,5 t | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | trattori stradali | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Tot.ELETTRICO E IBRIDO | | - | - | - | - |
| | fino 3,5 t | 20.678 | 10.154 | 20.386 | 31.469 | 27.068 | 11.245 | 8.900 | - | 14 | 129.914 |
| | 3,6 - 7,5 | 3.358 | 385 | 722 | 797 | 429 | 221 | 157 | - | 14 | 6.083 |
| | 7,6 - 12 | 2.824 | 308 | 475 | 474 | 205 | 162 | 126 | - | 11 | 4.585 |
| | 12,1 - 14 | 708 | 33 | 54 | 43 | 33 | 23 | 30 | - | 4 | 928 |
| | 14,1 - 20 | 1.248 | 224 | 434 | 433 | 199 | 172 | 150 | - | 12 | 2.872 |
| GASOLIO | 20,1 - 26 | 2.255 | 350 | 628 | 544 | 183 | 201 | 160 | - | 3 | 4.324 |
| (VI) | 26,1 - 28 | 14 | 4 | - | 1 | - | - | 6 | - | - | 25 |
| | 28,1 - 32 | 17 | 36 | 261 | 464 | 150 | 119 | 110 | - | 1 | 1.158 |
| | Oltre 32 | 48 | 7 | 6 | 5 | 8 | 2 | - | - | 1 | 77 |
| | fino a 14 | 171 | - | 5 | 5 | 4 | 5 | 1 | - | - | 191 |
| | 14,1 - 20 | 251 | 99 | 547 | 901 | 300 | 982 | 927 | - | - | 4.007 |
| | 20,1 - 28 | 39 | 8 | 27 | 25 | 13 | 15 | 10 | - | - | 137 |
| GASOLIO | 28,1 - 34 | 2 | - | 2 | 4 | 1 | - | 1 | - | - | 10 |
| (TS) | 34,1 - 40 | 1 | 2 | 5 | 3 | 1 | - | - | - | - | 12 |
| | 40,1 - 50 | - | 2 | 3 | 2 | - | 2 | 1 | - | - | 10 |
| | 50,1 - 60 | - | - | - | - | 1 | - | - | - | - | 1 |
| | Non definito | 392 | 35 | 21 | 3 | 3 | 7 | 32 | - | 5 | 498 |
| Tot.GASOLIO | | 32.006 | 11.647 | 23.576 | 35.173 | 28.598 | 13.156 | 10.611 | - | 65 | 154.832 |
| | fino 3,5 t | 4 | - | - | - | - | - | - | - | - | 4 |
| N.I. | oltre 3,5 t | 1 | - | - | - | - | - | - | - | 1 | 2 |
| | trattori stradali | 1 | - | - | 2 | - | - | - | - | - | 3 |
| Tot.ALTRE | | 6 | - | - | 2 | - | - | - | - | 1 | 9 |
| TOTALE COMPLESSIVO | | 33.763 | 12.582 | 25.155 | 36.524 | 30.159 | 13.689 | 11.048 | 75 | 86 | 163.081 |

Source : élaboration META sur les données ACI

Tableau 7. Résumé volumes et kilométrages de l'état de fait

6.2 Estimation des coefficients de consommation unitaires COPERT/CORINAIR

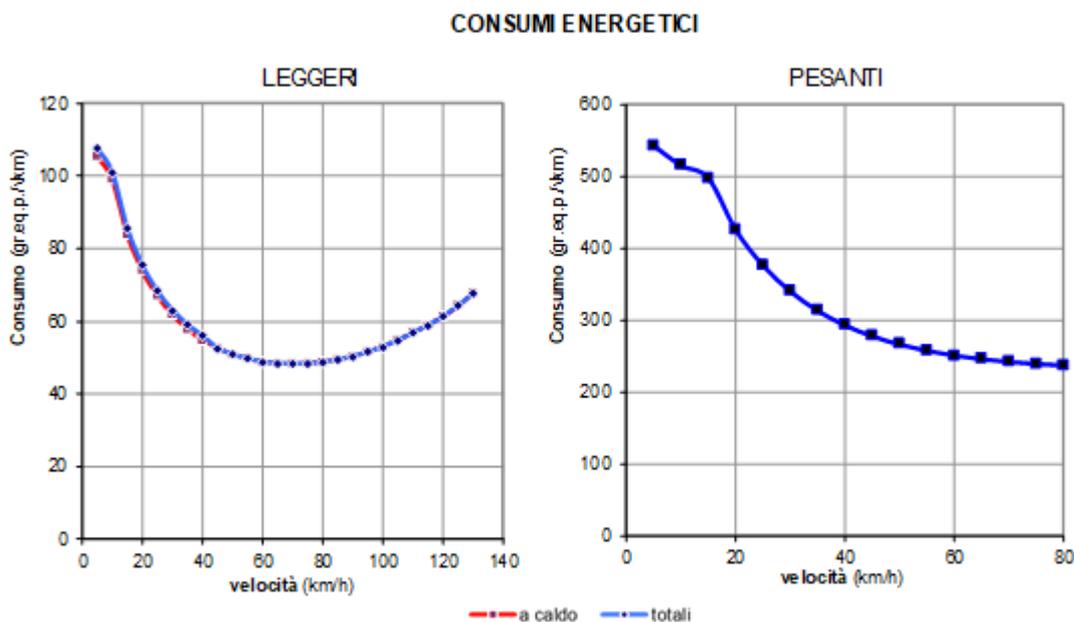
L'estimation de la consommation d'énergie a été élaborée selon la méthodologie COPERT/CORINAIR (lignes directrices de l'AEE 2016, mise à jour 2018), en se référant à l'approche plus détaillée (Tier 3) ¹².

Les coefficients de consommation unitaires ont été déterminés en comparant les valeurs de la base de données européenne à la composition du parc automobile en circulation, reportée par les données de l'ACI 2019 pour l'ensemble de la Région Sardaigne.

Grâce à la lecture détaillée du parc automobile vue au paragraphe précédent, il est possible de calculer les **coefficients d'émissions moyens**, une opération qui se fait en croisant la répartition du parc automobile des véhicules légers (voitures particulières et véhicules utilitaires <3.5 t) et des véhicules lourds par classe d'homologation avec les émissions moyennes associées en fonction de la vitesse de chacun d'entre eux, disponibles dans la base de données européenne COPERT-CORINAIR.

Les courbes qui en résultent (**Figure 68**) sont fortement différenciées en termes d'émissions unitaires, les véhicules lourds présentant des valeurs naturellement plus élevées, plus qu'en termes fonctionnels. Plus précisément, les émissions unitaires des véhicules légers présentent une forme parabolique, avec un maximum de près de 110 gep/km pour des vitesses très basses, tombant à un minimum de près de 50 autour des 70 km/h, puis remontant à près de 70 gep/km pour des vitesses d'environ 130 km/h. La courbe des véhicules lourds présente en revanche des valeurs initiales nettement plus élevées (550 gep/km), qui baissent cependant très rapidement pour s'asymptotiser autour de 230 gep/km pour des vitesses de 80 km/h ou plus.

¹² Le groupe de travail CORINAIR (COoRdination INformation AIR) mis en place par la Commission des Communautés Européennes, élabore et met à jour périodiquement les facteurs unitaires relatifs à la consommation de carburant et aux émissions polluantes (CO, NOx, COV, SO2, CO2) pour différentes catégories et sous-catégories de véhicules. En particulier, sont actuellement disponibles les facteurs unitaires relatifs aux voitures à essence (à leur tour divisées en fonction de trois classes de cylindrée et de la réglementation ECE en vigueur pour l'année d'immatriculation) ; aux voitures diesel (divisées en deux classes de cylindrée) et aux voitures GPL ; aux véhicules utilitaires légers (essence et diesel) ; aux véhicules utilitaires lourds (répartis en trois classes de poids) ; aux autobus et aux motocycles (trois classes de cylindrée). En ce qui concerne notamment les voitures particulières à essence et diesel, les facteurs sont exprimés à travers des relations continues en fonction de la vitesse moyenne de conduite (pour des vitesses comprises entre 10 et 130 km/h) tandis que les facteurs relatifs aux autres catégories de véhicules automobiles sont exprimés en référence à trois conditions de conduite types (urbaine, extra-urbaine, autoroute). Les coefficients sont mentionnés dans le rapport : Commission of the European Communities (AA.VV.), *CORINAIR Working Group on Emission Factors for Calculating 1990 Emissions from Road Traffic*, Bruxelles, 1991 ; et ses mises à jour ultérieures : Ntziachristos L., Samaras Z.; *COPERT III Computer programme to calculate emissions from road transport. Methodology and emission factors* (version 2.1); technical report n.49, European Environmental Agency, Copenhagen, november 2000. Gkatzoflias D., Kouridis C., Ntziachristos L., Samaras Z.; *COPERT 4 Computer programme to calculate emissions from road transport; user manual*, European Environmental Agency, Copenhagen, december 2007., EMEP/EEA air pollutant emissions inventory guidebook, Part B sectoral guidance chapters, §1.A.3.b



Source : élaboration META sur les données ACI
 Figure 68. Parc régional véhicules utilitaires (2019)

6.3 Estimation de la consommation de carburant routier

En attribuant donc ces coefficients aux flux de véhicules simulés, il est possible d'estimer la consommation pour chaque arc de réseau et, par agrégation, par secteur d'analyse.

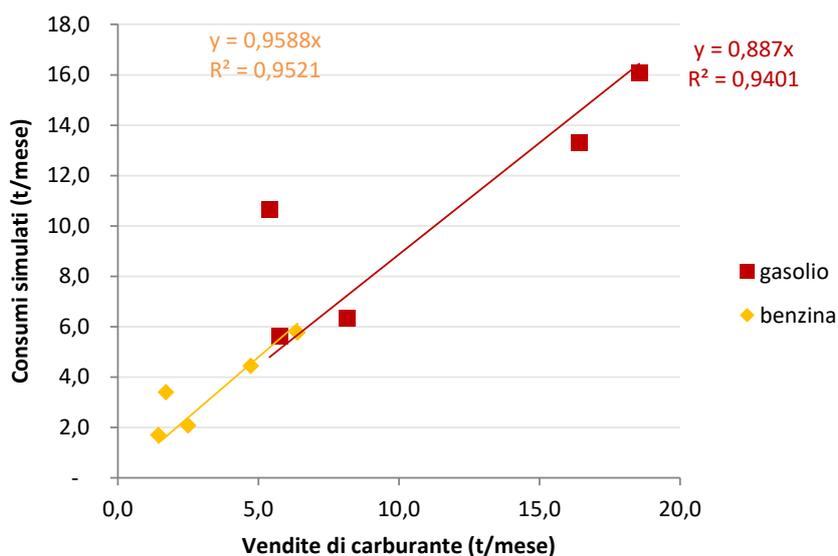
Les statistiques ainsi obtenues sont ensuite traitées par l'application de certains coefficients de correction:

- Tout d'abord, la consommation en zone urbaine est augmentée (le pourcentage urbanisé de chaque arc modélisé est en effet connu)
- ensuite, la consommation sur les arcs de classe fonctionnelle inférieure (par exemple, les routes locales) est également augmentée

cette opération est nécessaire car le modèle de trafic attribue une vitesse moyenne journalière constante à chaque arc, sans tenir compte des variations dues aux cycles d'accélération/freinage. Ces derniers sont plus fréquents en zone urbaine et sur les routes à caractère plus local, où les interférences dues par exemple aux intersections, aux arrêts latéraux, etc. sont plus fréquentes. Il en découle qu'une route dans un contexte extra-urbain et de classe élevée (par exemple, primaire) aura donc une pénalité plus basse qu'une route locale dans un contexte urbanisé.

Ces valeurs sont ensuite augmentées par expansion au mois en les multipliant par un nombre de jours spécifique (plus précisément, 29 pour les véhicules légers et 28 pour les véhicules lourds), et comparées aux ventes provinciales de diesel et d'essence pour le mois

de novembre 2019 (Bulletin pétrolier MSE). Les résultats de cette opération (**Figure 69**) montrent une bonne corrélation entre la consommation et les ventes, à l'exception des ventes de diesel dans la Province de la Sardaigne du Sud, où la consommation est nettement plus élevée que les ventes. Cela pourrait être attribuable à la présence de flux de passage importants (par exemple, Cagliari-Oriстано) pour lesquels il est plus probable de faire un approvisionnement en carburant au départ ou à l'arrivée au point de destination.



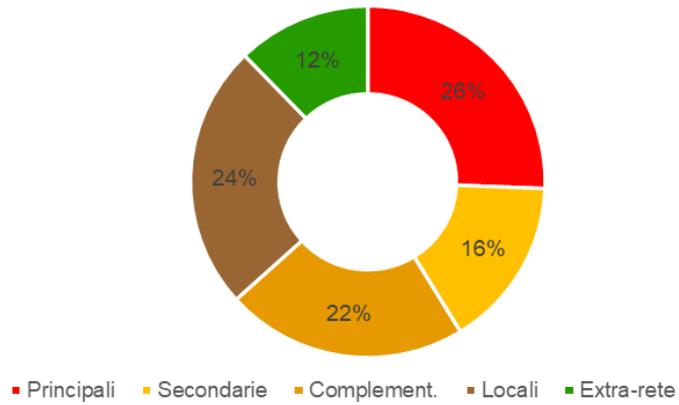
Source : élaboration META

Figure 69. Comparaison entre la consommation simulée et les ventes de carburant MSE (Novembre 2019)

Les résultats de ces opérations (**Tableau 8**) montrent que sur un total de 71.5 ktep consommées au cours du mois de référence, 18.4 sont attribuables à l'essence et les 53.07 restants au diesel. Alors que la consommation d'essence est presque exclusivement imputable aux véhicules légers, la consommation de diesel se répartit entre les véhicules légers (46.42) et les véhicules lourds (6.62).

En ce qui concerne en revanche les catégories de routes (**Figure 70**), des parts de consommation similaires résultent sur le réseau principal (26%), local (24%) complémentaire (22%), alors que le rôle du réseau secondaire (16%) et des émissions hors réseau (intra-zone et entrée/sortie, soit environ 10%) est moins significatif.

Consumi giornalieri per categoria stradale



Source : élaboration META

Figure 70. Répartition de la consommation de carburant par classe routière

| CONSUMI DEI VEICOLI LEGGERI | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| BENZINA (ktep/mese) | | | | | | | | | | | | |
| | CA | SU | OR | NU | SS | TOT | CA | SU | OR | NU | SS | TOT |
| Principali | 1,04 | 0,75 | 0,58 | 0,55 | 1,19 | 4,11 | 1,05 | 0,75 | 0,58 | 0,56 | 1,19 | 4,12 |
| Secondarie | 1,10 | 0,56 | 0,11 | 0,44 | 0,64 | 2,85 | 1,10 | 0,56 | 0,11 | 0,44 | 0,64 | 2,85 |
| Complement. | 1,22 | 0,92 | 0,43 | 0,41 | 1,25 | 4,24 | 1,22 | 0,92 | 0,43 | 0,41 | 1,25 | 4,25 |
| Locali | 1,27 | 0,95 | 0,37 | 0,57 | 1,63 | 4,79 | 1,27 | 0,95 | 0,37 | 0,57 | 1,63 | 4,79 |
| Intrazonali+VE | 1,48 | 0,42 | 0,31 | 0,22 | 0,00 | 2,42 | 1,48 | 0,42 | 0,31 | 0,22 | 0,00 | 2,42 |
| TOT | 6,11 | 3,60 | 1,79 | 2,20 | 4,71 | 18,41 | 6,11 | 3,60 | 1,80 | 2,20 | 4,72 | 18,43 |
| Vendite (MSE) | 6,77 | 1,81 | 1,52 | 2,64 | 5,01 | 17,76 | 6,77 | 1,81 | 1,52 | 2,64 | 5,01 | 17,76 |
| diff % | -9,7% | 98,9% | 17,9% | -16,9% | -5,6% | 3,8% | -9,7% | 98,9% | 17,9% | -16,9% | -5,6% | 3,8% |

| CONSUMI DEI VEICOLI PESANTI | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| BENZINA (ktep/mese) | | | | | | | | | | | | |
| | CA | SU | OR | NU | SS | TOT | CA | SU | OR | NU | SS | TOT |
| Principali | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 |
| Secondarie | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Complement. | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Locali | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Intrazonali+VE | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| TOT | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,02 |

| CONSUMI DEI VEICOLI LEGGERI | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|--------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|-------------|--------------|--------------|
| GASOLIO (ktep/mese) | | | | | | | | | | | | |
| | CA | SU | OR | NU | SS | TOT | CA | SU | OR | NU | SS | TOT |
| Principali | 2,68 | 1,94 | 1,49 | 1,42 | 3,03 | 10,55 | 3,02 | 2,62 | 2,43 | 2,04 | 4,08 | 14,19 |
| Secondarie | 2,78 | 1,43 | 0,27 | 1,12 | 1,65 | 7,24 | 3,12 | 1,76 | 0,31 | 1,26 | 1,89 | 8,33 |
| Complement. | 3,03 | 2,35 | 1,10 | 1,06 | 3,19 | 10,72 | 3,13 | 2,69 | 1,18 | 1,11 | 3,43 | 11,54 |
| Locali | 3,14 | 2,42 | 0,94 | 1,45 | 4,03 | 11,98 | 3,32 | 2,68 | 1,00 | 1,50 | 4,20 | 12,68 |
| Intrazonali+VE | 3,66 | 1,07 | 0,79 | 0,56 | -0,12 | 5,95 | 3,82 | 1,15 | 0,81 | 0,56 | -0,02 | 6,33 |
| TOT | 15,28 | 9,20 | 4,59 | 5,60 | 11,77 | 46,45 | 16,40 | 10,87 | 5,73 | 6,47 | 13,58 | 53,07 |
| Vendite (MSE) | 18,91 | 5,50 | 5,89 | 8,32 | 16,75 | 55,38 | 18,91 | 5,50 | 5,89 | 8,32 | 16,75 | 55,38 |
| diff % | -13,3% | 97,6% | -2,7% | -22,1% | -18,9% | -4,2% | -13,3% | 97,6% | -2,7% | -22,1% | -18,9% | -4,2% |

| CONSUMI DEI VEICOLI PESANTI | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|-------------|-------------|--------------|--------------|
| GASOLIO (ktep/mese) | | | | | | | | | | | | |
| | CA | SU | OR | NU | SS | TOT | CA | SU | OR | NU | SS | TOT |
| Principali | 0,34 | 0,68 | 0,95 | 0,61 | 1,06 | 3,64 | 4,1 | 3,4 | 3,0 | 2,6 | 5,3 | 18,3 |
| Secondarie | 0,34 | 0,33 | 0,04 | 0,14 | 0,24 | 1,09 | 4,2 | 2,3 | 0,4 | 1,7 | 2,5 | 11,2 |
| Complement. | 0,10 | 0,34 | 0,07 | 0,06 | 0,24 | 0,81 | 4,4 | 3,6 | 1,6 | 1,5 | 4,7 | 15,8 |
| Locali | 0,18 | 0,25 | 0,05 | 0,05 | 0,17 | 0,70 | 4,6 | 3,6 | 1,4 | 2,1 | 5,8 | 17,5 |
| Intrazonali+VE | 0,16 | 0,08 | 0,03 | 0,01 | 0,10 | 0,37 | 5,3 | 1,6 | 1,1 | 0,8 | 0,0 | 8,7 |
| TOT | 1,12 | 1,68 | 1,14 | 0,87 | 1,81 | 6,62 | 22,52 | 14,48 | 7,53 | 8,67 | 18,30 | 71,50 |
| Vendite (MSE) | 25,7 | 7,3 | 7,4 | 11,0 | 21,8 | 73,1 | 25,7 | 7,3 | 7,4 | 11,0 | 21,8 | 73,1 |
| diff % | -12,3% | 97,9% | 1,5% | -20,9% | -15,9% | -2,2% | -12,3% | 97,9% | 1,5% | -20,9% | -15,9% | -2,2% |

Source : élaboration META

Tableau 8. Consommation par carburant (essence et diesel) et type de véhicule (léger, lourd, total)

Après avoir ramené les données journalières au mois de référence et calibré, selon l'illustration, le module environnemental en le comparant au Bulletin pétrolier, il est possible de calculer la consommation annuelle. En particulier, le mois de référence a été augmenté par expansion avec des coefficients appropriés (**Tableau 9**) calculés sur la base de la tendance mensuelle des ventes de 2019 (**Figure 71**).

| COEFFICIENTI DI ESPANSIONE RIEPILOGO | | |
|---|---------------|---------------|
| | LEGGERI | PESANTI |
| G | 0,979 | 1,000 |
| F | 0,908 | 1,000 |
| M | 1,000 | 1,000 |
| A | 1,050 | 1,000 |
| M | 1,158 | 1,000 |
| G | 1,268 | 1,050 |
| L | 1,455 | 1,100 |
| A | 1,660 | 1,100 |
| S | 1,223 | 1,050 |
| O | 1,017 | 1,000 |
| N | 1,000 | 1,000 |
| D | 1,017 | 1,000 |
| TOT | 13,735 | 12,300 |

Source : élaboration META

Tableau 9. Coefficients d'expansion de la consommation (mois > année)

Ces coefficients ont été plafonnés dans le cas des véhicules lourds, pour lesquels on suppose un impact de la saison touristique plus faible que pour les véhicules légers. Par conséquent, le mois de référence a été augmenté par expansion de 13.7 pour les véhicules légers et de 12.3 pour les véhicules lourds.

Cette estimation de la consommation annuelle est ensuite intégrée à la consommation attribuable au réseau des bus urbains et extra-urbains. Le réseau de bus n'étant pas une des composantes de la demande utilisées dans le modèle de trafic, cette estimation a été faite de manière paramétrique.

En particulier, le *Compte National des Infrastructures et des Transports 2017-2018* fait état pour la Région Sardaigne d'un total de 1.502 bus (536 urbains et 966 extra-urbains), pour une production de 66.2 millions d'autobus-km/an (22.2 urbains et 43.9 extra-urbains).

En supposant ensuite une vitesse moyenne de 15 km/h en zone urbaine et de 30 km/h en zone extra-urbaine, sur la base des fonctions de consommation indiquées dans le *guide d'inventaire des émissions de polluants atmosphériques (Agence Européenne pour l'Environnement)*, des coefficients de consommation unitaires de 409 et 308 geq/km, respectivement en zone urbaine et en zone extra-urbaine, ont été calculés.

En multipliant enfin la production kilométrique annuelle par les deux coefficients, on obtient une consommation totale de l'ensemble du réseau d'autobus de 23 ktep/an.

Il en résulte une estimation globale de 1 010 ktep/an consommées en Sardaigne contre les 1 009 rapportées par le Bulletin Pétrolier. La consommation d'essence est sous-estimée de 2,3% tandis que la consommation de diesel est surestimée de 0,8%.

| CONFRONTO VENDITE/CONSUMI ANNUI | | | | |
|---------------------------------|---------|--------|------|-------------|
| | Benzina | Diesel | GPL | |
| | kt/anno | | | ktep/anno |
| CONSUMI | 239 | 728 | 13 | 1010 |
| VENDITE | 244 | 722 | 13 | 1009 |
| Differenza % | -2,3% | 0,8% | 0,0% | 0,0% |

Source : élaboration META sur les données MSE

Tableau 10. Comparaison entre la consommation simulée et les ventes de carburant, 2019

90% de la consommation (905 ktep/an) sont donc imputables aux véhicules légers, 8% (81 ktep/an) aux véhicules utilitaires lourds et 2% (23 ktep/an) au réseau du transport public routier local. En particulier, la quasi-totalité de la consommation d'essence est imputable aux véhicules légers (253 ktep/an) tandis que la consommation de diesel se répartit entre les véhicules légers (638 ktep/an) et lourds et les autobus (104 ktep/an).

| RIPARTIZIONE CONSUMI | | | | |
|----------------------|------------|------------|-------------|-------------|
| | Benzina | Diesel | GPL | |
| | ktep/anno | | | |
| LEGGERI | 253 | 638 | 14,5 | 905 |
| PESANTI | 0 | 81 | | 81 |
| BUS | | 23 | | 23 |
| TOTALE | 253 | 719 | 14,5 | 1010 |

Source : élaboration META sur le donnée MSE

Tableau 11. Comparaison entre la consommation simulée et les ventes de carburant, 2019

7. Analyse du potentiel de pénétration du GNL dans le parc de camions en circulation

7.1 Analyse du remplacement du parc de véhicules en circulation

L'estimation du potentiel de pénétration du GNL (gaz naturel liquéfié) dans le parc de camions en circulation est avant tout étroitement liée à la dynamique de remplacement du parc lui-même : en effet, en l'état actuel des technologies disponibles, l'adoption du nouveau carburant n'est pas tant liée à la rénovation des véhicules existants qu'à l'achat de véhicules neufs d'usine.

Les données de l'ACI montrent qu'entre 2010 et 2019, le parc de camions immatriculés en Sardaigne est passé d'environ 140 à plus de 160.000 unités (+16%), toutefois largement représentées par les camionnettes (véhicules d'un poids brut total inférieur ou égal à 3.5 t), qui constituent également la catégorie caractérisée par la plus forte hausse au cours de la période. Par contre, le parc des camions proprement dits a *diminué* d'environ 2.000 unités (-12%), tandis que celui des porteurs de semi-remorques, après un fléchissement non négligeable (-11%) entre 2010 et 2014, s'est redressé en 2019 et a même légèrement dépassé (+2%) les valeurs initiales.

À ces valeurs, on peut également ajouter le nombre des autobus qui, dans la période considérée, est resté entre 3.200 et 3.500 unités.

| Anno | Consistenza | | | | autobus |
|------|-------------|-----------|---------|----------------|---------|
| | furgoni | autocarri | motrici | Totale | |
| 2010 | 117.562 | 18.279 | 4.787 | 140.628 | 3.275 |
| 2011 | 120.704 | 18.040 | 4.749 | 143.493 | 3.399 |
| 2012 | 122.544 | 17.686 | 4.562 | 144.792 | 3.330 |
| 2013 | 124.394 | 16.591 | 4.328 | 145.313 | 3.264 |
| 2014 | 125.997 | 16.318 | 4.257 | 146.572 | 3.232 |
| 2015 | 128.288 | 16.192 | 4.299 | 148.779 | 3.226 |
| 2016 | 131.599 | 16.129 | 4.427 | 152.155 | 3.254 |
| 2017 | 134.912 | 16.102 | 4.599 | 155.613 | 3.343 |
| 2018 | 138.295 | 16.149 | 4.791 | 159.235 | 3.371 |
| 2019 | 141.971 | 16.234 | 4.876 | 163.081 | 3.474 |

Source : ACI

Tableau 12. Sardaigne: consistance du parc des camions et autobus, 2010-2019

En examinant la série historique des immatriculations, on constate immédiatement une variabilité temporelle plus marquée, compréhensible au vu du fait qu'elle donne un chiffre annuel beaucoup plus sujet à des fluctuations conjoncturelles que ce qui peut se produire avec la valeur cumulée des véhicules en circulation.

Il en résulte notamment une fluctuation sensible des taux de remplacement du parc, calculés comme rapport entre les premières immatriculations et la consistance: ces taux varient en effet entre 1.1% et 2.7% dans le cas des camionnettes, entre 0.2% et 0.6% dans le cas des camions et entre 0.5% et 4.6% dans le cas des porteurs de semi-remorques. La variabilité constatée est encore plus grande dans le cas des autobus (dont la consistance est fortement influencée par la présence de grandes flottes d'entreprises), avec des taux minimum de 0.5% et maximum de plus de 10%.

| Anno | Prime iscrizioni | | | | |
|------|------------------|-----------|---------|--------------|---------|
| | furgoni | autocarri | motrici | Totale | autobus |
| 2010 | 3.127 | 100 | 38 | 3.265 | 333 |
| 2011 | 2.412 | 67 | 24 | 2.503 | 188 |
| 2012 | 1.529 | 37 | 35 | 1.601 | 85 |
| 2013 | 1.361 | 29 | 90 | 1.480 | 39 |
| 2014 | 1.594 | 41 | 102 | 1.737 | 36 |
| 2015 | 1.968 | 48 | 118 | 2.134 | 16 |
| 2016 | 2.599 | 70 | 175 | 2.844 | 32 |
| 2017 | 2.527 | 80 | 211 | 2.818 | 76 |
| 2018 | 2.473 | 98 | 221 | 2.792 | 26 |
| 2019 | 2.461 | 105 | 123 | 2.689 | 147 |

Source : ACI

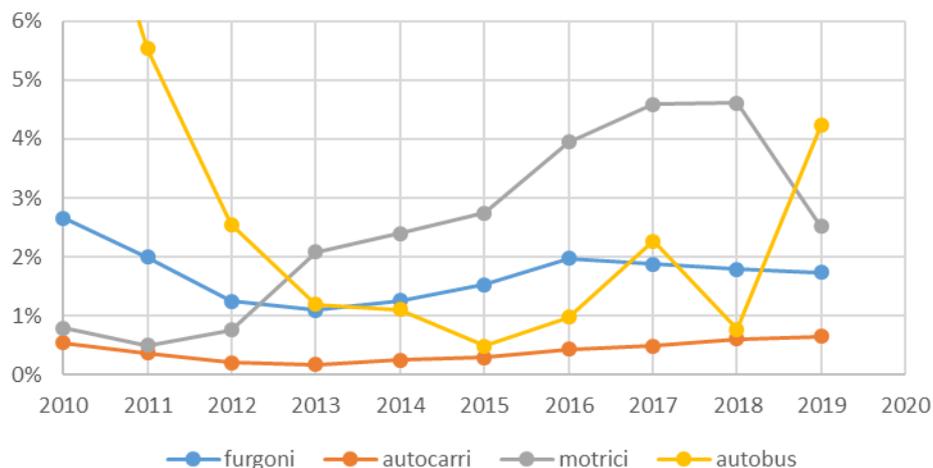
Tableau 13. Sardaigne: premières immatriculations de camions et d'autobus, 2010-2019

| Anno | Tasso di ricambio | | | | |
|------|-------------------|-----------|---------|-------------|---------|
| | furgoni | autocarri | motrici | Totale | autobus |
| 2010 | 2,7% | 0,5% | 0,8% | 2,3% | 10,2% |
| 2011 | 2,0% | 0,4% | 0,5% | 1,7% | 5,5% |
| 2012 | 1,2% | 0,2% | 0,8% | 1,1% | 2,6% |
| 2013 | 1,1% | 0,2% | 2,1% | 1,0% | 1,2% |
| 2014 | 1,3% | 0,3% | 2,4% | 1,2% | 1,1% |
| 2015 | 1,5% | 0,3% | 2,7% | 1,4% | 0,5% |
| 2016 | 2,0% | 0,4% | 4,0% | 1,9% | 1,0% |
| 2017 | 1,9% | 0,5% | 4,6% | 1,8% | 2,3% |
| 2018 | 1,8% | 0,6% | 4,6% | 1,8% | 0,8% |
| 2019 | 1,7% | 0,6% | 2,5% | 1,6% | 4,2% |

Source : élaboration META sur les données ACI

Tableau 14. Sardaigne: taux de remplacement du parc des camions et autobus, 2010-2019

Tasso di ricambio



Source : élaboration META sur les données ACI

Figure 71. Sardaigne: taux de remplacement du parc des camions et autobus, 2010-2019

Dans le cas des camions, il est important d'observer que la nette différenciation entre les taux de remplacement qui caractérisent les différents segments de charge tend à accroître la polarisation déjà forte entre un parc très léger (camionnettes) et un parc très lourd (porteurs de semi-remorques), au détriment des véhicules de poids intermédiaire (camions). Cela reflète la tendance actuelle à l'externalisation des chaînes logistiques, de plus en plus imputables à des cycles complexes, composés de phases de collecte/distribution, réalisées avec des véhicules de petite taille, et de phases de transfert en ligne, réalisées avec des véhicules articulés.

7.2 Estimation du potentiel de pénétration du GNL

Compte tenu des considérations développées au paragraphe précédent, le taux de remplacement du parc de véhicules en circulation pose de facto une limite supérieure aux niveaux de pénétration du GNL dans le secteur du transport routier de marchandises.

Une estimation optimiste du potentiel peut donc découler de l'hypothèse, pour l'ensemble de la période 2020-2030, du taux de remplacement maximal constaté au cours de la décennie précédente, qui s'élève à 4.6% pour les porteurs et à 0.6% pour les camions.

À ces valeurs il faut ensuite ajouter une estimation de l'incidence des véhicules fonctionnant au GNL sur le total des premières immatriculations. Compte tenu des écarts de coûts d'acquisition et d'exploitation, et de la nécessité de mettre en place un réseau de distribution

adéquat au niveau régional, il semble difficile dans ce cas de supposer une part supérieure à 40% du total.

Le résultat obtenu sur la base de ces hypothèses est présenté dans le tableau suivant : ainsi qu'on peut le constater, l'incidence des véhicules fonctionnant au GNL sur le total du parc circulant en 2025 et en 2030 atteint respectivement 9÷18% dans le cas des autoporteurs de semi-remorques et seulement 1.3÷2.6% dans le cas des camions.

| | camions | porteurs | autobus |
|---|---------|----------|---------|
| % remplacement | | | |
| max | 0,6% | 4,6% | 10,2% |
| min | 0,2% | 0,5% | 0,5% |
| Incidence GNL sur neuf (moyenne 2020-30) | | | |
| max | 40% | 40% | 40% |
| min | 20% | 20% | 20% |
| % du parc GNL à l'horizon 2025 | | | |
| max | 1,3% | 9,2% | 20,3% |
| min | 0,2% | 0,5% | 0,5% |
| % du parc GNL à l'horizon 2030 | | | |
| max | 2,6% | 18,5% | 40,7% |
| min | 0,4% | 1,0% | 1,0% |

Source : élaboration META sur les données ACI

Tableau 15. Sardaigne: estimation de l'incidence du pourcentage des véhicules fonctionnant au GNL, 2025-2030

L'écart important entre les taux de pénétration potentiels du GNL dans le parc de camions et de véhicules articulés impose l'estimation de l'incidence des deux catégories de véhicules sur le volume total du trafic lourd (293 millions de vkm/an) et sur la consommation d'énergie correspondante (81.7 ktep/an).

En rapportant le volume du trafic lourd annuel estimé sur le réseau au total des véhicules utilitaires lourds en circulation (21.110 unités entre camions et véhicules articulés), on obtient une valeur de seulement 13.900 km/véhicule/an. Il s'agit d'une valeur très limitée - comparable à celle qui distingue les véhicules légers circulant sur l'île - qui s'explique peut-être par deux facteurs concomitants :

- la présence à l'intérieur du parc de véhicules très anciens, probablement sujets à des kilométrages annuels moyens très limités
- l'existence de flux lourds interrégionaux déterminant le transfert vers le Continent d'une partie du kilométrage effectué par les véhicules utilisés pour des déplacements sur moyenne et longue distance.

En prenant un kilométrage annuel moyen de 30 000 km pour les véhicules articulés et de 9.000 km pour les camions, il est possible de supposer que le volume de trafic global se répartit de manière à peu près paritaire entre les deux catégories.

Cela permet de pondérer les kilométrages prévus des véhicules fonctionnant au GNL, en supposant que leurs kilométrages annuels sont deux fois plus élevés que la moyenne des autres véhicules¹³: le résultat, présenté dans le tableau suivant, correspond à un volume d'environ 61 millions de vkm/an, dont 54 concernent les mouvements des véhicules articulés et les 7 autres les mouvements des camions. Ces valeurs correspondent, compte tenu des différentes consommations unitaires qui caractérisent les deux catégories, à une consommation de GNL de l'ordre de 21.6 ktep/an, soit 26.3% du total relatif au trafic des véhicules utilitaires lourds.

| | Camions | Articulés | Total |
|----------------------------|---------|-----------|---------------|
| Consistance | 16 234 | 4 876 | 21 110 |
| km/véhicule/an | 9 094 | 30 000 | 13 923 |
| Mvkm/an | 147.63 | 146.28 | 293.91 |
| % véhicules GNL d'ici 2030 | 2.6% | 18.5% | 6.3% |
| Consistance | 422 | 900 | 1 321 |
| km/véhicule GNL/an | 18 188 | 60 000 | 46 659 |
| Mvkm GNL/an | 7.67 | 53.98 | 61.65 |
| % kilomét. GNL d'ici 2030 | 5.2% | 36.9% | 12.5% |
| Consommation GNL (ktep) | 1.4 | 20.1 | 21.6 |
| % consom. GNL d'ici 2030 | 5.2% | 36.9% | 26.3% |

Source : élaboration META sur les données ACI, MISE

Tableau 16. Sardaigne: estimation de la consommation de GNL par le trafic commercial lourd, 2030

7.3 Hypothèse sur le réseau de distribution

Un dernier élément à souligner, résultant de l'estimation du potentiel global de consommation de GNL par le trafic commercial lourd, concerne la structure du réseau de distribution correspondant, qui doit évidemment être cohérente avec le cadre des hypothèses jusqu'à présent émises.

La structure actuelle du réseau de distribution, illustrée dans la cartographie de la page suivante, peut compter sur environ 700 points de vente, essentiellement concentrés dans les zones urbaines et le long des principales artères routières, mais toujours présents de manière diffuse sur tout le territoire régional.

¹³ Cette hypothèse est justifiée par le fait que l'achat de véhicules « neufs d'usine » devrait se concentrer sur les segments du parc en circulation présentant le taux de remplacement le plus élevé et donc le niveau d'utilisation annuel moyen des véhicules le plus élevé.

D'autre part, une estimation synthétique des niveaux de rentabilité de l'installation d'un distributeur de GNL conduit à un seuil minimum de l'ordre de 3 ktep/an, valeur qui se réfère à un nombre maximum de points de vente, destinés au transport commercial lourd, soit :

$$21,6 \text{ ktep} : 3 \text{ ktep/point de vente} = 7,2 \text{ points de vente}$$

correspondant à environ 1% des points de vente existants.

La disproportion ainsi obtenue reflète deux facteurs importants :

- d'une part, la finalisation au seul trafic commercial lourd, ce qui conduit à exclure la totalité des points du réseau urbains qui représentent une part importante du total
- d'autre part, la forte concentration du même trafic commercial lourd sur un petit nombre d'artères principales, ce qui tend de facto à déterminer, tous les autres facteurs restant par ailleurs égaux, des conditions de non rentabilité pour l'installation de points de vente de GNL dans des portions importantes de l'île (comme par exemple l'Ogliastra).

En prenant comme valeur de référence un nombre de 4/6 points de vente sur l'ensemble de l'île, il semble possible d'identifier, en première approximation, comme zones essentielles pour la structuration d'un réseau adéquat, les zones suivantes :

- accès Cagliari le long de la RN 131
- zone d'Oristano
- zone de Sassari/Porto Torres
- zone d'Olbia/Golfo Aranci.

À ces zones peuvent éventuellement s'ajouter, comme zones d'intérêt supplémentaires, la zone de Nuoro le long de la RN 131 d.c.n. (embranchement central de Nuoro), celle de Macomer-Ghilarza le long de la RN 131 et celle de Carbonia-Iglesias le long de la RN 126 ou de la RN 130.



Source : élaborations META
 Figure 72. Sardaigne: réseau de distributeurs de carburant

8. Bibliographie et sitographie

Borghetti F., Gandini P., Studer L., Todeschini V., Pastorelli G., 2015, *Il SIIG per la mappatura del rischio associato al trasporto di sostanze pericolose: applicazione in aree vulnerabili del contesto lombardo*, Colloque ASITA 2015, 167-174, ISBN/ISSN : 978-88-941232-2-7

Gandini P., Borghetti F., Studer L., Iuliano R., Pastorelli G., 2015, *Assessment of areas exposed to damage by dangerous goods transportation. Application of Analytic Hierarchy Process method for land covers weighting*, IEEE - ITSC 2015 Smart Mobility for Safety and Sustainability, ISBN : 978-1-4673-6595-6.

Orso Giaccone M., Bratta F., Gandini P., Studer L., 2012, *Dangerous goods transportation by road: a risk analysis model and a global integrated information system to monitor hazardous materials land transportation in order to protect territory*, Chemical Engineering Transactions, vol. 26-2012, Cisp 5th International Conference on Safety & Environment in Process & Power Industry, ISSN: 1974-9791.

Studer L., Gandini P., Borghetti F., Maja R., Todeschini V., 2012, *Improving knowledge of risk in Dangerous Goods Transport*, XIX ITS World Congress, Vienne, Paper EU-00685.

Studer L., Gandini P., Iuliano R., Borghetti F., Marchionni G., - 2018, *Road users exposed to Harm from Transportation of dangerous goods – definition and estimation*.

T. Franci, F. Clementi et C. Checchi, *Monitoraggio del mercato degli usi finali del GNL in Italia – 2019* Rapport REF-E, janvier 2020, résumé téléchargeable sur <https://www.refe.com/it/downloads/sslng-watch/la-filiera-degli-usi-finali-di-gnl-in-italia-2019-abstract>;

T. Franci et C. Checchi, *La filiera degli usi finali del GNL in Italia – 2018* Rapport REF-E, janvier 2019, résumé téléchargeable sur <https://www.ref-e.com/it/downloads/osservatorio-gnl-usi-finali/la-filiera-degli-usi-finali-di-gnl-in-italia-2018-abstract>;

T. Franci et C. Checchi, *La filiera degli usi finali del GNL in Italia – 2017* Rapport REF-E, janvier 2018, résumé téléchargeable sur <https://www.ref-e.com/it/downloads/osservatorio-gnl-usi-finali/la-filiera-degli-usi-finali-di-gnl-in-italia-2017-abstract> ;

T. Franci *La metanizzazione della Sardegna* Working Paper REF-E n. 16, novembre 2017 ; téléchargeable sur <https://www.ref-e.com/it/downloads/osservatorio-gnl-usi-finali/la-metanizzazione-dellasardegna-abstract-novembre-2017> ;

T. Franci et C. Checchi, *La filiera degli usi finali del GNL in Italia – 2016* Rapport REF-E, janvier 2017, résumé téléchargeable sur <https://www.ref-e.com/it/downloads/osservatorio-gnl-usi-finali/la-filiera-degli-usi-finali-di-gnl-in-italia-2016-abstract> ;

[e.com/it/downloads/osservatorio-gnl-usi-finali/lafiliera-degli-usi-finali-di-gnl-in-italia-2016-summary](https://www.ref-e.com/it/downloads/osservatorio-gnl-usi-finali/lafiliera-degli-usi-finali-di-gnl-in-italia-2016-summary) ;

T. Franci, *La filiera degli usi finali del GNL in Italia*, Working Paper REF-E n. 12, juillet 2015, téléchargeable sur <https://www.ref-e.com/it/downloads/osservatorio-gnl-usi-finali/workingpaper-ref-e-la-filiera-degli-usi-finali-del-gnl>.

T3.3.1 Demande du GNL sur le territoire Corse

Projet SIGNAL



La coopération au cœur de la Méditerranée

SIGNAL

Office des Transports de la Corse (OTC)
FRANCE / CORSE

CULLETTIVITÀ DI CORSICA
COLLECTIVITÀ DE CORSE

Uffiziu di i Trasporti
di a Corsica
Office des Transports
de la Corse

RESTREINT

9 septembre 2020

RAPPORT
OTCG-TEF-PJ-RP-009

RAPPORT



Nos ref. : **OTCG-TEF-PJ-RP-009**
 Entité : Energie
 Imputation : P.015760

RESTREINT

Client : Office des Transports de la Corse (OTC)
Projet : Etude approvisionnement-stockage-soutage du carburant GNL
Pays/Ville : France / Corse

Titre : T3.3.1 Demande du GNL sur le territoire Corse
Sous-titre : Projet SIGNAL
Auteur(s) : Vincent VIRLICHIE (VVI)
Date : 9 septembre 2020

Résumé : Analyse des usages potentiels du GNL sur le territoire Corse et simulation de son approvisionnement

Commentaires : -

Mots-clés : -

Nbr pages : 18

| | | | | | | |
|-------------|-----------------|-----------------------------|--------------|-------------------|---------------------|--------------------|
| 02 | 21/09/2020 | Correction nom du client | Final | Melissa DELEAU | Arnaud GUITTAT | Arnaud GUITTAT |
| 01 | 09/09/2020 | Première émission | Final | Vincent VIRLICHIE | Thierry FOUSSEREAU | Arnaud GUITTAT |
| REV. | JJ/MM/AA | OBJET DE LA REVISION | STAT. | REDACTION | VERIFICATION | APPROBATION |

ETUDE APPROVISIONNEMENT-STOCKAGE-SOUTAGE DU CARBURANT GNL

T3.3.1 Demande du GNL sur le territoire Corse

SOMMAIRE

| | | |
|------|--|-----------|
| 1. | CONTEXTE..... | 5 |
| 2. | QUANTIFICATION DES BESOINS EN GNL EN CORSE | 6 |
| 2.1. | Objectifs et méthode | 6 |
| 2.2. | Usages potentiels du GNL en Corse | 6 |
| 2.3. | Solution d’approvisionnement et probabilité de réalisation | 7 |
| 2.4. | Choix des scénarios à modéliser | 8 |
| 3. | MODELISATION POUR DU GNL EN TANT QUE CARBURANT VEHICULE | 9 |
| 3.1. | Objectifs du chapitre..... | 9 |
| 3.2. | Dimensionnement des besoins en GNL comme carburant pour les VL et PL | 9 |
| 3.3. | Hypothèses de localisation des 25 stations-services distribuant du GNL..... | 10 |
| 3.4. | Estimation des temps de parcours et des distances depuis le port de Lisula pour la livraison des stations | 10 |
| 4. | RESULTATS | 18 |
| 4.1. | Impacts sur le territoire Corse..... | 18 |
| 4.2. | Impacts sur le secteur de Lisula | 18 |

ETUDE APPROVISIONNEMENT-STOCKAGE-SOUTAGE DU CARBURANT GNL

T3.3.1 DEMANDE DU GNL SUR LE TERRITOIRE CORSE

LISTE DES FIGURES

| | |
|---|----|
| Figure 1 : carte de repérage géographique des segments circulables pour la livraison de GNL | 12 |
| Figure 2 : carte de repérage géographique des stations-services proposées pour distribuer du GNL indiquant le temps de parcours et la distance depuis le port de Lisula | 13 |

LISTE DES TABLES

| | |
|--|----|
| Table 1 : Hypothèses pour estimer la consommation en GNL / an du parc VL et PL | 9 |
| Table 2 : Hypothèses pour estimer le nombre de livraison des stations-services GNL par année | 10 |
| Table 3 : Temps et distances parcourues pour la livraison des 25 stations proposées | 14 |

1. CONTEXTE

Dans le cadre du programme de coopération européenne transfrontalière INTERREG IFM 2014-2020, l'Office des transports de la Corse (OTC) a élaboré avec d'autres partenaires européens un projet global de préparation à l'utilisation du Gaz Naturel Liquéfié (GNL) dans les activités liées au transport maritime ainsi qu'à d'autres utilisations.

Dans le cadre de ce programme, quatre projets ont été définis. Les objectifs de chacun des projets sont présentés ci-dessous :

| Projet | Objectifs principaux |
|-----------------|--|
| TDI-RETE GNL | Définir les standards technologiques, dimensionnements et procédures communes pour les installations du réseau de distribution GNL dans les ports de la zone |
| GNL SIGNAL | Définir les stratégies transfrontalières pour la valorisation du GNL |
| GNL FACILE | Définir un système intégré et une logistique efficace de ravitaillement en GNL |
| GNL PROMO | Promouvoir l'utilisation du GNL dans les ports de commerce |

La présente étude concerne le projet GNL SIGNAL, ayant pour objectif de construire un réseau d'approvisionnement et de distribution en GNL dans la zone de coopération franco-italienne.

Dans le cadre de la composante T3 du projet SIGNAL, TRACTEBEL analyse pour l'OTC la demande en GNL sur le territoire Corse. Ce rapport constitue le **livrable T3.3.1**.

2. QUANTIFICATION DES BESOINS EN GNL EN CORSE

2.1. Objectifs et méthode

L'objectif est d'élaborer des scénarios de déploiement du GNL sur le territoire corse afin de simuler leur impact en matière de transport de GNL sur le réseau routier corse (modélisé aux livrables T3.2.1 et T3.2.2).

Les scénarios proposés se basent sur :

- La PPE de la Corse 2015
- Les résultats du Chapitre 1 : flux d'approvisionnement énergétiques et usagers
- Les résultats du chapitre 3 : les solutions de soutage envisagées
- Les résultats transverses : faible probabilité d'implantation d'une station de soutage terrestre (type terminal portuaire GNL) sur le littoral Corse (pas d'intérêt stratégique ni économique au regard des volumes, et contraintes territoriales et foncières et environnementales)
- Des entretiens et investigations supplémentaires conduits par le groupement

2.2. Usages potentiels du GNL en Corse

Le tableau suivant présente les différents débouchés théoriques potentiels du GNL en Corse :

| Usages potentiel du GNL | Hypothèses sur la demande | Consommation actuelle | Besoins en GNL |
|---|---|---|---|
| Production d'électricité | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Conversion des centrales thermiques de Lucciana et Vazzio au GNL d'ici 2023 (PPE 2015) à combiné à une baisse de production énergétique | ~importation de 180 000 T de fioul | ~160 000 ¹ m ³ / an |
| Carburant pour les transport terrestres | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Conversion de 10% à 15 % du parc de VL et PL au GNV | Importation de carburants SP et GO (~ 30 000 T) | Entre 40 000 et 60 000m ³ / an |
| Carburant maritime | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Conversion progressive des navires ferries et croisières au GNL ▪ Pas de demande sur les navires de services et la plaisance ▪ Soutage GNL réalisé en priorité sur des points de massification du GNL situés sur le continent | Marginal : le soutage actuel des navires touchant la Corse est réalisé sur le continent | Marginal |

¹ Volume exprimé dans le cahier des charges publié par le Ministère de la transition Ecologique au T2 2020 visant à sélectionner l'investisseur et l'exploitant de la future installation d'approvisionnement des centrales thermiques en GN.

| Usages potentiel du GNL | Hypothèses sur la demande | Consommation actuelle | Besoins en GNL |
|--|--|--|----------------------------|
| Réseau de Gaz de Ville | <ul style="list-style-type: none"> Conversion des stations de gaz d'Engie du Loretto et de l'Arinella (alors que celle du Loretto est en renouvellement) Consommation stable | Importation de 12 000 T de GPL (butane et propane) | ~ 24 000 m ³ |
| Energie isolée | <ul style="list-style-type: none"> Conversion (<10%) des cuves d'industriels utilisant du GPL ou du FOD vers le GNL + nouveaux utilisateurs industriels installant des groupes de chaleur ou électrogène fonctionnant au GNL | GPL : < 100 T/an + FOD | Marginal |
| Alimentation électrique des navires à quai | <ul style="list-style-type: none"> Utilisation du GNL pour l'électrification à quai des navires : une station par port, sur 4 ports (Ile Rousse, Porto Vecchio, Bastia et Ajaccio), Chaque poste fonctionne 10h par jour | Utilisation du MGO des navires | ~10 000m ³ / an |

2.3. Solution d'approvisionnement et probabilité de réalisation

Ces usages nécessitent l'approvisionnement de GNL ou de Gaz naturel issu de GNL. **Pour l'approvisionnement en GNL** : dans la mesure où un terminal GNL n'est pas envisageable sur l'île, il n'existe pas d'autre solution réaliste qu'un approvisionnement par camion sur le territoire corse :

- Soit sous forme d'ISO conteneur de GNL depuis le continent chargé par exemple sur Fos, acheminé sur remorque par voie maritime jusqu'au port de Lisula (seul port à autoriser actuellement le déchargement de matière dangereuse de classe 1), puis transporté par voie routière jusqu'au point de livraison
- Soit en camion-citerne GNL suivant le même schéma logistique

Pour l'approvisionnement en Gaz Naturel (notamment pour les centrales thermiques) : différents schémas sont en cours d'étude s'appuyant sur des unités flottantes installées au large, assurant la réception et le stockage de GNL, ainsi que la regazéification et l'envoi par canalisation du GN vers les réservoirs des centrales. Les solutions étudiées n'envisagent pas d'acheminer du GNL sur le territoire, car le transfert de GNL par canalisation nécessairement cryogénique est très complexe et trop cher.

Pour les usages potentiels étudiés, l'approvisionnement en GN (et non en GNL) et théoriquement possible, mais peu pertinent pour des raisons économiques, logistiques et environnementales. En effet, le GN à pression atmosphérique est très volumineux (1 m³ de GNL contient 600 m³ de GN), on peut difficilement le stocker ainsi et il est transportable uniquement par canalisation. Les usages envisagés qui ne pourraient pas être connectés à un réseau de gaz sont donc peu probables.

| Usages potentiel du GNL | Solution technique d'approvisionnement envisagée | Probabilité de réalisation |
|--|--|---|
| Production d'électricité | <ul style="list-style-type: none"> ▪ GNL réceptionné et stocké au large dans des stations dédiées ▪ Regazéification et transport du GN par canalisation sous-marine vers la terre et vers les cuves des centrales thermiques | Forte (AO en cours du ministère pour sélectionner l'exploitant de la solution) |
| Carburant pour les transport terrestres | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Approvisionnement des stations-services par des iso conteneur GNL ou des camions citernes GNL ▪ Stockage en station-service et regazéification pour servir du GNV à la pompe | Moyenne : nécessite des politiques indicatives de conversion du parc + chaîne logistique d'approvisionnement par camion-citerne GNL depuis FOS peu vertueuse |
| Carburant maritime | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Soutage GNL par un navire avitailleur en provenance du continent | Très faible pas d'intérêt économique ni environnemental |
| Réseau de Gaz de Ville | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Transformation des stations du Loretto et de l'Arinella et approvisionnement en GNL par camion | Faible : investissements élevés bénéfice environnemental à confirmer avec chaîne d'appro. camion |
| Energie isolée | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Approvisionnement en iso conteneur GNL | Très faible : investissement, risques produit, chaîne d'appro. |
| Alimentation électrique des navires à quai | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Approvisionnement en ISO conteneur GNL | Faible : impact environnemental à confirmer avec chaîne d'appro. route |

2.4. Choix des scénarios à modéliser

Ainsi, les usages les plus probables restent :

- La production d'électricité, dont l'alimentation en GNL fait l'objet d'un appel d'offre en cours. Les solutions s'orienteraient plutôt vers un stockage flottant avec des capacités de regazéification (car le coût d'une canalisation cryogénique est trop élevé). Cette option technique n'entraînerait pas la circulation de PL de GNL sur le territoire Corse.
- La consommation du GN issu du GNL en tant que carburant pour les transports terrestres

Nous proposons dans les chapitres suivant d'étudier la conversion du GNL en tant que carburant véhicule suivant une hypothèse de 15% de conversion du parc véhicule Corse avec 25% des stations-services existantes proposant du GNV à base de GNL.

3. MODELISATION POUR DU GNL EN TANT QUE CARBURANT VEHICULE

3.1. Objectifs du chapitre

Il est nécessaire dans un premier temps de dimensionner le besoin en GNL pour les VL et PL à l'échelle de la Corse, puis dans un second temps proposer les stations-services qui pourraient distribuer du GNL, et enfin déterminer les conditions de livraison de ces stations-services en reprenant la modélisation routière du chapitre 8 qui caractérise les trajets possibles pour les PL transportant du GNL.

3.2. Dimensionnement des besoins en GNL comme carburant pour les VL et PL

Estimation du nombre de livraisons des stations-services GNL :

Table 1 : Hypothèses pour estimer la consommation en GNL / an du parc VL et PL

| Hypothèses | Caractéristiques |
|---------------------------------|---|
| Taille du parc VL & PL en Corse | VL : 190 000 u et PL : 10 000 u (source DREAL 2016 pour PL et presse pour VL) |
| Taux de conversion au GNL | VL : 15% et PL : 15% (source PPE 2015 Corse) |
| Nombre de KM parcourus / an | VL: 15 000 km/an et PL: 25 000 km/an (hypothèses See'up) |
| Consommation en GNV (kg/100 km) | VL : 5 kg/100 km et PL : 15 kg/100 km (Source : http://www.catalgaz.fr/gnv-economie/) |

Soit une consommation estimée en GNL / an du parc :

- **VL : 49 160 m³ de GNL/an,**
- **PL : 12 940 m³ de GNL/an,**
- **VL+PL : 62 100 m³ de GNL/an.**

Table 2 : Hypothèses pour estimer le nombre de livraison des stations-services GNL par année

| Hypothèses | Caractéristiques |
|---|---|
| Volume de GNL transporté par un PL citerne de livraison | 50 m ³ de GNL / camion-citerne |
| Taille moyenne d'un réservoir GNL d'une station | 50 m ³ de GNL / station |
| Nombre de stations-services en Corse | 125 stations-services |
| Taux de stations-services équipées en GNL | 20% |

Soit 1 242 PL / an pour approvisionner les 25 stations GNL, ce qui génère 50 livraisons / station /an.

Nous considérons donc une livraison par semaine par station.

3.3. Hypothèses de localisation des 25 stations-services distribuant du GNL

Sur les 125 stations-services que compte le réseau Corse, nous avons défini un taux d'équipement au GNL de 20% se qui représente 25 stations-services.

Trois paramètres ont déterminé le choix de ces 25 stations-services équipées GNL :

- La possibilité d'accès pour un camion de livraison GNL : favoriser les stations du réseau primaire (les routes nationales) tout en évitant les tronçons identifiés non praticables par les camions transportant du GNL : Bastia – Biguglia (tunnel) et Portu - Carghjess (Figure 1),
- La densité de population environnante (en zone urbanisée),
- Un maillage couvrant l'ensemble du territoire Corse (Figure 2).

3.4. Estimation des temps de parcours et des distances depuis le port de Lisula pour la livraison des stations

La réglementation en termes de transport de matière dangereuse et explosive décrit les vitesses suivantes :

- Vitesse maximale autorisée sur autoroute : 80 km/h ;
- Vitesse maximale autorisée sur les routes prioritaires : 60 km/h ;
- Vitesse maximale autorisée en agglomération (sauf exception) : 50 km/h.

Toutefois, ces vitesses ne correspondent pas à la réalité du terrain et les difficultés rencontrées sur certaines routes corses.

Nous avons opté pour les vitesses suivantes :

- Liaisons principales : 55 km/h ;
- Liaisons régionales :
 - 2 voies larges : 50 km/h ;
 - 1 voie ou 2 voies étroites : 40 km/h ;
- Liaisons locales : 30 km/h.

Figure 1 : carte de repérage géographique des segments circulables pour la livraison de GNL



Figure 2 : carte de repérage géographique des stations-services proposées pour distribuer du GNL indiquant le temps de parcours et la distance depuis le port de Lisula

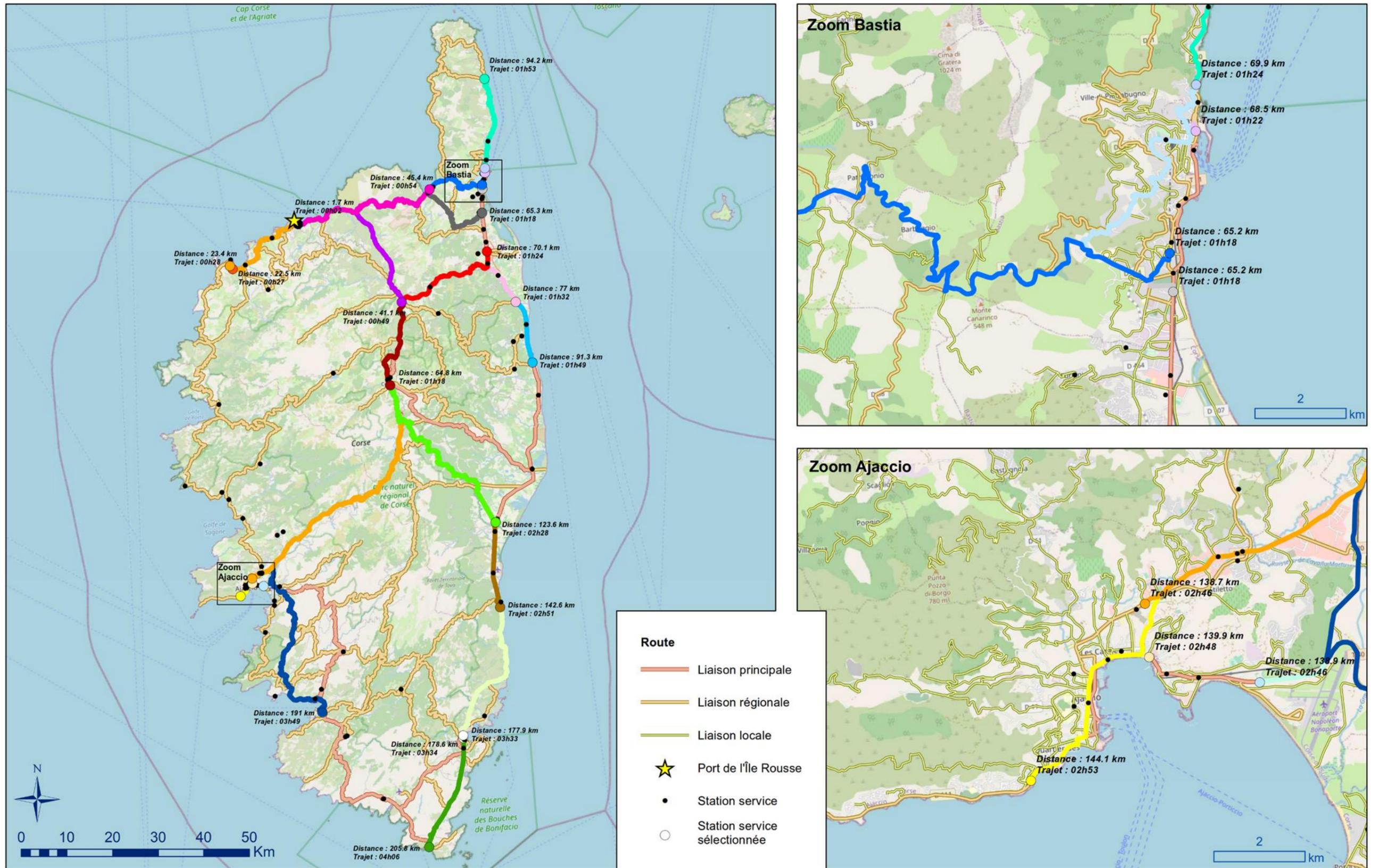


Table 3 : Temps et distances parcourues pour la livraison des 25 stations proposées

| | localisation | axe routier | | Temps de parcours depuis Lisula (H) | Distance depuis Lisula (Km) |
|---|--|----------------|--|--|--------------------------------|
| Bastia sud du tunnel interdit au transport de GNL, accès par le sud de Bastia | 1 Bastia sud aéroport, LUCCIANA, rn 193 cruccetta | N 193 |  | 0:01:24 | 70 |
| | 2 Bastia sud Biguglia, Relais du Lancone - RN 193 | N 193 |  | 0:01:18 | 65 |
| | 3 Bastia sud Montesoro, L'Arinella - RN 193 | N 193 |  | 0:01:18 | 65 |
| | 4 Bastia centre, 556 Avenue de la Libération | N 193 |  | 0:01:18 | 65 |
| Bastia Nord du tunnel interdit au transport de GNL, accès par le Nord de Bastia | 5 Nord tunnel Bastia, Route du Cap, VILLE- DI-PIETRABUGNO | D 80 |  | 0:01:24 | 70 |
| | 6 Bastia port, 21 Rue Commandant Lucé de Casabianca | N 193 |  | 0:01:22 | 69 |

| | localisation | axe routier | | Temps de parcours depuis Lisula (H) | Distance depuis Lisula (Km) |
|----|--|-------------|--|-------------------------------------|-----------------------------|
| 7 | Corse Nord santa severa, Lieu-dit Santa-Severa, Luri | D 80 |  | 0:01:53 | 94 |
| 8 | Ghisonaccia | N 193 |  | 0:02:28 | 124 |
| 9 | Porto Vecchio centre, Les 4 Chemins | N 198 |  | 0:03:34 | 179 |
| 10 | Porto Vecchio Nord | N 198 |  | 0:03:33 | 178 |
| 11 | Sari-Solenzara | N 198 |  | 0:02:51 | 143 |
| 12 | Cervione, PRUNETE | N 198 |  | 0:01:49 | 91 |

| | localisation | axe routier | | Temps de parcours depuis Lisula (H) | Distance depuis Lisula (Km) |
|----|--|-------------|--|-------------------------------------|-----------------------------|
| 13 | Folelli, Penta-di-Casinca | N 198 |  | 0:01:32 | 77 |
| 14 | Bonifacio, sennola | N196 |  | 0:04:06 | 206 |
| 15 | Propriano, San Giuseppu | N 196 |  | 0:03:49 | 191 |
| 16 | Ajaccio Sud - aéroport, VIGNETTA ROUTE DE CAMPO DELL ORO | N 193 |  | 0:02:46 | 139 |
| 17 | Ajaccio Sud, Quartier St Joseph | N 193 |  | 0:02:48 | 140 |
| 18 | Ajaccio Est, Boulevard Louis Campi | D 31 |  | 0:02:46 | 139 |
| 19 | Ajaccio Nord, 65 COURS LUCIEN BONAPARTE | D111 |  | 0:02:53 | 144 |

| | localisation | axe routier | | Temps de parcours depuis Lisula (H) | Distance depuis Lisula (Km) |
|----|--|-------------|--|-------------------------------------|-----------------------------|
| 20 | Corte, 6 Avenue du 9 septembre | N 193 |  | 0:01:18 | 65 |
| 21 | Calvi centre, Avenue Christophe Colomb | N 197 |  | 0:00:28 | 23 |
| 22 | Calvi, Avenue Christophe Colomb | N 197 |  | 0:00:27 | 23 |
| 23 | Ponte Leccia, Morosaglia | N 197 |  | 0:00:49 | 41 |
| 24 | Saint Florent | D 81 |  | 0:00:54 | 45 |
| 25 | L'île Rousse, 29, Ave Pdt Paul Doumer | N 197 |  | 0:00:02 | 2 |

4. RESULTATS

4.1. Impacts sur le territoire Corse

Rappel : un camion a la capacité de livrer une seule station soit un trajet par station par camion (cf. ci-dessus § 0)

Le temps moyen de livraison pour une station depuis le port de Lisula est de **1h57min/station** et la distance moyenne de **98 Km/station**. Ce temps et cette distance moyenne sont élevés pour livrer une seule station. Cela génèrerait une augmentation de **244 600 Km PL par an** sur un réseau déjà chargé et peu adapté au trafic PL. Pour rappel le réseau routier Corse avait été identifié au chapitre 8 comme étant globalement peu favorable au transport de GNL en raison de l'étroitesse des chaussées, des pentes, de la sinuosité ou encore des conditions hivernales.

4.2. Impacts sur le secteur de Lisula

Le port de Lisula étant le seul point d'entrée, cela génèrerait un trafic PL supplémentaire important (1 250 PL / an, 25 PL / sem) et les capacités fret de la desserte de Lisula seraient alors à réajuster.

Aussi l'approvisionnement hebdomadaire de 25 ISO conteneurs sur remorques représente un flux significatif supplémentaire sur les capacités des navires rouliers (portes voitures et camions) vers Lisula.

Les freins majeurs au développement du GNL en tant que carburant pour véhicules sont donc d'ordre logistique et plus précisément issus du transport.



La coopération au cœur de la Méditerranée





LOT n°6 : PLAN DU RESEAU DE DISTRIBUTION ET DE TRANSPORT DU GNL SUR LE
TERRITOIRE DE LA REGION PROVENCE ALPES COTE D'AZUR

Projet GNL SIGNAL



Phase III- Base de données d'applications GNL dans les
territoires de la zone de coopération

Livrable T 3.3.1

Mars 2020



Sommaire

| | |
|--|----|
| Préambule | 3 |
| 1 Analyse du marché de transport de fret & passagers sur le territoire PACA | 3 |
| 1.1 Sources et méthodes | 3 |
| 1.2 Matrices O/D et analyses | 4 |
| 1.3 Estimation de la demande potentielle en GNL Carburant..... | 9 |
| 2 Etude report modal Toulon Livourne | 13 |
| 2.1 Benchmark : l'étude de cas de services maritimes continentaux apporte de riches enseignements pour le lancement de nouveaux services | 13 |
| 2.2 Caractérisation du marché transfrontalier : la moitié des flux transfrontaliers entre la France et l'Italie passe par l'A8 et leur majorité concerne des échanges dépassant les frontières de la France et de l'Italie | 22 |
| 2.3 Evaluation du marché accessible au report modal maritime entre Toulon et Livourne | 27 |
| 2.4 Quelle offre maritime pour répondre aux besoins du marché ? | 30 |
| 2.5 Conclusions : des conditions de marché et d'environnement des affaires peu propices au lancement d'une ligne maritime Toulon Livourne | 34 |

Préambule

Objectifs :

- Définir la demande potentielle en GNL carburant sur le territoire via la connaissance détaillée des flux de transport tout mode (« Matrices O/D »)
- Evaluer les opportunités de report modal vers le maritime de flux routiers entre les ports de Toulon et Livourne

1 Analyse du marché de transport de fret & passagers sur le territoire PACA

1.1 Sources et méthodes

Il n'existe pas de source de donnée origine/destination pour les voitures particulières, ni pour les poids lourds à une échelle suffisamment fine afin de permettre de reconstituer directement les matrices O/D des transports sur le territoire. C'est pourquoi la méthodologie employée met en œuvre un modèle de trafic construit en s'appuyant :

- d'une part, sur les données statistiques disponibles : nombre de déplacements individuels / tonnage de marchandise en chargement + déchargement
- et d'autre part, sur des lois de répartition et de diffusion des flux. Ces lois sont basées à la fois sur le poids de chaque entité en termes de population et d'emplois au lieu de travail et sur l'éloignement réciproque de chacune des entités.

Cette approche permet de reconstituer un modèle de diffusion des voyageurs et marchandises à l'échelle de tout le territoire.

Les sources de données statistiques employées sont :

- **Pour les données de population et d'emploi au lieu de travail** : les données du recensement de l'INSEE, données 2017, populations légales au 1^{er} janvier 2020
- **Pour les données sur les flux routiers de voyageurs** : les données sont issues des **enquêtes de déplacements** (Enquête Déplacement Grand Territoire Marseille / Bouches-du-Rhône 2009, Enquête Déplacement Grand Territoire Nice 2009, Enquête Mobilité Certifiée Cerema Gap 2018, Enquête Ménage Déplacement Toulon 2008, Enquête Déplacement Villes Moyenne Arles 2008, Draguignan 2006 et Var 2012). Ces enquêtes menées avec une méthodologie standardisée au moyen de questionnaires en face-à-face ou téléphonique portent sur les déplacements de larges échantillons de population représentatifs des zones concernées. Elles permettent de connaître le nombre de déplacements quotidien (en jour ouvré), la répartition modale, ainsi que la longueur des déplacements individuels. *Pour les besoins de l'étude, les territoires non couverts par de telles enquêtes, essentiellement les départements des Alpes-de-Haute-Provence et des Hautes-Alpes (hors agglomération de Gap), ainsi que l'agglomération d'Avignon (enquête de déplacements trop ancienne, datant de 1980) se sont vus affecter les données de territoires ayant des caractéristiques proches.*
- **Pour les données sur les flux de marchandises** :
 - o les données de Transport Routier de Marchandises du Service des Données et Etudes Statistique du Ministère / Sitram (enquêtes TRM, SNCF, VNF, Services des Douanes) ont été utilisées et recoupées avec les données Eurostat (donnant les quantités de transport routier de marchandise par région NUTS3 – correspondant en France au Départements)
 - o les données émanant des différents organismes en charge de l'exploitation des infrastructures : SNCF, Vinci Autoroutes, Grand Port Maritime de Marseille, CCI, Voies Navigables de France.
 - o les données issues d'études sur les transports, et notamment :
 - Etudes sur les transports de marchandises en PACA de 2014 du Cluster Logistique PACA,
 - Transports de marchandises dans la vallée du Rhône, Cete Méditerranée, juillet 2002
 - Transport de marchandises à travers les Alpes, Agence Alpine des Territoires - Département de La Savoie, octobre 2018

- DREAL Provence-Alpes-Côte-d'Azur, Observatoire des trafics à travers les Alpes 2008
- Réserves de capacité des infrastructures de transport en PACA, CETE Méditerranée, 2011

Le maillage retenu pour la constitution de la matrice est celui de l'arrondissement. En effet, ce niveau de détail permet de proposer une matrice à 18 entrées couvrant l'ensemble du territoire de la région Sud, qui présente un niveau de détail assez important, tout en restant lisible. De plus, les limites des arrondissements sont relativement peu changeantes dans le temps, ce qui permet un suivi des évolutions des matrices. Un maillage correspondant davantage aux réalités du territoire, par exemple, comportant les différentes agglomérations présenteraient des difficultés de définition, ne permettrait pas de couvrir l'ensemble du territoire et serait particulièrement peu stable dans le temps. Enfin, la région Sud compte 18 arrondissements pour environ 5,1 millions d'habitants, ce qui est proche de la division italienne en provinces (19 provinces pour 7 millions d'habitants au total sur les trois régions italiennes de Sardaigne, Toscane et Ligurie).

1.2 Matrices O/D et analyses

Déplacements individuels exprimés en nombre de véhicules.kilomètres par jour

DEPLACEMENTS INDIVIDUELS VP (en véh.km)

| | AIX-EN-PROVENCE | APT | ARLES | AVIGNON | BARCELONNETTE | BRIANCON | BRIGNOLES | CARPENTRAS | CASTELLANE | DIGNE-LES-BAINS | DRAGUIGNAN | FORCALQUIER | GAP | GRASSE | ISTRES | MARSEILLE | NICE | TOULON |
|-----------------|-----------------|-----------|-----------|-----------|---------------|----------|-----------|------------|------------|-----------------|------------|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| AIX-EN-PROVENCE | 4 308 294 | 79 624 | 79 836 | 117 619 | 1 461 | 4 959 | 58 563 | 47 262 | 2 398 | 14 616 | 89 616 | 37 404 | 20 311 | 108 655 | 214 621 | 977 937 | 81 521 | 219 835 |
| APT | 122 781 | 1 478 844 | 31 858 | 72 150 | 746 | 2 485 | 21 509 | 42 483 | 1 176 | 8 425 | 36 780 | 29 189 | 12 103 | 47 035 | 64 848 | 175 675 | 36 662 | 65 248 |
| ARLES | 160 410 | 39 986 | 2 686 611 | 142 545 | 958 | 3 591 | 27 123 | 42 563 | 1 375 | 8 631 | 47 627 | 18 915 | 14 481 | 66 042 | 297 185 | 350 779 | 52 842 | 108 958 |
| AVIGNON | 78 142 | 33 373 | 50 421 | 3 121 809 | 592 | 2 212 | 15 058 | 67 198 | 830 | 5 664 | 26 621 | 13 373 | 10 026 | 36 859 | 79 308 | 142 931 | 29 910 | 51 766 |
| BARCELONNETTE | 3 526 | 1 253 | 1 230 | 2 148 | 92 825 | 670 | 1 452 | 1 099 | 178 | 1 365 | 3 767 | 1 201 | 2 289 | 7 451 | 2 075 | 7 414 | 6 470 | 4 233 |
| BRIANCON | 16 670 | 5 960 | 6 491 | 11 466 | 957 | 406 022 | 6 188 | 5 771 | 573 | 4 086 | 14 706 | 4 983 | 12 819 | 27 593 | 10 588 | 35 468 | 25 402 | 19 441 |
| BRIGNOLES | 87 667 | 19 358 | 20 296 | 29 304 | 780 | 2 329 | 1 791 074 | 13 642 | 1 868 | 8 329 | 108 882 | 15 397 | 9 400 | 85 304 | 38 087 | 211 260 | 58 899 | 211 875 |
| CARPENTRAS | 29 894 | 46 761 | 27 318 | 352 441 | 92 702 | 40 127 | 36 762 | 1 488 875 | 367 | 2 646 | 11 249 | 6 694 | 4 762 | 15 602 | 23 792 | 52 391 | 12 598 | 20 280 |
| CASTELLANE | 3 933 | 1 252 | 1 166 | 1 911 | 113 | 255 | 2 209 | 959 | 113 195 | 1 429 | 8 141 | 1 330 | 1 046 | 11 667 | 2 069 | 8 336 | 7 103 | 5 396 |
| DIGNE-LES-BAINS | 29 683 | 11 190 | 9 090 | 16 260 | 1 080 | 2 263 | 12 287 | 8 629 | 1 781 | 656 276 | 31 267 | 14 299 | 11 886 | 46 734 | 15 955 | 58 118 | 34 986 | 32 572 |
| DRAGUIGNAN | 161 178 | 43 473 | 44 514 | 68 025 | 2 652 | 7 249 | 142 966 | 32 652 | 9 035 | 27 830 | 3 916 573 | 39 836 | 28 134 | 427 816 | 79 599 | 362 797 | 244 666 | 295 206 |
| FORCALQUIER | 64 945 | 33 460 | 17 099 | 33 134 | 820 | 2 382 | 19 604 | 18 842 | 1 431 | 12 340 | 38 627 | 1 042 165 | 12 670 | 48 363 | 32 395 | 111 510 | 36 361 | 52 889 |
| GAP | 45 481 | 18 278 | 17 036 | 32 728 | 2 059 | 8 073 | 15 767 | 17 659 | 1 483 | 13 515 | 35 940 | 16 693 | 1 288 247 | 60 109 | 28 459 | 92 296 | 50 828 | 47 528 |
| GRASSE | 68 796 | 20 197 | 22 019 | 34 209 | 1 905 | 4 940 | 40 682 | 16 449 | 4 703 | 15 108 | 155 386 | 18 116 | 17 090 | 4 896 735 | 38 098 | 158 192 | 405 442 | 114 175 |
| ISTRES | 294 328 | 61 970 | 217 046 | 163 812 | 1 181 | 4 219 | 40 424 | 55 823 | 1 856 | 11 479 | 64 342 | 27 006 | 18 008 | 84 788 | 3 514 369 | 567 419 | 67 508 | 151 383 |
| MARSEILLE | 673 730 | 81 639 | 126 967 | 143 564 | 2 052 | 6 873 | 109 037 | 59 777 | 3 637 | 20 333 | 142 607 | 45 204 | 28 399 | 171 201 | 275 926 | 8 823 558 | 131 509 | 479 677 |
| NICE | 59 070 | 17 619 | 19 974 | 31 069 | 1 851 | 5 090 | 31 438 | 14 865 | 3 205 | 12 658 | 99 458 | 15 244 | 16 174 | 453 773 | 33 950 | 136 001 | 4 507 999 | 93 923 |
| TOULON | 200 760 | 39 497 | 51 896 | 67 737 | 1 526 | 4 908 | 142 461 | 30 144 | 3 067 | 14 846 | 151 169 | 27 931 | 19 052 | 160 973 | 95 902 | 624 900 | 118 316 | 5 837 397 |

Déplacements transports en commun urbains exprimés en voyageurs.kilomètres par jour

DEPLACEMENTS TC URBAINS (en voy.km)

| | AIX-EN-PROVENCE | APT | ARLES | AVIGNON | BARCELONNETTE | BRIANCON | BRIGNOLES | CARPENTRAS | CASTELLANE | DIGNE-LES-BAINS | DRAGUIGNAN | FORCALQUIER | GAP | GRASSE | ISTRES | MARSEILLE | NICE | TOULON |
|-----------------|-----------------|--------|---------|---------|---------------|----------|-----------|------------|------------|-----------------|------------|-------------|--------|---------|---------|-----------|---------|---------|
| AIX-EN-PROVENCE | 479 111 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| APT | - | 63 438 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| ARLES | - | - | 140 017 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| AVIGNON | - | - | - | 586 292 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| BARCELONNETTE | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| BRIANCON | - | - | - | - | - | 8 900 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| BRIGNOLES | - | - | - | - | - | - | 39 261 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| CARPENTRAS | - | - | - | - | - | - | - | 63 868 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| CASTELLANE | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| DIGNE-LES-BAINS | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 14 386 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| DRAGUIGNAN | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 97 647 | - | - | - | - | - | - | - |
| FORCALQUIER | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 22 845 | - | - | - | - | - | - |
| GAP | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 74 046 | - | - | - | - | - |
| GRASSE | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 791 520 | - | - | - | - |
| ISTRES | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 150 756 | - | - | - |
| MARSEILLE | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 2 790 792 | - | - |
| NICE | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 728 684 | - |
| TOULON | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 740 461 |

DEPLACEMENTS TC INTERURBAINS (en voy.km)

| | AIX-EN-PROVENCE | APT | ARLES | AVIGNON | BARCELONNETTE | BRIANCON | BRIGNOLES | CARPENTRAS | CASTELLANE | DIGNE-LES-BAINS | DRAGUIGNAN | FORCALQUIER | GAP | GRASSE | ISTRES | MARSEILLE | NICE | TOULON |
|-----------------|-----------------|---------|---------|---------|---------------|----------|-----------|------------|------------|-----------------|------------|-------------|--------|---------|---------|-----------|---------|---------|
| AIX-EN-PROVENCE | 493 702 | 18 231 | 18 280 | 26 931 | 334 | 1 136 | 13 409 | 10 821 | 549 | 3 346 | 20 519 | 8 564 | 4 650 | 24 878 | 49 141 | 223 913 | 18 665 | 50 334 |
| APT | 18 652 | 117 146 | 4 840 | 10 960 | 113 | 378 | 3 268 | 6 454 | 179 | 1 280 | 5 587 | 4 434 | 1 839 | 7 145 | 9 851 | 26 687 | 5 569 | 9 912 |
| ARLES | 11 974 | 2 985 | 103 315 | 10 641 | 71 | 268 | 2 025 | 3 177 | 103 | 644 | 3 555 | 1 412 | 1 081 | 4 930 | 22 184 | 26 185 | 3 945 | 8 134 |
| AVIGNON | 20 692 | 8 837 | 13 352 | 170 609 | 157 | 586 | 3 987 | 17 794 | 220 | 1 500 | 7 049 | 3 541 | 2 655 | 9 760 | 21 001 | 37 849 | 7 920 | 13 708 |
| BARCELONNETTE | 350 | 124 | 122 | 213 | 6 779 | 66 | 144 | 109 | 18 | 135 | 374 | 119 | 227 | 739 | 206 | 736 | 642 | 420 |
| BRIANCON | 1 654 | 591 | 644 | 1 138 | 95 | 20 750 | 614 | 573 | 57 | 405 | 1 459 | 494 | 1 272 | 2 737 | 1 050 | 3 519 | 2 520 | 1 929 |
| BRIGNOLES | 8 697 | 1 920 | 2 013 | 2 907 | 77 | 231 | 91 535 | 1 353 | 185 | 826 | 10 802 | 1 528 | 933 | 8 463 | 3 778 | 20 958 | 5 843 | 21 019 |
| CARPENTRAS | 4 541 | 7 103 | 4 150 | 53 539 | 14 082 | 6 096 | 5 584 | 117 941 | 56 | 402 | 1 709 | 1 017 | 723 | 2 370 | 3 614 | 7 959 | 1 914 | 3 081 |
| CASTELLANE | 390 | 124 | 116 | 190 | 11 | 25 | 219 | 95 | 8 266 | 142 | 808 | 132 | 104 | 1 157 | 205 | 827 | 705 | 535 |
| DIGNE-LES-BAINS | 2 945 | 1 110 | 902 | 1 613 | 107 | 225 | 1 219 | 856 | 177 | 33 540 | 3 102 | 1 419 | 1 179 | 4 636 | 1 583 | 5 766 | 3 471 | 3 231 |
| DRAGUIGNAN | 13 566 | 3 659 | 3 747 | 5 725 | 223 | 610 | 12 033 | 2 748 | 760 | 2 342 | 169 818 | 3 353 | 2 368 | 36 008 | 6 700 | 30 536 | 20 593 | 24 847 |
| FORCALQUIER | 6 443 | 3 319 | 1 696 | 3 287 | 81 | 236 | 1 945 | 1 869 | 142 | 1 224 | 3 832 | 53 261 | 1 257 | 4 798 | 3 214 | 11 063 | 3 607 | 5 247 |
| GAP | 7 931 | 3 187 | 2 971 | 5 707 | 359 | 1 408 | 2 749 | 3 079 | 259 | 2 357 | 6 267 | 2 911 | 87 871 | 10 481 | 4 962 | 16 094 | 8 863 | 8 287 |
| GRASSE | 23 007 | 6 754 | 7 364 | 11 440 | 637 | 1 652 | 13 605 | 5 501 | 1 573 | 5 052 | 51 965 | 6 058 | 5 715 | 379 742 | 12 741 | 52 903 | 135 590 | 38 183 |
| ISTRES | 44 712 | 9 414 | 32 972 | 24 885 | 179 | 641 | 6 141 | 8 480 | 282 | 1 744 | 9 774 | 4 103 | 2 736 | 12 880 | 278 390 | 86 197 | 10 255 | 22 997 |
| MARSEILLE | 91 150 | 11 045 | 17 177 | 19 423 | 278 | 930 | 14 752 | 8 087 | 492 | 2 751 | 19 293 | 6 116 | 3 842 | 23 162 | 37 330 | 338 516 | 17 792 | 64 896 |
| NICE | 19 755 | 5 892 | 6 680 | 10 390 | 619 | 1 702 | 10 514 | 4 971 | 1 072 | 4 233 | 33 261 | 5 098 | 5 409 | 151 753 | 11 354 | 45 482 | 349 595 | 31 410 |
| TOULON | 13 590 | 2 674 | 3 513 | 4 585 | 103 | 332 | 9 644 | 2 041 | 208 | 1 005 | 10 233 | 1 891 | 1 290 | 10 897 | 6 492 | 42 302 | 8 009 | 118 810 |

Note : le maillage utilisé pour ces matrices est l'arrondissement. Un arrondissement, bien qu'étant nommé par un nom de commune comporte plusieurs communes. Cela explique qu'il y ait des transports interurbains comptabilisés au sein même de chaque arrondissement.

Trafics routiers de marchandises exprimés en véhicules.kilomètres par jour

| | AIX-EN-PROVENCE | APT | ARLES | AVIGNON | BARCELONNETTE | BRIANCON | BRIGNOLES | CARPENTRAS | CASTELLANE | DIGNE-LES-BAINS | DRAGUIGNAN | FORCALQUIER | GAP | GRASSE | ISTRES | MARSEILLE | NICE | TOULON |
|-----------------|-----------------|--------|--------|---------|---------------|----------|-----------|------------|------------|-----------------|------------|-------------|-------|--------|--------|-----------|--------|--------|
| AIX-EN-PROVENCE | 27 537 | 4 070 | 9 271 | 9 968 | 269 | 1 207 | 4 490 | 4 069 | 306 | 1 789 | 10 247 | 2 868 | 3 497 | 18 270 | 8 972 | 21 324 | 16 449 | 18 334 |
| APT | 3 395 | 5 988 | 1 599 | 8 316 | 62 | 273 | 1 205 | 2 546 | 76 | 441 | 2 515 | 701 | 837 | 4 346 | 2 406 | 8 180 | 4 001 | 4 463 |
| ARLES | 7 991 | 2 512 | 12 141 | 5 971 | 161 | 716 | 2 865 | 2 519 | 189 | 1 100 | 6 289 | 1 757 | 2 123 | 11 065 | 2 178 | 20 260 | 10 057 | 11 212 |
| AVIGNON | 10 592 | 14 341 | 4 990 | 14 665 | 195 | 852 | 3 758 | 7 168 | 238 | 1 377 | 7 847 | 2 187 | 2 610 | 13 561 | 7 508 | 25 525 | 12 485 | 13 922 |
| BARCELONNETTE | 407 | 122 | 192 | 277 | 634 | 33 | 145 | 122 | 106 | 467 | 302 | 1 352 | 100 | 522 | 289 | 982 | 480 | 536 |
| BRIANCON | 1 187 | 354 | 559 | 807 | 22 | 1 680 | 421 | 356 | 27 | 154 | 879 | 245 | 4 331 | 1 520 | 841 | 2 860 | 1 399 | 1 560 |
| BRIGNOLES | 1 832 | 546 | 863 | 1 246 | 34 | 148 | 6 971 | 550 | 41 | 238 | 3 777 | 378 | 451 | 2 345 | 1 298 | 4 414 | 2 159 | 6 161 |
| CARPENTRAS | 2 422 | 2 546 | 2 248 | 4 156 | 15 492 | 7 976 | 5 120 | 5 986 | 54 | 315 | 1 794 | 500 | 597 | 3 101 | 1 717 | 5 837 | 2 855 | 3 184 |
| CASTELLANE | 292 | 87 | 137 | 198 | 107 | 23 | 103 | 88 | 722 | 396 | 216 | 1 084 | 72 | 373 | 207 | 703 | 344 | 383 |
| DIGNE-LES-BAINS | 2 127 | 634 | 1 002 | 1 447 | 674 | 171 | 755 | 639 | 567 | 4 216 | 1 576 | 6 086 | 524 | 2 723 | 1 508 | 5 126 | 2 507 | 2 796 |
| DRAGUIGNAN | 4 367 | 1 303 | 2 058 | 2 971 | 80 | 351 | 4 729 | 1 311 | 98 | 568 | 15 908 | 902 | 1 076 | 5 591 | 3 096 | 10 524 | 5 148 | 34 644 |
| FORCALQUIER | 2 871 | 856 | 1 353 | 1 953 | 2 837 | 231 | 1 019 | 862 | 2 257 | 8 862 | 2 127 | 6 757 | 708 | 3 676 | 2 035 | 6 919 | 3 384 | 3 774 |
| GAP | 2 626 | 783 | 1 237 | 1 787 | 48 | 12 543 | 932 | 789 | 59 | 341 | 1 946 | 542 | 4 866 | 3 363 | 1 862 | 6 329 | 3 096 | 3 452 |
| GRASSE | 7 626 | 2 275 | 3 593 | 5 187 | 140 | 613 | 2 706 | 2 290 | 171 | 991 | 5 650 | 1 574 | 1 879 | 25 920 | 5 405 | 18 377 | 28 800 | 10 024 |
| ISTRES | 8 287 | 3 545 | 2 334 | 8 084 | 219 | 956 | 4 217 | 3 569 | 266 | 1 545 | 8 804 | 2 454 | 2 929 | 15 216 | 19 583 | 24 241 | 14 008 | 15 621 |
| MARSEILLE | 34 604 | 10 198 | 38 141 | 23 258 | 629 | 2 750 | 12 131 | 10 267 | 767 | 4 445 | 25 329 | 7 059 | 8 425 | 43 774 | 42 591 | 64 444 | 40 299 | 44 940 |
| NICE | 8 730 | 2 604 | 4 113 | 5 939 | 161 | 702 | 3 097 | 2 622 | 196 | 1 135 | 6 468 | 1 802 | 2 151 | 25 930 | 6 188 | 21 038 | 23 337 | 11 475 |
| TOULON | 7 673 | 2 289 | 3 615 | 5 219 | 141 | 617 | 11 950 | 2 304 | 172 | 998 | 53 657 | 1 584 | 1 891 | 9 824 | 5 439 | 18 490 | 9 044 | 28 465 |

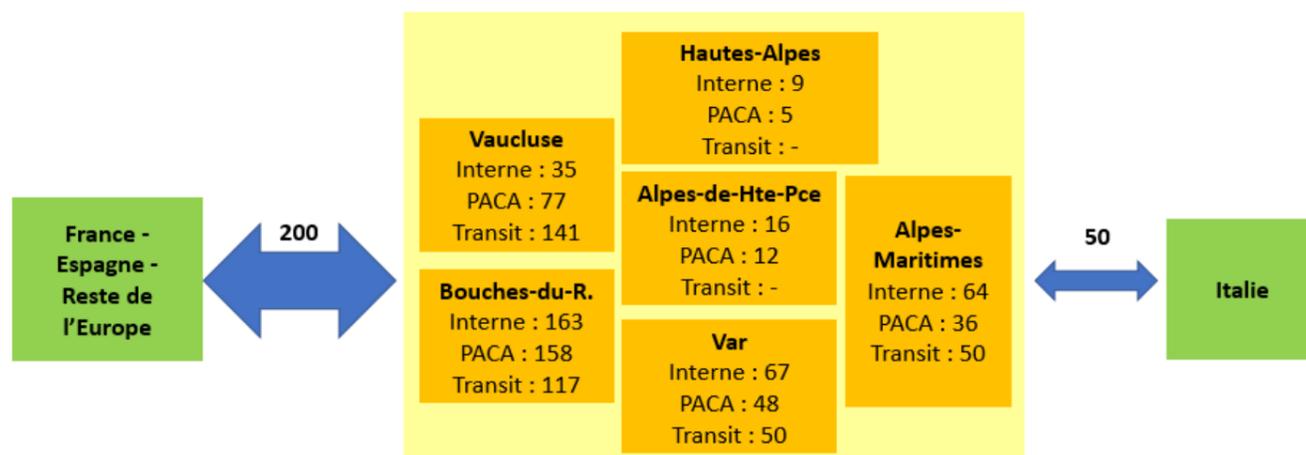
Hypothèses prises en compte :

- 300 jours de circulation des poids-lourds par an
- Charge moyenne par PL en circulation : 9,8 t (données SDES, 2017, Trafic Routier de Marchandises sous pavillon français)
- Distance moyenne parcourue à l'intérieur d'un arrondissement : 15 km
- Pour chaque arrondissement, la moitié du trafic intradépartemental est interne à l'arrondissement et l'autre moitié se répartit entre le (ou les) autre(s) arrondissement(s) du département

Trafics routiers de marchandises exprimés en véhicules par jour

| | AIX-EN-PROVENCE | APT | ARLES | AVIGNON | BARCELONNETTE | BRIANCON | BRIGNOLES | CARPENTRAS | CASTELLANE | DIGNE-LES-BAINS | DRAGUIGNAN | FORCALQUIER | GAP | GRASSE | ISTRES | MARSEILLE | NICE | TOULON |
|-----------------|-----------------|-----|-------|---------|---------------|----------|-----------|------------|------------|-----------------|------------|-------------|-----|--------|--------|-----------|-------|--------|
| AIX-EN-PROVENCE | 1 836 | 161 | 232 | 237 | 3 | 10 | 118 | 95 | 5 | 29 | 181 | 75 | 41 | 219 | 374 | 1 230 | 164 | 444 |
| APT | 134 | 399 | 35 | 283 | 1 | 3 | 23 | 116 | 1 | 9 | 40 | 32 | 13 | 51 | 71 | 192 | 40 | 71 |
| ARLES | 200 | 55 | 809 | 195 | 1 | 5 | 37 | 58 | 2 | 12 | 65 | 26 | 20 | 90 | 142 | 468 | 72 | 149 |
| AVIGNON | 252 | 489 | 163 | 978 | 2 | 7 | 49 | 489 | 3 | 18 | 86 | 43 | 32 | 119 | 256 | 461 | 97 | 167 |
| BARCELONNETTE | 4 | 2 | 2 | 3 | 42 | 1 | 2 | 1 | 3 | 15 | 5 | 24 | 3 | 9 | 3 | 9 | 8 | 5 |
| BRIANCON | 10 | 4 | 4 | 7 | 1 | 112 | 4 | 3 | 0 | 2 | 9 | 3 | 112 | 16 | 6 | 21 | 15 | 11 |
| BRIGNOLES | 48 | 11 | 11 | 16 | 0 | 1 | 465 | 8 | 1 | 5 | 167 | 8 | 5 | 47 | 21 | 116 | 32 | 298 |
| CARPENTRAS | 57 | 116 | 52 | 283 | 176 | 76 | 70 | 399 | 1 | 5 | 21 | 13 | 9 | 30 | 45 | 99 | 24 | 39 |
| CASTELLANE | 5 | 1 | 1 | 2 | 3 | 0 | 3 | 1 | 48 | 17 | 10 | 28 | 1 | 14 | 2 | 10 | 8 | 6 |
| DIGNE-LES-BAINS | 35 | 13 | 11 | 19 | 22 | 3 | 15 | 10 | 25 | 281 | 37 | 234 | 14 | 55 | 19 | 69 | 41 | 38 |
| DRAGUIGNAN | 77 | 21 | 21 | 33 | 1 | 3 | 209 | 16 | 4 | 13 | 1 061 | 19 | 13 | 205 | 38 | 173 | 117 | 852 |
| FORCALQUIER | 76 | 39 | 20 | 39 | 51 | 3 | 23 | 22 | 58 | 341 | 45 | 450 | 15 | 56 | 38 | 130 | 42 | 62 |
| GAP | 31 | 12 | 12 | 22 | 1 | 324 | 11 | 12 | 1 | 9 | 24 | 11 | 324 | 41 | 19 | 62 | 34 | 32 |
| GRASSE | 92 | 27 | 29 | 46 | 3 | 7 | 54 | 22 | 6 | 20 | 207 | 24 | 23 | 1 728 | 51 | 210 | 1 728 | 152 |
| ISTRES | 345 | 104 | 152 | 276 | 2 | 7 | 68 | 94 | 3 | 19 | 108 | 45 | 30 | 143 | 1 306 | 808 | 114 | 255 |
| MARSEILLE | 1 996 | 239 | 880 | 420 | 6 | 20 | 319 | 175 | 11 | 60 | 418 | 132 | 83 | 501 | 1 420 | 4 296 | 385 | 1 404 |
| NICE | 87 | 26 | 30 | 46 | 3 | 8 | 46 | 22 | 5 | 19 | 147 | 23 | 24 | 1 556 | 50 | 201 | 1 556 | 139 |
| TOULON | 186 | 37 | 48 | 63 | 1 | 5 | 578 | 28 | 3 | 14 | 1 319 | 26 | 18 | 149 | 89 | 578 | 109 | 1 898 |

Estimation des échanges routiers en milliers de tonnes par jour internes aux départements, internes à la région et en échange :



Vitesses de déplacements en voiture

Distances en km et temps en voiture entre les principaux chefs-lieux d'arrondissement

| | AIX-EN-PCE | ARLES | AVIGNON | BRIANCON | BRIGNOLES | DIGNE | DRAGUIGNAN | GAP | GRASSE | ISTRES | MARSEILLE | NICE | TOULON |
|-----------------|------------|-------|---------|----------|-----------|--------|------------|--------|--------|--------|-----------|--------|--------|
| AIX-EN-PROVENCE | | 60 km | 63 km | 181 km | 57 km | 91 km | 85 km | 128 km | 125 km | 36 km | 26 km | 150 km | 62 km |
| ARLES | 1h04 | | 46 km | 219 km | 116 km | 140 km | 145 km | 161 km | 184 km | 23 km | 65 km | 209 km | 113 km |
| AVIGNON | 1h07 | 0h46 | | 179 km | 116 km | 113 km | 137 km | 121 km | 171 km | 44 km | 83 km | 194 km | 125 km |
| BRIANCON | 2h49 | 3h34 | 3h31 | | 173 km | 96 km | 152 km | 58 km | 140 km | 202 km | 205 km | 140 km | 204 km |
| BRIGNOLES | 0h45 | 1h25 | 1h28 | 3h08 | | 78 km | 34 km | 131 km | 75 km | 93 km | 57 km | 100 km | 31 km |
| DIGNE-LES-BAINS | 1h20 | 2h04 | 2h01 | 2h22 | 1h43 | | 64 km | 56 km | 74 km | 120 km | 112 km | 91 km | 109 km |
| DRAGUIGNAN | 1h20 | 1h57 | 2h00 | 3h34 | 0h46 | 1h49 | | 120 km | 41 km | 122 km | 91 km | 66 km | 61 km |
| GAP | 1h38 | 2h23 | 2h20 | 1h19 | 2h02 | 1h12 | 2h27 | | 124 km | 145 km | 152 km | 135 km | 161 km |
| GRASSE | 1h49 | 2h26 | 2h28 | 4h07 | 1h16 | 1h59 | 1h03 | 2h56 | | 160 km | 131 km | 25 km | 99 km |
| ISTRES | 0h55 | 0h40 | 1h00 | 3h20 | 1h21 | 1h57 | 1h51 | 2h12 | 2h13 | | 45 km | 185 km | 92 km |
| MARSEILLE | 0h37 | 1h08 | 1h11 | 3h05 | 1h00 | 1h40 | 1h35 | 1h56 | 1h57 | 0h51 | | 157 km | 48 km |
| NICE | 1h57 | 2h33 | 2h35 | 4h17 | 1h23 | 2h22 | 1h06 | 3h06 | 0h39 | 2h26 | 2h09 | | 124 km |
| TOULON | 1h02 | 1h41 | 1h43 | 3h28 | 0h45 | 2h04 | 1h04 | 2h19 | 1h27 | 1h27 | 0h49 | 1h36 | |

Vitesses moyennes
 70-90 km/h
 60-70 km/h
 40-60 km/h
 < 40 km/h

Hypothèses et remarques :

- Les distances sont calculées « à vol d'oiseau »
- Les temps de parcours sont calculés par Google Maps en période de trafic fluide, de centre-ville à centre-ville

Trafics fluviaux en tonnes (chargement + déchargements)

| | Arrdt d'Arles | Arrdt d'Avignon | Arrdt d'Istres |
|-----------------|---------------|-----------------|----------------|
| Arrdt d'Arles | 18 | 11 | 123 |
| Arrdt d'Avignon | | 7 | 58 |
| Arrdt d'Istres | | | 0 |

Hypothèses prises en compte :

- Le trafic fluvial interne à la région PACA est de 217 000 tonnes en 2017 selon le SDES
- Le trafic fluvial se répartit en fonction du poids du trafic des ports de l'arrondissement
- Pour les besoins de l'analyse, il a été considéré que l'ensemble du trafic fluvial du GPMM était concentré sur l'arrondissement d'Istres (bien que Port-Saint-Louis-du-Rhône est dans l'arrondissement d'Arles)

1.3 Estimation de la demande potentielle en GNL Carburant

1.3.1 Identification des usages du GNL carburant

Segmentation simplifiée des poids lourds et usages :

| Illustration | Type de poids lourd | Distances moyennes parcourues par an |
|---|--|---|
|  | Camionnette | Faible |
|  | Camion porteur | Faible (~75 000 km/an ¹) |
|  | Ensemble routier camion et remorque | Variable |
|  | Ensemble routier tracteur et semi-remorque | Elevée (~95 000 pour le transport régional à ~115 000 km/an ² pour le transport national et international) |
|  | Bus et cars | Faible (~35 000 km/an ²) |

* Les distances peuvent bien évidemment varier en fonction des usages. Les informations données dans le tableau ci-dessus constituent une généralisation permettant de donner une vision simplifiée des usages en fonction du type de poids lourd.

A ce jour, le choix des motorisations au gaz naturel dépend des usages des véhicules et est corrélé à la distance annuelle moyenne parcourue. Les motorisations au GNC (gaz naturel comprimé) sont plus adaptées aux véhicules qui parcourent généralement de courtes distances (camionnettes, camions porteurs, bus et cars). En effet, les réservoirs au GNC permettent une autonomie relativement faible adaptée aux usages de ces véhicules. Par ailleurs leur coût d'acquisition et d'entretien est inférieur au coût d'acquisition d'un véhicule au GNL (coût d'acquisition tracteur GNC de 20% à 30% plus cher qu'un tracteur diesel ; tracteur GNL de 40% à 50% plus cher qu'un tracteur diesel). Les motorisations au GNL sont quant à elles plus adaptées aux

¹ Source : CNR (Comité National Routier)

² Source : Ministère de l'Environnement, de l'Energie et de la Mer

véhicules parcourant de longues distances (ensembles routiers tracteurs + semi-remorques) grâce à l'autonomie supérieure permise par ce carburant et la forte capacité des réservoirs. Le coût d'acquisition des tracteurs au GNL est supérieur mais les économies réalisées sur le carburant, associées à un fort taux d'utilisation des équipements, permettent de compenser ce surcoût.

En outre, le GNC est privilégié au GNL pour les véhicules légers pour les mêmes raisons que pour les poids lourds. Également, le GNL n'est pas adapté à l'usage discontinu des véhicules particuliers (non-utilisation pendant plusieurs jours consécutifs). Les opérations de chargement de carburant ne sont pas adaptées à un usage particulier (nécessité d'une formation pour pouvoir effectuer un chargement de GNL).

Ainsi, à ce jour, seuls les poids lourds de la catégorie tracteur + semi-remorque disposent d'une offre de motorisation au GNL. Cette segmentation entre véhicules GNL et véhicules GNC semble appelée à perdurer dans le temps. De ce fait les projections de consommation de GNL sont réalisées sur la base de l'évolution du parc de tracteurs routiers uniquement. Il est important de noter qu'une offre de tracteurs routier existe également en motorisation GNC : de ce fait les projections intègrent une part de motorisations GNL et une part de motorisations GNC pour ce type de véhicules.

1.3.2 Evaluation du marché actuel de la consommation de carburant par les tracteurs routiers en région PACA

A ce jour, la part de marché du GNL carburant est très faible en France et en région PACA en particulier. Elle représente 0,4% des distances parcourues par les tracteurs routiers 44 t sur le territoire régional.

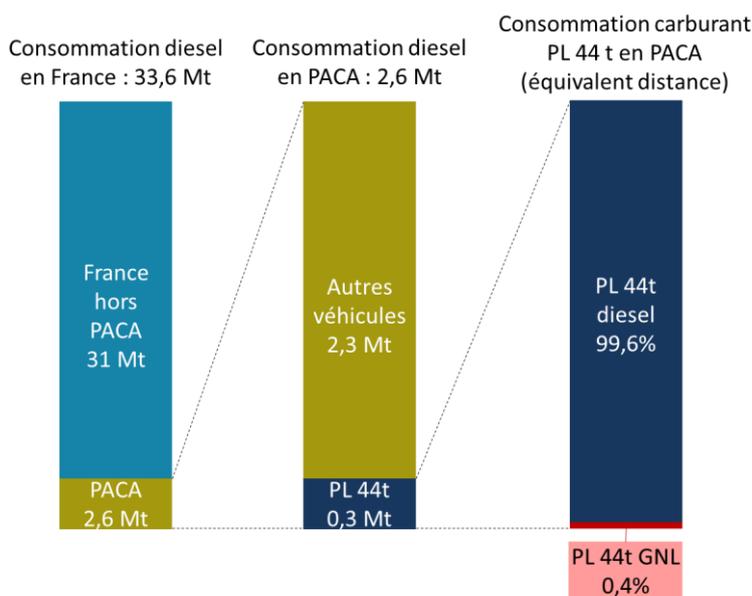


Figure 1 - Part du GNL dans la consommation de carburant des tracteur routiers 44 t en PACA (source : See'Up)

Le calcul de la consommation de carburant par les tracteurs routiers en région PACA (schéma ci-dessus) est réalisé sur la base des éléments suivants :

- Calcul de la consommation de diesel en région PACA :
 - o La consommation de diesel en France s'élève à 33,6 millions de tonnes (source : Insee 2018)
 - o La consommation de diesel en région PACA est estimée à 2,6 millions de tonnes (source : See'Up, sur la base de ratios de population régionale (Insee : 7%) et trafic moyen journalier annuel régional (data.gouv.fr : 8%))
- Calcul de la part des tracteurs 44 t en région PACA dans le trafic moyen journalier annuel :
 - o La part des poids lourds en PACA dans le trafic moyen journalier annuel régional est de 8,9% (source : data.gouv.fr 2017)
 - o La part des tracteurs routiers parmi les PL au niveau national est de 32% (source : data.gouv.fr)

2018)

- o La part des tracteurs 44 t dans le trafic moyen journalier annuel en PACA est donc de 2,85%
- Calcul de la part des tracteurs 44 t dans la consommation de diesel en PACA :
 - o La consommation moyenne d'un tracteur 44 t est de 32 l/100 km (source : statistiques.developpement-durable.fr, analyse See'Up)
 - o La consommation moyenne des autres véhicules diesel (voitures particulières et véhicules utilitaires) est de 7 l/100 km (source : statistiques.developpement-durable.fr, analyse See'Up)
 - o Nous avons donc 2,85% des km réalisés en PACA par des véhicules diesel consommant 32 l/100km et 87,15% des km réalisés en PACA par des véhicules diesel consommant 7 l/100 km. Cela permet de déduire que la part des tracteurs 44 t dans la consommation de diesel est de 12%, soit 0,3 Mt.
- Calcul du taux de pénétration du GNL carburant dans la consommation de carburant des PL 44 t en PACA :
 - o 0,3 Mt de diesel permettent de parcourir 1137 millions de km
 - o La consommation de GNL en PACA, à hauteur de 1500 t en 2019, permet de parcourir 5 millions de km
 - o La part des km réalisés par des tracteurs 44 t GNL parmi tous les tracteurs 44 t en PACA est donc de 0,4%

1.3.3 Projection des besoins en GNL carburant

Il existe peu d'études portant sur l'évolution des besoins en GNL carburant à l'échelle nationale. Selon les sources considérées, il est possible d'estimer la consommation de GNL carburant en PACA à horizon 2030 entre ~40 000 t et ~80 000 t.

L'association européenne NGVA (Natural & bio Gas Vehicle Association) prévoit un taux de pénétration des motorisations GNV (gaz naturel pour véhicules) parmi les poids lourds à hauteur de 25% en 2030. En prenant l'hypothèse de 50% de motorisations GNC et 50% de motorisations GNL, le taux de pénétration des motorisations GNL parmi les PL s'élève à 12,5%, soit une consommation d'environ 43 000 t de GNL en région PACA (détail du calcul ci-dessous).

Calcul de la consommation de GNL sur la base d'un taux de pénétration de 12,5% de tracteurs routiers à motorisation GNL à horizon 2030 :

- Nous considérons que les trafics de marchandises restent stables dans les 10 ans à venir
- La consommation actuelle de diesel par les tracteurs 44 t en PACA permet de parcourir 1137 millions de km (sur la base d'une consommation moyenne de 32 l/100km)
- La consommation de GNL par les tracteurs 44 t devra donc permettre de parcourir 142 millions de km (12,5% x 1137 Mkm), ce qui correspond à une consommation de 42,6 kt de GNL (sur la base d'une consommation moyenne de 30 kg/100 km).

De son côté l'association AFGNV (Association Française du Gaz Naturel Véhicules) prévoit la mise en circulation de 220 000 PL au GNV d'ici 2030 en France. Considérant une part des tracteurs routier parmi les PL de 30% (source : data.gouv.fr 2018) et en prenant l'hypothèse d'un mix équilibré de motorisation GNC/GNL parmi ces tracteurs, le nombre de tracteurs 44 t fonctionnement au GNL à horizon 2030 peut être estimé à 33 000 véhicules en France. Cela correspond à une consommation d'environ 80 000 t de GNL en région PACA (détail du calcul ci-dessous).

- 33 000 tracteurs 44 t parcourent environ 3800 millions de km par an, soit une consommation de 1,14 Mt de GNL à l'échelle nationale (30 kg de GNL / 100 km).
- Considérant une part de 7% de la région PACA dans la consommation nationale de GNL carburant, la consommation de GNL carburant en région PACA s'élève donc à 80 000 t à horizon 2030.

1.3.4 Quelle maillage cible de stations GNL en région PACA ?

En prenant les hypothèses suivantes :

- Un taux moyen d'utilisation d'une station GNL à hauteur de 50% (pour une capacité totale de 5000

- t/an par station), soit la fourniture de 2500 t/an de GNL par station,
- Un besoin en GNL carburant compris entre 40 kt et 80 kt en région PACA

Le maillage cible de stations GNL en région PACA se trouve ainsi entre 17 et 34 stations sur le territoire (contre 3 stations actuellement).

2 Etude report modal Toulon Livourne

2.1 Benchmark : l'étude de cas de services maritimes continentaux apporte de riches enseignements pour le lancement de nouveaux services

2.1.1 Benchmark : étude de 5 cas de lignes maritimes ro-ro/ropax continentales

Le transport maritime ro-ro et ropax dédié au transport de poids lourds et passagers est particulièrement adapté aux transports entre le continent et les territoires insulaires. En effet, ce type de transport permet des fréquences plus élevées et une limitation de l'impact des ruptures de charges (peu, voire pas de manutention). Ce n'est pas le cas du transport conteneurisé qui repose sur des schémas de transport avec des fréquences hebdomadaires et nécessite des équipements lourds et du personnel dédié à la manutention.

En revanche, le transport ro-ro et ropax peine à s'imposer sur des liaisons continentales face à la concurrence de la route dont les chaînes logistiques bénéficient d'une forte flexibilité, de transit times réduits et d'un coût compétitif. De nombreuses lignes maritimes ro-ro et ropax ont été expérimentées en Europe de l'ouest et méditerranéenne. Certaines, toujours actives et économiquement pertinentes, présentent un avantage comparatif par rapport à la route et constituent une véritable alternative plébiscitée par les transporteurs. D'autres au contraire, n'ont pas su trouver leur marché ou leur équilibre économique.

Dans le contexte d'analyse du potentiel de développement d'une ligne Toulon – Livourne, il apparaît nécessaire d'identifier les facteurs clés de succès d'une ligne ro-ro ou ropax. Pour cela, l'analyse comparative de lignes existantes ou expérimentées par le passé, source riche d'enseignements, permet de disposer d'informations clés pour étudier l'opportunité et la faisabilité de développement de nouvelles lignes.

Le benchmark porte ainsi sur les liaisons suivantes :

1. Montoir –Vigo
2. Montoir – Gijón
3. Toulon – Civitavecchia (Rome)
4. Barcelone – Gênes (+ Tanger)
5. Barcelone – Savone (+ Valence)

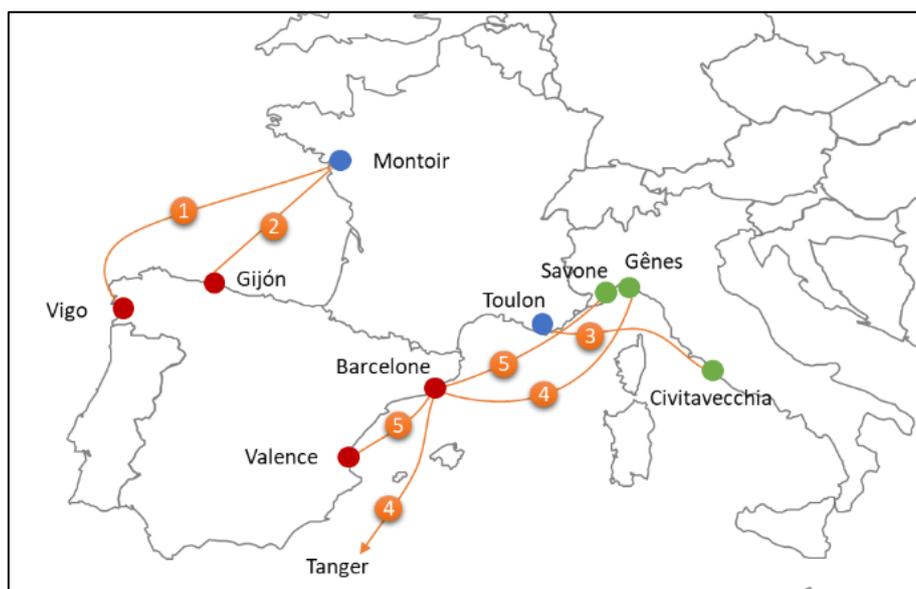


Figure 2 - Périmètre de benchmark des liaisons ro-ro et ropax en Europe occidentale et méditerranéenne

| | | | |
|-----------------------------|---|----------------------------|--|
| Ligne 1 | Montoir – Vigo | Fréquence | 3 rotations par semaine |
| Type | RORO (non accompagné) | Durée traversée / rotation | Mer : 36h Route : 18/19h hors repos du chauffeur |
| Début | 1974 puis passage en « Autoroute de la Mer » (au sens de l'Union Européenne) en 2015 avec augmentation des fréquences | Capacité navires | 2 Navires RORO Suar Vigo (149m) : 104 remorques + 1080 VL Bouzas (142m) : 97 remorques + 1030 VL |
| Fin | Toujours active | Trafics | 2017 : 16 000 semi-remorques (textiles, agroalimentaires, matériaux de construction) + 107 000 véhicules neufs |
| Opérateur | Suardiaz | Soutien public | Oui : subvention d'exploitation UE de 3M€ (Autoroute de la Mer) + 24 M€ des Etats français et espagnols (cumul depuis 2015) pour accélérer la diversification vers le transport de remorques |
| Contexte de mise en œuvre : | Depuis l'origine, un fond de cale important lié à l'usine PSA de Vigo (client : Gefco) : service développé historiquement en support logistique de l'industrie automobile donc peu dépendant des transporteurs routiers. Cela a permis à l'opérateur de se diversifier et de développer progressivement le marché des transporteurs routiers en complément des flux initiaux. « Le fonds de commerce de Suardiaz n'est pas aujourd'hui constitué par les transporteurs routiers » (source : www.meretmarine.com 2014). | | |
| Commentaires : | <p>Un succès en termes d'équilibre des flux (fond de cale : véhicule neuf dans un sens, pièces détachées dans l'autre sens). Extension de la ligne en 2017 avec ajout de Tanger (2 fois/semaine) + Zeebrugge (1 fois/semaine).</p> <p>Forces :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Le côté historique de la liaison (+ 40 ans) rassure les opérateurs qui souhaitent s'y engager sur le long terme - Le RoRo non accompagné permet un engagement supérieur pour le transporteur pour qui il est plus complexe de basculer sur la route au dernier moment . La mise en place de cette organisation pour un acteur logistique témoigne donc d'un niveau d'implication fort dans la démarche multimodale. <p>Faiblesses :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Un équilibre économique encore précaire pour l'armateur selon qui « il manque encore un peu d'export » depuis Montoir pour atteindre l'équilibre (Jean-Christophe Herry, gérant de la société Somaloir, 2018) | | |

| | | | |
|---------|--|----------------------------|--|
| Ligne 2 | Montoir - Gijon (Escale supplémentaire à Rosslare – Irlande en 2014) | Fréquence | 3 rotations par semaine |
| Type | RoPax (Remorques : non) | Durée traversée / rotation | Mer : 15h (de nuit) Route : 13h hors repos du chauffeur – |

| | | | |
|-----------------------------|---|------------------|--|
| | accompagné) | | 24h au total (estimation) |
| Début | 2010 | Capacité navires | Norman Atlantic et Norman Asturias (186m) : 110 camions + 450 PAX + 150 VL |
| Fin | Suspendu en septembre 2014 | Trafics | 2013 : 20000 camions + 3000 voitures neuves (Renault) + 50000 Pax (et leurs véhicules ~13000 VL) Au moment de la suspension un taux de remplissage de 72% Marchandises : pneus, médicaments, fruits et légumes |
| Opérateur | Louis Dreyfus Armateurs (LDA) et Grimaldi | Soutien public | Oui : subvention d'exploitation, env. 30 M€ en provenance des Etats sur les années d'exploitation + 4 M€ UE (Marco Polo) |
| Contexte de mise en œuvre : | Première véritable autoroute de la mer « labellisée » par l'Union Européenne entre la France et l'Espagne lancée avec un fort soutien public des Etats concernés et de l'Europe. A l'origine un fond de cale industriel lié au flux de Renault (export de l'usine espagnole vers France) qui a permis d'atteindre 100% de remplissage au départ Gijón. | | |
| Commentaires : | Tentative sans succès de relance via l'ajout de l'Irlande dans la rotation Forces : <ul style="list-style-type: none"> - Des clients satisfaits du service qui parlent de coût favorable au report modal et d'une optimisation des flux et des équipements, avec un tarif compétitif. - Un tarif compétitif : 450€ aller simple Faiblesses : <ul style="list-style-type: none"> - Problème de déséquilibre des flux, notamment au départ de Montoir (50% remplissage max) - Mauvais bilan financier : un déficit d'environ 6M€/an (avant subvention) pour l'exploitant malgré le bon taux de remplissage moyen (72% en 2014). Selon la compagnie, il n'était pas possible d'augmenter les tarifs (pour faire perdurer la ligne) par rapport aux conditions de marché (source : article les Echos, 2014) - Un trafic passager au rendez-vous mais avec une forte saisonnalité « Ce type de ligne ne peut pas fonctionner sans subvention » (source : JP Chalus, Président du Directoire du GPM Nantes St Nazaire dans l'Antenne, 2015) | | |

| | | | |
|---------|------------------------|----------------------------|---|
| Ligne 3 | Toulon - Civitavecchia | Fréquence | 3 rotations par semaine |
| Type | RoPax | Durée traversée / rotation | Mer : 15h (de nuit) Route : estimé 26h |
| Début | Avril 2005 | Capacité navires | Eurostar Valencia / Sorrento (186 m) : <ul style="list-style-type: none"> - 160 voitures + 110 ensembles - ou 150 remorques - 93 cabines - Capacité Max annuelle 62 000 camions |
| Fin | Mars 2009 | Trafics | 16 700 camions en 2008 (20% du trafic camions en non-accompagné) Voitures neuves (fond de cale) : ~25000 |

| | | | |
|-----------------------------|--|----------------|--|
| | | | (2008) Pax et leurs véhicules : 7300 VL (2008) Maximum de remplissage : ~50% Trafic pax considéré comme « accessoire » (Rapport Cour des Comptes 2006) |
| Opérateur | Grimaldi – Louis Dreyfus (consortium GLD) | Soutien public | Oui : subvention d'exploitation, 2 Etats engagés (1M€ pour la France + aide par trajet italienne) + Région PACA (1 M€) + UE (Marco Polo 2,2 M€), cumulés sur la période d'exploitation |
| Contexte de mise en œuvre : | Fond de cale Gefco/PSA à l'origine de la création de la ligne, pour l'approvisionnement du marché italien en véhicules (env. 20 000 véhicules par an). | | |
| Commentaires : | <p>Forces :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Un coût compétitif par rapport à la route (450 €/ remorque contre 850 € par la route) <p>Faiblesses :</p> <ul style="list-style-type: none"> - En 3 ans les armateurs annoncent un déficit cumulé de 7 M€ - Effondrement du fond de cale Gefco en 2008 (-70%) : secteur automobile touché par la crise - Aucun engagement des grands transporteurs routiers régionaux sur une implication dans la solution maritime. - D'après la Cour des Comptes (2006), des infrastructures quai limitantes au terminal de Brégaillon, entraînant un déplacement de l'escale en cas de mauvaise météo sur un terminal ne permettant pas le chargement du fond de cale de voitures neuves. - Une fréquence de 3 rotations/semaine jugée insuffisante selon certains clients (Transports Gelin, en Bretagne) | | |

| | | | |
|-----------------------------|--|----------------------------|---|
| Ligne 4 | Barcelone - Gênes + Tanger | Fréquence | 2 rotations par semaine (6 rotations /sem en 2008) |
| Type | RoPax + RoRo | Durée traversée / rotation | Mer : 20h Route : ~26h total |
| Début | 1998 (première ligne internationale de GNV) Ajout de Tanger en 2008 | Capacité navires | GNV Cristal (précédemment : Excellent) : 161 m à 200 m - >1800 M linéaire - ~1000 à 2000 pax - 500 à 750 VL ou 100 à 130 remorques |
| Fin | Toujours actif | Trafics | 70 000 pax et 27 000 VL en 2000 (6 rotations / semaine) 40 000 camions / an (2006) |
| Opérateur | Grandi Navi Veloci (GNV) | Soutien public | Oui : infrastructures portuaires (fonds européens) Pas de soutien à l'exploitation |
| Contexte de mise en œuvre : | Lancement en 1998 avec le concept de ferry-croisière en Méditerranée | | |

| | |
|----------------|---|
| Commentaires : | <p>Forces :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Un positionnement centré sur le transport de passagers. En particulier, Barcelone est un centre d'attraction touristique pour les italiens. La liaison avec le Maroc apporte également un flux important de type tourisme familial. - Une économie jusqu'à 25% pour le fret par rapport au transport routier entre l'Italie et l'Espagne - L'ajout de Tanger dans la rotation renforce l'équilibre du service - Un équilibre économique atteint sans soutien à l'exploitation - La taille de l'entreprise et de sa flotte lui apporte de la flexibilité dans l'organisation des services maritimes permettant une capacité d'adaptation de l'offre à la demande. GNV a adopté une stratégie d'adaptation de la fréquence au niveau de remplissage : augmentation ou diminution du nombre de rotations en fonction du taux de remplissage du navire au fil du temps. |
|----------------|---|

| | | | |
|-----------------------------|--|----------------------------|--|
| Ligne 5 | Barcelone – Savone – (Valencia) | Fréquence | 6 rotations par semaine depuis 2015 (antérieurement : 3 rotations par semaine) |
| Type | RoRo + Ropax | Durée traversée / rotation | Mer : 19h Route : env. 14h total |
| Début | Roro : 2012 Ropax : 2015 | Capacité navires | Eurocargo Palermo (RoRo) 190m Eurocargo Cagliari (RoRo) : 200m 140 semi-remorques + 500 véhicules neufs Florencia (Ropax) : 840 à 950 pax + 160 VL + 100 PL (2250m linéaires pour PL) |
| Fin | Toujours actif | Trafics | 2015 : 73 000 camions et 143000 VL neufs (www.shippax.com) 2016 : 85 000 camions et 170 000 VL neufs (source : estimation, www.ivg.it) |
| Opérateur | Grimaldi | Soutien public | Oui : infrastructures portuaires (fonds européens) Pas de soutien à l'exploitation |
| Contexte de mise en œuvre : | Grimaldi développe depuis 1999 une offre d'autoroute de la mer. Pour cela l'armement napolitain s'est basé sur un fond de cale automobile (véhicules du groupe FIAT vers l'Espagne et pièces détachées vers l'Italie). | | |
| Commentaires : | <p>Montée en puissance progressive, d'abord sur du RoRo puis ajout d'un navire RoPax en 2015 pour offrir un service passager. Augmentation de fréquence permettant de se positionner sur des trafics nécessitant une forte fréquence (denrées périssables) : fruits et légumes, poissons ou produits pharmaceutiques (depuis l'Italie), produits frais divers (depuis Barcelone).</p> <p>Forces :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Un lien important entre les zones industrielles de Milan, Turin et le nord de l'Italie en général, en Catalogne et au nord de l'Espagne - Un fond de cale automobile : Valence est une porte d'entrée importante pour cette industrie sur la péninsule ibérique. Savone est un hub logistique pour les véhicules neufs en Italie. | | |

| | |
|--|--|
| | <ul style="list-style-type: none"> - Chargements / déchargements de nuit à Savone pour minimiser les nuisances urbaines et permettre une circulation fluide des PL - Terminal roro VL neufs opéré par Grimaldi au port de Savone considéré comme « un centre de service intégré pour l'industrie automobile, ainsi qu'une plaque tournante pour les autoroutes de la mer » |
|--|--|

Des projets avortés avant le lancement de l'exploitation : exemple du projet Fos-Savone

Projet Fos-Savone (2002-2004) :

- Objectifs : Offrir une liaison roro quotidienne 6 jours / semaine entre Fos et Savone, pour un objectif de report modal de 50 000 camions par an
- Moyens mis en œuvre :
 - o Création d'une société commune entre 5 armements : CMA CGM, CMN, Marfret, SNCM et Sud Cargo
 - o Mobilisation de 2 navires
- Trafic cible :
 - o Le projet visait à capter 5% du million de camions circulant entre Fos et Savone et passant par Vintimille (2003-2004), soit 50 000 camions (80 remorques par trajet par navire)
 - o Plus précisément, les trafics entre les régions du sud de la France et l'Italie du nord et centrale étaient ciblés
 - o Remorques non accompagnées (afin de ne pas immobiliser les tracteurs et ne pas avoir à gérer la logistique des chauffeurs)
- Soutien public prévu :
 - o Subvention d'exploitation Marco Polo de 880 K€ (source ISEMAR, 2003)
 - o Soutien public escompté de 9 M€ sur 2 ans pour accompagner le lancement (source : Lemoniteur, 2004)
- Facteurs d'arrêt du projet avant le lancement de l'exploitation :
 - o Absence d'engagement ferme de la part des transporteurs (au-delà d'un engagement de principe)
 - o Absence de fonds de cale de type gros faiseur de flux assurant un taux de remplissage minimum
 - o Forte concurrence de la route avec des prix tirés vers le bas et contexte de hausse des prix du carburant : nécessitant un positionnement tarifaire maritime de 300€/remorque, non rentable pour l'exploitation de la ligne
 - o Aucun gain de temps par rapport au transport terrestre, distance courte (400 km)

2.1.2 Enseignements du benchmark : de multiples facteurs de succès à considérer

Le benchmark permet d'identifier les facteurs d'échec et de succès des lignes maritimes de type autoroute de la mer.

L'existence d'un volume de marché suffisant : des zones génératrices de flux de transport entre elles

Le lancement d'un nouveau service maritime doit être associé un volume de marché minimum. Ainsi les lignes entre l'Espagne et l'Italie ont pour origine/destination des ports situés dans des régions au fort dynamisme économique (Catalogne, nord de l'Italie en particulier). Elles génèrent ainsi des flux logistiques important et présentent des volumes d'échanges élevées entre elles.

Certains marchés présentent une dynamique d'échange complémentaire qui peut être qualifiée de « triangulaire » : la desserte de trois territoires par un même service permet d'optimiser les capacités de transport maritime et les taux de remplissages des navires. Ainsi, certains armateurs font le choix d'ajuster leurs dessertes pour optimiser ces paramètres, comme l'ont fait GNV (ajout de Tanger à la rotation Barcelone – Gênes) ou LDA/Grimaldi (ajout de Rosslare en Irlande à la rotation Montoire – Gijon).

Un fonds de cale assurant des volumes minimums et une implication de grands acteurs logistiques/transporteurs dans la solution maritime

L'existence d'un fonds de cale, apportant des volumes minimums dans les deux sens généralement associé à une activité industrielle, permet d'assurer la capacité de la ligne à démarrer avec des volumes presque garantis et de passer le cap décisif des premières années d'exploitation.

En effet, le benchmark met en évidence les cas des services Montoir – Vigo et Barcelone – Savone, toujours actifs, qui s'appuient sur un fond de cale associé à la logistique de l'industrie automobile : des véhicules neufs transportés dans un sens et des pièces détachées transportées dans l'autre sens. Par ailleurs l'un des facteurs d'arrêt identifiés pour le service Toulon – Civitavecchia est l'effondrement des volumes de l'acteur qui apportait un fond de cale automobile.

Ainsi, l'existence de ce fonds de cale minimum constitue un facteur d'attractivité pour d'autres clients qui, rassurés par la fiabilité et la pérennité apparente du service, sont plus enclins à modifier leur chaîne logistique en faveur du mode maritime.

Par ailleurs, l'implication de grands acteurs logistiques/transporteurs dans la solution maritime joue un rôle important dans le développement et la pérennité d'un nouveau service maritime.

Le cas du développement d'UN RoRo (hors benchmark), racheté par DFDS en 2018, pour le transport maritime entre la Turquie et l'Europe de l'ouest illustre cet élément clé. En effet, pour faire perdurer leur activité vers l'Europe occidentale malgré les troubles en Europe de l'Est durant les années 90, les principaux membres de la fédération des transporteurs routiers turcs (48 au départ puis 210) se sont regroupés en 1994 pour créer une compagnie maritime (et ainsi éviter la traversée des Balkans pour approvisionner l'Europe de l'ouest). Ils ont ainsi totalement revu leur chaîne logistique, réalisant de lourd investissement (env. 700 M€ cumulé sur une quinzaine d'année) pour maîtriser et optimiser tous les maillons de la chaîne : la ligne maritime, le transport des chauffeurs à destination, les lignes ferroviaires et le terminal privé dédié au départ à Pendik (Istanbul).

A contrario, l'échec du lancement de la liaison Fos – Savone est en partie imputé au manque d'engagement ferme de la part des transporteurs routiers.

La capacité à concurrencer la route d'un point de vue économique et opérationnel

Ces deux critères (économique et opérationnel) sont en partie corrélés à la distance entre les ports de la ligne maritime.

En effet, d'un point de vue économique le service maritime (tous coûts considérés, incluant les coûts de pré et post acheminement) doit être a minima au même prix que la route (de préférence moins cher) pour garantir son attractivité. Plus la distance est grande, plus le navire passe de temps en navigation et plus l'équilibre économique permet de proposer un tarif concurrentiel par rapport à la route. A ce jour, les cas de services maritimes continentaux de moins de 500 km sont rares. Ces cas-là présentent généralement la spécificité d'une distance maritime très courte en comparaison de la distance routière.

C'est le cas par exemple des lignes Mer du Nord ou Baltique, bassin historique et traditionnel du RoRo où ce mode de transport permet une réelle économie de distance (et donc une réduction de coût). De nombreuses lignes existent entre les ports belges, hollandais ou allemands et la Suède ou la Norvège par exemple (DFDS avec Gotteborg-Gand ou Finnlines, filiale de Grimaldi, avec ses liaisons Allemagne-Suède et Allemagne-Finlande). Autre exemple, la ligne Kristiansand (Norvège) – Hirtshal (Danemark) permet de relier le centre du Danemark en parcourant 360 km (mer + route) contre 1150 km (route uniquement, avec un transit nécessaire par la Suède).

A contrario, le projet avorté de ligne Fos – Savone, deux villes distantes de moins de 400km, est l'exemple de la très forte complexité de mettre en place un maillon maritime sur une distance routière courte.

D'un point de vue opérationnel, le recours à une autoroute de la mer nécessite une refonte importante de l'organisation logistique des transporteurs : ils doivent se dérouter vers les ports (détour parfois important), mais également adapter la gestion de leur flotte de tracteurs routiers (la rentabilité d'un tracteur routier est

assurée par son taux d'utilisation en circulation : un tracteur embarqué sur un bateau est moins rentable qu'un tracteur en circulation routière). Enfin ils doivent également repenser la gestion de leurs effectifs de chauffeurs (selon s'ils voyagent ou non avec les remorques). Ces contraintes fortes de réorganisation impliquent que le schéma cible avec autoroute maritime apporte un avantage significatif par rapport au schéma tout route (autant d'un point de vue économique qu'opérationnel) pour un transporteur.

Le choix des navires et la fréquence des dessertes : un juste équilibre à trouver pour garantir un taux de remplissage maximisé

Le benchmark met en évidence le choix des navires comme un critère clé d'exploitation d'un service d'autoroute de la mer, à ce jour correctement maîtrisé par les armateurs.

En effet, il ressort du benchmark que tous les navires présentent des capacités d'emport de camions proches, entre 100 et 150 remorques. Des spécificités sont identifiables, reflétant les marchés ciblés : capacité pax / véhicules privés, capacités réservées pour des véhicules neufs.

Considérant qu'il s'agit d'une capacité standard, la fréquence des dessertes devient alors une variable d'ajustement permettant de garantir un taux de remplissage maximisé : plus le marché est important (et plus le trafic augmente) plus la fréquence est élevée : on constate effectivement que les services Barcelone – Gênes et Barcelone – Savone, avec 6 rotations hebdomadaires, réalisent logiquement un trafic plus de 2 fois supérieur aux autres services benchmarkés dont la fréquence est de 3 rotations par semaine.

La fréquence des dessertes systématiquement comprise entre 3 et 6 rotations hebdomadaires. En effet, une fréquence moindre ne répondrait plus aux exigences des autoroutes de la mer (régularité et fréquence élevée) et ne présenterait plus un avantage concurrentiel par rapport au transport routier ou au transport conteneurisé. La fréquence hebdomadaire ne dépasse pas 6 rotations par semaine (tous les jours hors dimanche) : au-delà, c'est la taille du navire qui redevient un facteur d'ajustement (augmentation de la taille du navire en cas de croissance du marché).

Des subventions publiques : un facteur de succès non nécessaire mais un atout important

On peut distinguer deux types de subventions : les subventions à l'exploitation et les subventions pour le développement d'infrastructures. Les premières ont vocation à apporter un équilibrage économique pour l'exploitant du service maritime dans le cas où l'équilibre n'est pas assuré (généralement pendant les premières années d'exploitation). Les secondes visent à mettre en place les meilleures conditions d'accueil des services maritimes dans les ports (capacité d'accueil nautique des terminaux, gares maritimes, terre-pleins adaptés, etc.) afin de favoriser leur développement.

En ligne avec les objectifs de développement durable que se fixent les Etats et l'Union Européenne, le report modal vers le maritime réunit souvent les conditions d'obtentions de subventions. L'Union Européenne mène depuis plusieurs années une politique de développement des autoroutes de la mer, inscrite dans la politique générale de développement des réseaux de transport transeuropéens.

L'intégralité des services maritimes objets du benchmark ont fait l'objet de subventions publiques. Il s'agit généralement de subventions d'exploitation pour accompagner leur démarrage (ex. Montoir – Vigo, Montoir – Gijon, Toulon – Civitavecchia). Les lignes Barcelone – Gênes et Barcelone – Savone n'ont pas bénéficié de ce type de subvention. En revanche, les ports concernés par ces deux services maritimes ont bénéficié de subventions européennes permettant l'amélioration de leurs infrastructures en faveur des autoroutes de la mer.

Ainsi les subventions publiques d'exploitation, sans être une condition nécessaire, sont un vrai levier de démarrage de nouveaux services maritimes. Elles permettent de réduire le niveau de risque pris par les exploitants. Le développement d'infrastructures portuaires adaptées (et donc les éventuelles subventions associées) est plutôt un préalable à tout projet de service maritime.

En synthèse : ces enseignements issus du benchmark sont représentés sous la forme de facteurs clés de succès d'un service maritime, plus ou moins maîtrisés ou atteints :

des ports et donc d'accéder à un marché plus important pour les autoroutes de la mer.

Ces deux points en particulier sont à l'origine du départ de la compagnie DFDS de Toulon vers Sète. Cet évènement met en exergue la nécessité de considérer la liaison maritime dans son contexte logistique global (infrastructures, services proposés, pré et post acheminement).

Le port de Barcelone est représentatif de ces conditions de succès. Il a généré un effet de massification fort avec une dynamique solide qui a abouti en 2018 à 150 000 camions utilisant les autoroutes de la mer proposées par le port ou le « short-sea » méditerranéen (+ 7% sur un an) (source : L'Antenne, fév. 2019). De même, les activités passagers (hors croisières) sur lignes régulières se sont élevées pour 2018 à un point haut de 1,4 million de passager (+1.8%) en lien notamment avec les services RoPax. En termes d'infrastructure, cette activité représente un pan import du port avec 3 terminaux maritimes RORO (+ 1 terminal ferroviaire) avec au total 13 rampes RORO et plus de 25 Ha de surface dédiée à ces flux.

Un contexte des affaires propice :

Enfin, le contexte des affaires est un point clé du développement des autoroutes maritimes. Il s'agit en effet de réunir les conditions suffisantes pour le mode maritime puisse concurrencer le mode routier. Or les prix du transport routier connaissent une évolution défavorable au développement d'autres modes de transport. En effet, depuis 20 ans, les prix du transport routier augmentent moins vite que l'indice des prix à la consommation (inflation) : quand l'indice des prix à la consommation a augmenté de 30% entre 2000 et 2019, les prix du transport routier n'ont augmenté que de 23% (graphe ci-dessous). En raison du contexte concurrentiel et de l'évolution de la demande, les prix du transport routier sont tirés vers le bas, ce qui ne permet pas aux solutions alternatives d'émerger.

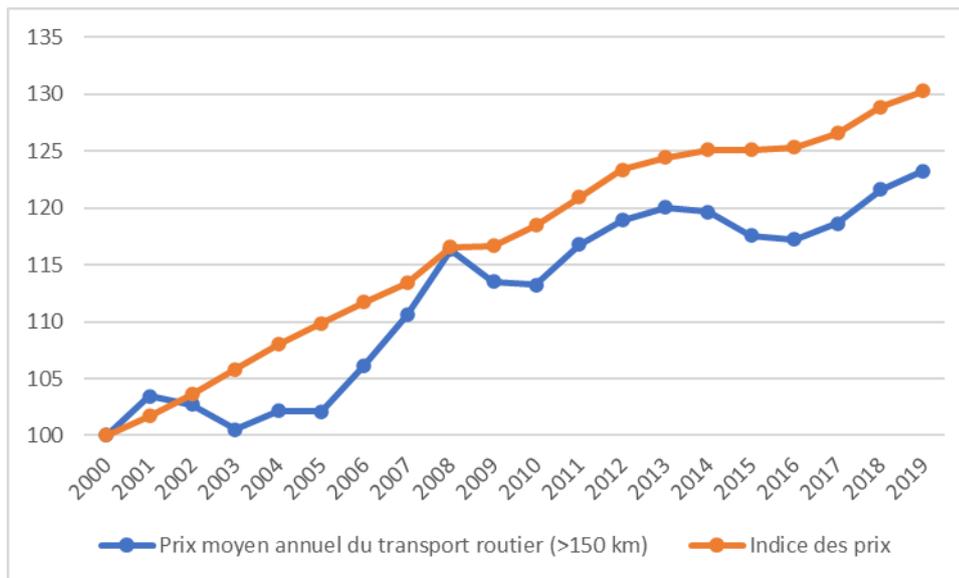


Figure 3 - Evolution comparée du prix des transports routiers et des prix à la consommation entre 2000 et 2019 (source : INSEE, CNR), base 100 en 2000

Par ailleurs, les initiatives politico-économiques en faveur des modes de transports moins polluants que la route, au-delà des programmes d'aide européens, restent timides (en témoigne l'échec de la mise en œuvre de l'Ecotaxe en France). Il faut néanmoins souligner le succès du *Marebonus* en Italie renouvelé chaque année depuis 2016 (prolongé a minima jusqu'en 2021, budget annuel d'environ 45 M€). Il s'agit d'une aide versée aux armateurs sous certaines conditions, sur la base du kilométrage de route évité par unité de transport.

2.2 Caractérisation du marché transfrontalier : la moitié des flux transfrontaliers entre la France et l'Italie passe par l'A8 et leur majorité concerne des échanges dépassant les frontières de la France et de l'Italie

L'étude du potentiel de report modal entre Toulon et Livourne s'appuie avant tout sur l'identification du

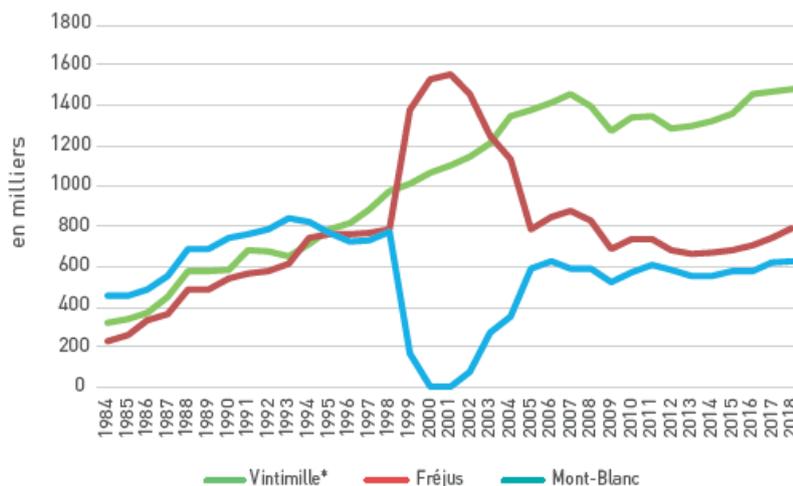
marché cible. Les éléments suivants se concentrent donc sur la quantification du marché transfrontalier France – Italie avant d’identifier, au sein de ce marché, le marché atteignable par une liaison Toulon – Livourne (paragraphe 2.3). En effet, seule une partie des flux pourrait utiliser ce service maritime, une grande partie des flux transfrontaliers étant à exclure (tels que les flux susceptibles d’emprunter d’autres autoroutes maritimes mieux positionnées d’un point de vue géographique, ou bien les flux captés par les tunnels transalpins).

2.2.1 3 millions de PL transitent entre la France et l’Italie dont 50% par Vintimille/A8

Selon les dernières données disponibles, en 2018 (Agence Alpine des Territoires, Département de La Savoie), le trafic transfrontalier de poids lourds (PL) entre la France et l’Italie s’élève à près de 2,9 millions de passages, représentant près de 42 millions de tonnes de marchandises. Ainsi, le trafic retrouve son niveau historique de 2007 (avant la crise de 2008). Ce chiffre se répartit de la manière suivante :

- 1 477 000 PL par Vintimille / autoroute A8-E80 (+14% depuis 2013)
- 622 000 par le tunnel du Mont-Blanc (+13% depuis 2013)
- 786 000 par le tunnel du Fréjus (+19% depuis 2013)

Évolution du trafic poids lourds depuis 1984



- Depuis l’incendie du tunnel du Mont Blanc 1999, le trafic des tunnels a été considérablement affecté
- 20 ans plus tard le Mont-blanc n’a pas retrouvé son niveau d’avant incendie et le Fréjus est revenu à son niveau pré-1999
- De son côté Vintimille connaît une hausse régulière et quasi-permanente, bien qu’affecté par la crise de 2008-2009.

Sources : Alpinfo, SFTRF, ATMB

D’autre part, le volume de marchandises transporté par route (tous passages confondus) est en forte hausse, absorbant la totalité de l’augmentation du trafic de marchandises des dernières années, passant de 36,1 MT en 2013 à 42 MT en 2018 soit une augmentation de 16% en 5 ans. Le passage de Vintimille représente environ 20 MT de marchandises transportées en 2018, soit la moitié des flux (le reste passant par les tunnels du Fréjus et du Mont Blanc).

Le rail occupe une part minime sur le transport de marchandises entre la France et l’Italie, représentant seulement 8% des tonnages transportés (de 3 à 4 millions de tonnes sur les dernières années). Par comparaison, le transport ferroviaire atteint 70% des marchandises transportées entre la Suisse et l’Italie et 27% entre l’Autriche et l’Italie. La mise en service du tunnel Lyon-Turin (prévue pour 2030) changera probablement la donne en termes de part modale sur les flux France – Italie.

2.2.2 Répartition des flux : seuls 30% des flux transfrontalier sont réalisés entre la France et l’Italie

Les flux de PL transitant entre la France et l’Italie présentent des origines et destinations variées, au-delà de ces deux pays. Une analyse des données Eurostats et douanes nationales permet d’identifier plus précisément ces origines et destinations.

La qualité des données étant inégale selon les sources, il est nécessaire de prendre des hypothèses complémentaires afin de reconstituer les données manquantes. Nous considérons que les flux suivants (en

totalité ou en partie) empruntent le passage transfrontalier de Vintimille :

- Espagne – Italie
- Espagne – Europe centrale et de l’est
- Portugal – Italie
- Portugal – Europe centrale et de l’est
- France – Italie
- France – Europe centrale et de l’est

A noter : une partie des flux a pour origine/destination d’autres pays tels que le Royaume-Uni, les Pays-Bas, la Belgique, les pays du Maghreb. Cependant nous considérons ces flux comme négligeables, à des fins de simplification, dans l’analyse qui suit.

Flux avec l’Espagne :

| Pays d’origine ou de destination | Tonnages routiers (2018) | Part des flux passant par Vintimille (hypothèse) | Nbr de PL passant par Vintimille |
|----------------------------------|--------------------------|--|----------------------------------|
| Italia | 11 750 259 | 100% | 618 435 |
| Grecia | 563 924 | 100% | 29 680 |
| Austria | 1 293 849 | 50% | 34 049 |
| Turquía | 415 994 | 100% | 21 894 |
| Estonia | 154 362 | 5% | 406 |
| Letonia | 217 516 | 5% | 572 |
| Lituania | 303 214 | 5% | 798 |
| Polonia | 3 000 907 | 5% | 7 897 |
| República Checa | 1 294 733 | 5% | 3 407 |
| Eslovaquia | 567 375 | 50% | 14 931 |
| Hungría | 698 636 | 100% | 36 770 |
| Rumanía | 955 779 | 100% | 50 304 |
| Bulgaria | 454 139 | 100% | 23 902 |
| Albania | 9 766 | 100% | 514 |
| Ucrania | 103 018 | 50% | 2 711 |
| Bielorusia | 34 016 | 5% | 90 |
| Moldavia | 13 465 | 100% | 709 |
| Rusia | 224 569 | 5% | 591 |
| Georgia | 2 714 | 100% | 143 |
| Eslovenia | 232 741 | 100% | 12 250 |
| Croacia | 245 978 | 100% | 12 946 |
| Bosnia-Herzegovina | 31 782 | 100% | 1 673 |
| Kosovo | 2 261 | 100% | 119 |
| Macedonia del Norte | 20 430 | 100% | 1 075 |
| Montenegro | 5 673 | 100% | 299 |
| Serbia | 131 137 | 100% | 6 902 |

Sources : <http://datacomex.comercio.es>

Hypothèses :

- Taux de chargement moyen d’un PL (pleins + vides) : 20 t (source : CNR enquête TRM 2018).
- Part des flux empruntant le passage de Vintimille : hypothèses See’Up sur la base des distances routières et de la vitesse de circulation en fonction des zones desservies dans chaque pays. Les flux n’empruntant pas ce passage empruntent les routes du nord de l’Europe ou les tunnels transalpins.

Flux avec le Portugal :

| Pays d'origine ou de destination | Tonnages tous modes (2018) | Part du mode routier | Tonnages routiers | Part des flux passant par Vintimille (hypothèse) | Nbr de PL passant par Vintimille |
|----------------------------------|----------------------------|----------------------|-------------------|--|----------------------------------|
| Italia | 2 032 365 | 55% | 1 124 217 | 100% | 56 211 |
| Grecia | 220 871 | 20% | 43 137 | 100% | 2 157 |
| Austria | 193 658 | 93% | 180 447 | 50% | 4 511 |
| Turquía | 1 348 987 | 5% | 65 999 | 100% | 3 300 |
| Estonia | 60 243 | 51% | 30 453 | 5% | 76 |
| Letonia | 23 645 | 41% | 9 685 | 5% | 24 |
| Lituania | 149 256 | 41% | 60 566 | 5% | 151 |
| Polonia | 591 805 | 76% | 447 509 | 5% | 1 119 |
| República Checa | 154 877 | 96% | 148 297 | 5% | 371 |
| Eslovaquia | 89 848 | 88% | 79 195 | 50% | 1 980 |
| Hungría | 94 969 | 94% | 89 175 | 100% | 4 459 |
| Rumanía | 411 976 | 34% | 141 569 | 100% | 7 078 |
| Bulgaria | 230 228 | 21% | 48 970 | 100% | 2 448 |
| Albania | 7 591 | 1% | 99 | 100% | 5 |
| Ucrania | 1 105 224 | 1% | 16 011 | 50% | 400 |
| Bielorusia | 13 380 | 50% | 6 654 | 5% | 17 |
| Moldavia | 13 184 | 18% | 2 373 | 100% | 119 |
| Rusia | 2 841 019 | 2% | 59 232 | 5% | 148 |
| Georgia | 2 753 | 2% | 61 | 100% | 3 |
| Eslovenia | 31 798 | 69% | 22 045 | 100% | 1 102 |
| Croacia | 19 308 | 78% | 14 981 | 100% | 749 |
| Bosnia-Herzegovina | 1 917 | 49% | 946 | 100% | 47 |
| Kosovo | 213 | 7% | 15 | 100% | 1 |
| Macedonia del Norte | 7 515 | 35% | 2 651 | 100% | 133 |
| Montenegro | 468 | 27% | 128 | 100% | 6 |
| Serbia | 7 950 | 51% | 4 065 | 100% | 203 |

Sources : <http://datacomex.comercio.es> et Eurostat

Hypothèses :

- Taux de chargement moyen d'un PL : 20 t (source : CNR enquête TRM 2018)
- Part du mode routier : le même que celui de l'Espagne pour laquelle les données détaillées en tonnage par mode de transport sont disponibles.
- Part des flux empruntant le passage de Vintimille : mêmes hypothèses que pour l'Espagne.

Flux avec la France :

| Pays d'origine ou de destination | Tonnages tous modes (2018) | Part du mode routier | Tonnages routiers | Part des flux passant par Vintimille (hypothèse) | Nbr de PL passant par Vintimille |
|----------------------------------|----------------------------|----------------------|-------------------|--|----------------------------------|
| Italia | 33 965 013 | 80% | 27 172 011 | 30% | 407 580 |
| Grecia | 1 725 506 | 20% | 337 002 | 30% | 5 055 |
| Austria | 2 926 963 | 95% | 2 780 615 | 15% | 20 855 |
| Turquía | 4 637 081 | 5% | 226 867 | 30% | 3 403 |

| | | | | | |
|---------------------|------------|-----|-----------|-----|--------|
| Estonia | 672 147 | 51% | 339 775 | 2% | 255 |
| Letonia | 260 323 | 41% | 106 631 | 2% | 80 |
| Lituania | 973 060 | 41% | 394 856 | 2% | 296 |
| Polonia | 6 248 607 | 80% | 4 998 886 | 2% | 3 749 |
| República Checa | 2 571 093 | 96% | 2 461 873 | 2% | 1 846 |
| Eslovaquia | 1 249 034 | 88% | 1 100 941 | 15% | 8 257 |
| Hungría | 1 260 232 | 94% | 1 183 343 | 30% | 17 750 |
| Rumanía | 1 826 141 | 34% | 627 523 | 30% | 9 413 |
| Bulgaria | 774 081 | 21% | 164 647 | 30% | 2 470 |
| Albania | 66 738 | 1% | 871 | 30% | 13 |
| Ucrania | 1 325 527 | 1% | 19 202 | 15% | 144 |
| Bielorusia | 115 252 | 50% | 57 314 | 2% | 43 |
| Moldavia | 35 486 | 18% | 6 387 | 30% | 96 |
| Rusia | 23 636 252 | 2% | 492 786 | 2% | 370 |
| Georgia | 35 648 | 2% | 794 | 30% | 12 |
| Eslovenia | 526 728 | 69% | 365 168 | 30% | 5 478 |
| Croacia | 198 602 | 78% | 154 093 | 30% | 2 311 |
| Bosnia-Herzegovina | 67 189 | 49% | 33 156 | 30% | 497 |
| Kosovo | 3 311 | 7% | 238 | 30% | 4 |
| Macedonia del Norte | 21 579 | 35% | 7 614 | 30% | 114 |
| Montenegro | 9 544 | 27% | 2 614 | 30% | 39 |
| Serbia | 268 930 | 51% | 137 505 | 30% | 2 063 |

Sources : <http://datacomex.comercio.es> et Eurostat

Hypothèses :

- Taux de chargement moyen d'un PL : 20 t (source : CNR enquête TRM 2018)
- Part du mode routier : hypothèses See'Up sur la base des données Espagnoles et d'ajustements See'Up (sources complémentaires : douane française).
- Part des flux empruntant le passage de Vintimille : nous considérons que les flux éligibles ont pour origine ou destination le tiers sud de la France (soit environ 30% des flux routiers français, d'après les recoupements effectués sur la base des enquêtes TMJA 2017 par département). A noter, l'enquête PL de 2009 a révélé que des flux français ont pour origine / destination des départements français plus au nord, mais qu'ils sont très faibles : nous les considérons comme négligeables ici. Pour les flux éligibles, nous considérons ensuite les mêmes parts des flux passant par Vintimille que pour l'Espagne et le Portugal.

Ces données reconstituées permettent ainsi d'obtenir le chiffre total de 1,4 M de poids lourds transitant par l'autoroute A8/Vintimille, en cohérence avec le chiffre réel, avec la répartition suivante :

- Espagne – Italie : 590 000 PL (41%)
- Espagne – Europe centrale et de l'est : 250 000 PL (18%)
- Portugal – Italie : 56 000 PL (4%)
- Portugal – Europe centrale et de l'est : 31 000 PL (2%)
- France – Italie : 408 000 PL (29%)
- France – Europe centrale et de l'est : 85 000 (6%)

Les flux franco-italiens ne représenteraient donc que 30% des trafics transfrontaliers, soit un peu plus de 400 000 PL par an.

Ces données sont cohérentes avec les chiffres issus de l'enquête terrain effectuée en 2009 pour le compte de la CCI Nice Côte d'Azur :

| Flux | 2018 (pleins + vides) | 2009 (pleins uniquement) |
|--|--------------------------|-----------------------------|
| Péninsule ibérique – Italie | 45% | 39% |
| Péninsule ibérique – Europe centrale et de l’est | 20% | 19% |
| France – Italie | 29% | 36% |
| France – Europe centrale et de l’est | 6% | 6% |

On constate néanmoins que la part des flux entre l’Italie et la péninsule ibérique a augmenté sensiblement au détriment de la part des flux entre l’Italie et la France. Une nouvelle étude PL basée sur un échantillonnage sur le terrain permettrait de confirmer cette augmentation.

L’étude de 2009 nous apprend également les éléments complémentaires suivants :

- Les flux italiens ont pour origines-destinations des régions du nord de l’Italie à 71%, du centre à 20% et du sud de l’Italie à 10% (en l’absence de données récentes, nous pouvons considérer que ces grands équilibres ont peu évolué depuis 10 ans).
- Les flux français ont pour origines-destinations des départements du sud de la France à 85% (en l’absence de données récentes, nous pouvons considérer que ces grands équilibres ont peu évolué depuis 10 ans).
- Seuls 10% des PL interrogés ont déjà utilisé une liaison maritime (dont la grande majorité 1 fois par mois ou moins). Les liaisons utilisées sont : 56% Barcelone-Gênes, 20% Barcelone-Civitavecchia et pour 13% des cas Toulon – Civitavecchia. Ce chiffre n’est pas cependant pas représentatif de la part des PL qui empruntent la route face à la part des PL qui empruntent le maritime sur cet axe (puisque les PL qui empruntent le maritime ne sont pas interrogés).
- Plus de 75% des camions chargés transportent des cargaisons mono-clients, le « multi-lot » ou multi-clients est très peu présent sur ces liaisons internationales.

2.3 Evaluation du marché accessible au report modal maritime entre Toulon et Livourne

2.3.1 Identification du marché cible

Après avoir qualifié le marché total transfrontalier sur l’axe A8/Vintimille, il s’agit d’identifier les « flux accessibles » au report modal, c’est-à-dire captables par une ligne maritime ro-ro entre la France et l’Italie.

Une grande partie des flux transfrontaliers ne sont pas éligibles au report modal sur une ligne maritime entre la France et l’Italie :

Flux entre la péninsule ibérique et l’Italie : non éligibles

Ces flux n’ont pas de lien direct avec une chaîne logistique française. Ils sont directement ciblés par les autoroutes maritimes existantes entre l’Espagne et l’Italie, dont le positionnement coût / qualité répond aux besoins du marché. Un camion qui n’emprunte pas ces autoroutes maritimes entre l’Espagne et l’Italie n’a pas non plus d’intérêt à emprunter une autoroute maritime sur un tronçon plus court de son trajet entre la France et l’Italie. Le report modal, s’il doit avoir lieu, se fera donc directement sur des lignes directes entre l’Italie et l’Espagne, en particulier sur les lignes entre Barcelone/Valence d’un côté et Gênes/Savone, Livourne ou Civitavecchia de l’autre.

Flux entre la péninsule ibérique et les pays d’Europe centrale et de l’est : non éligibles

Pour ces flux, le tronçon maritime (~500 km) est trop court par rapport à la chaîne logistique totale (>1700 km). Le coût de la déviation vers les ports et les 2 ruptures de charges ne rendent pas attractive la voie maritime sur ce tronçon. Par ailleurs, si ces flux devaient emprunter la voie maritime, ils passeraient par les services existants entre l’Espagne et l’Italie.

Flux entre la France et les pays d’Europe centrale et de l’est : non éligibles

De la même façon que pour les flux entre la péninsule ibérique et les pays d'Europe centrale et de l'est la longueur du tronçon maritime entre Toulon et Livourne est trop faible par rapport aux chaînes logistiques globales qui dépassent rapidement 1000 km. Dans ce cas il n'y a pas d'intérêt pour les transporteurs à subir 2 ruptures de charges et une déviation vers les ports du service maritime.

Flux entre le département des Alpes Maritimes et l'Italie et entre les régions italiennes de Val d'Aoste, Piémont, Ligurie et la France : non éligibles

La localisation de ces territoires est trop proche des ports de destination et ne justifie pas le recours au report modal : les distances routières sont trop courtes pour envisager une alternative maritime. L'embarquement au port de Toulon ou de Livourne nécessiterait un « retour en arrière » pénalisant d'un point de vue logistique et économique.

Les flux éligibles au report modal constituent une partie des flux entre la France et l'Italie :

Après avoir exclu les flux non éligibles, il reste à analyser les autres flux existants entre la France et l'Italie. Il faut donc soustraire aux 408 000 PL annuels les flux ayant un line, dans un sens ou dans l'autre, avec le département des Alpes Maritimes et les régions Val d'Aoste, Piémont et Ligurie.

Estimations des flux camions Alpes Maritimes – Italie :

D'après l'étude de flux de 2009 (CCI NCA), ces flux s'élèvent à 22% des flux entre l'Italie et la France, soit 90 000 PL. En l'absence de données complémentaires, nous considérons que ce chiffre est toujours d'actualité à ce jour.

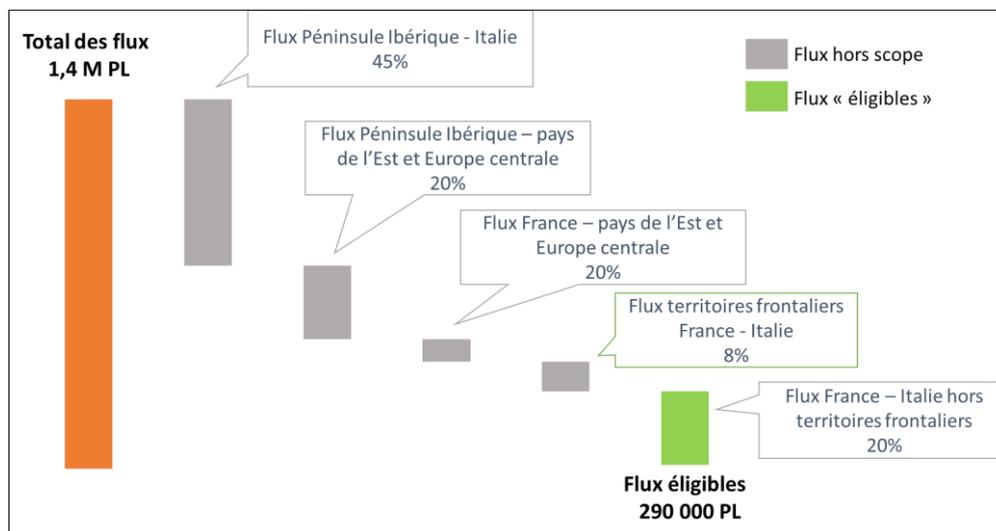
Estimation des flux camions Val d'Aoste/Piémont/Ligurie – France :

En l'absence de données détaillées, nous prenons l'hypothèse prudente que la part des flux camions entre ces 3 régions et la France parmi les flux totaux entre la France et l'Italie est équivalente au poids de ces 3 régions dans le PIB italien. Il s'agit d'une hypothèse très prudente dans la mesure où la proximité géographique de ces 3 régions devrait générer plus de trafic avec la France que des régions plus éloignées, en proportion de leurs PIB respectifs. On le voit d'ailleurs pour les trafics liant les Alpes-Maritimes et l'Italie : ils représentent 22% des flux entre la France et l'Italie alors que le département ne pèse que pour 1,7% du PIB national.

Ainsi le PIB cumulé des 3 régions italiennes s'élève à 8% du PIB national. Nous considérons donc que les flux camions franco-italiens générés entre ces territoires et la France (hors Alpes Maritimes) sont de 26 000 PL.

Flux éligibles au report modal entre la France et l'Italie :

Au total, sur les 408 000 PL, il reste donc 290 000 PL éligibles au report modal, comme l'illustre le graphe ci-dessous.



L'existence d'une connexion ferroviaire, en cours d'aménagement au port de Toulon apporte de nouvelles solutions d'intermodalité pour les flux les plus éloignés (nord de la France, voire nord de l'Europe) et renforce ainsi l'attractivité du mode maritime.

Quel impact du choix du port de Livourne sur le marché accessible ?

Le choix du port de Livourne en tant que l'un des deux ports d'attache d'un service maritime a un impact sur les flux accessibles, en particulier sur ceux avec la Lombardie, au nord de l'Italie.

En effet, d'un point de vue économique, afin que le service maritime soit attractif, il faut que le prix total de la chaîne logistique soit proche du prix de la route (ou moins cher). D'après un benchmark des prix pratiqués sur des liaisons roro ou ropax en Europe, le trajet maritime entre Toulon et Milan pourrait se situer à 400€ par trajet dans une fourchette basse.

Prenons l'exemple de la desserte de Milan depuis Toulon :

- Trajet routier direct : 470 km pour ~700€ (à 1,5€/km)
- Trajet maritime + routier : 850 €
 - Toulon – Livourne (maritime) : 400€
 - Livourne – Milan : 300 km pour ~450€

Ainsi l'écart de 150€ entre la chaîne logistique tout route et la chaîne incluant le maritime ne justifie un report modal de la route vers le maritime.

En réalisant cette comparaison sur d'autres dessertes de villes italiennes, il est possible de tracer la zone d'exclusion de pertinence du service maritime : les territoires à gauche de la ligne orange tracée sur l'illustration ci-dessous ne sont pas éligibles à une logistique maritime.



Le PIB de la Lombardie représente 17% du PIB italien, soit 70 000 PL échangés avec la France et 53 000 PL en excluant les Alpes Maritimes.

Au total, le choix du port de Livourne restreint le marché PL transfrontalier accessible à 238 000 PL par an.

2.3.2 Le transport routier transfrontalier : un besoin de flexibilité et des tarifs tirés vers le bas

Les éléments ci-dessous s'appuient en particulier sur des entretiens réalisés avec divers acteurs : fédération de transporteurs, transporteurs routiers, commissionnaires de transport.

Tendance commerciale : une forte concurrence et des inégalités entre les transporteurs en fonction de leur pays d'origine

- Une concurrence intense sur le marché du transport routier, du fait notamment d'un niveau de

- cabotage³ élevé des étrangers qui cherchent du fret sur l'arc méditerranéen. En particulier, les transporteurs italiens réalisent beaucoup de cabotage en France : en 2016 ce phénomène est évalué à 309 millions de tonne-km (en hausse : +38% depuis 2008 dernière année référence), la France étant le pays le plus « caboté » par le pavillon italien (source : étude CNR)
- Des prix parfois facturés à moins d'1€/km, notamment dans le sens France vers Italie. Par exemple, un trajet de 600 km entre le sud de la France et l'Italie peut être facturé 500 €.
 - L'état du marché empêche certains transporteurs de s'aligner sur ces conditions tarifaires (en particulier les transporteurs français). Les tarifs pratiqués par les transporteurs français sont généralement supérieurs à 1,5€/km, lorsque la relation commerciale avec le client final est directe. Par exemple :
 - o 1200 € pour un camion plein Modène – Marseille (~640 km)
 - o 900 € pour un Marseille – Milan (~525 km)
 - A noter, pour les transporteurs routiers, la possibilité d'avoir une remise annuelle sur les péages autoroutiers en Italie à la condition d'atteindre un montant annuel de péage de 200 k€. Des transporteurs italiens se sont regroupés pour mutualiser leurs volumes et ainsi permettre aux acteurs de toutes tailles de bénéficier de ces ristournes (en moyenne de 8%, source CNR 2017). Elles permettent de réduire leurs coûts opérationnels. Les transporteurs français, à moins d'adhérer à ces groupements, n'ont généralement pas accès à ces ristournes faute de volume suffisant.

Les opérations : les transporteurs cherchent à maximiser le taux d'utilisation de leurs équipements

Les transporteurs routiers cherchent à optimiser le taux d'utilisation de leurs équipements, en particulier les tracteurs routiers. Ainsi pour les flux entre le sud-est de la France et le nord de l'Italie, ils réalisent 2 rotations par semaine pour chaque tracteur routier. Lorsqu'une livraison est effectuée, il est souvent nécessaire de réaliser une tournée sur le territoire de livraison pour ne pas rentrer à vide et donc de disposer d'une certaine flexibilité.

Pour s'insérer dans de tels schémas logistiques un maillon maritime doit pouvoir proposer une fréquence élevée.

Par ailleurs, les transporteurs évoquent en général une bonne fluidité du passage de la frontière et ne mentionnent pas les éventuelles congestions routières sur l'autoroute A8 et les autoroutes italiennes comme une contrainte opérationnelle.

Exemple de trajet transport type :

- J : Départ, chargement plein, le matin de la base logistique située dans le 13 (Bouches-du-Rhône)
- J : Arrivée le soir à destination en Italie du nord, possibilité de déchargement tardif
- J+1 : le lendemain matin départ puis collecte du fret retour (multi-stop)
- J+2 : livraison puis retour à la base en PACA, permettant au tracteur d'effectuer une autre rotation sur la même semaine (J+3 à J+5)

2.4 Quelle offre maritime pour répondre aux besoins du marché ?

2.4.1 Une part de marché cible prudente à hauteur de 10% des flux éligibles

Afin d'évaluer la part de marché potentielle d'une ligne maritime Toulon – Livourne, il est pertinent de constater la part de marché du mode maritime pour les flux entre l'Espagne et l'Italie.

Flux routiers Espagne – Italie : ~590 000 PL (cf. paragraphe 2.2.2)

Flux maritimes Espagne – Italie :

³ Le cabotage routier est le droit donné par l'Union Européenne à un transporteur européen non domicilié dans un pays d'y réaliser un transport routier. Ce transporteur ne peut effectuer ce transport routier qu'à la suite d'un transport international à destination du territoire de ce pays avec une limite de 3 livraisons après avoir déchargés ses marchandises et dans un délai de 7 jours après ce même déchargement.

Les flux sont constitués des 4 lignes suivantes pour un total d'environ 170 000 PL par an :

| O/D 1 | O/D 2 | Opérateur | Fréquence | Trafic estimé* |
|-----------|-------------------|-----------|-----------|----------------|
| Barcelone | Civitavecchia | Grimaldi | 6/sem | 54000 |
| Barcelone | Livourne / Savone | Grimaldi | 5/sem | 45000 |
| Valence | Livourne / Savone | Grimaldi | 5/sem | 45000 |
| Barcelone | Gênes | GNV | 3x/sem | 27000 |

*hypothèses :

- Capacités navires : 100 remorques
- Taux de remplissage : 90%
- Nombre de semaines d'opérations : 50

Les trafics maritimes entre l'Espagne et l'Italie représentent donc environ 20% des trafics totaux (route + autoroutes de la mer).

Compte tenu des contraintes opérationnelles liées à la proximité entre la France et l'Italie et l'avantage plus limité que peut apporter une liaison maritime entre les deux pays pour les transporteurs, il semble raisonnable de fixer la part de marché cible d'un service Toulon – Livourne à hauteur de 10% (deux fois moins que pour les flux Espagne – Italie), soit 24 000 PL par an.

Ce chiffre apparaît suffisant quoique limité pour justifier un service maritime mais certaines conditions de succès restent à remplir.

2.4.2 Les conditions de succès ne sont pas totalement réunies pour permettre le lancement d'un service maritime entre Toulon et Livourne

Un volume de marché à peine suffisant :

Le volume identifié de 24 000 PL par an permet de justifier un service maritime 3 fois par semaine sous réserve d'un navire de taille adaptée. Ce volume reste réduit et n'offre pas de capacité de croissance de la ligne (sauf liée à l'augmentation globale de la taille du marché).

Le marché présente l'intérêt d'être potentiellement complété par un trafic passagers : les territoires desservis sont des zones économiques et touristiques dynamiques et peuvent générer des flux de passagers importants. Cependant, ce type de trafic est majoritairement saisonnier, le remplissage des navires sur ce segment ne sera pas assuré hors de la pleine saison (mai à septembre).

L'absence d'un fond de cale minimum :

Le trafic de poids lourds entre la France et l'Italie est équilibré. Néanmoins, la présente étude n'a pas permis d'identifier un fond de cale permettant d'amorcer le remplissage d'une ligne maritime (un acteur de type logisticien automobile garantissant un remplissage minimum). Cette condition est un facteur clé pour le succès d'une ligne de type autoroute maritime. Si elle n'est pas remplie, le risque pris par l'armateur est d'autant plus important qu'il n'a pas la capacité à assurer un remplissage minimum de ses navires.

Une capacité à concurrencer la route existante mais limitée :

L'intérêt de la liaison maritime est réel mais moins pertinent que pour les liaisons entre l'Espagne et l'Italie. Là où les liaisons entre l'Espagne et l'Italie présentent un avantage indéniable en faveur des liaisons maritimes (coût, durée en particulier), la liaison entre la France et l'Italie apparaît moins attractive en termes de coût.

Le tableau ci-dessous met en évidence 2 situations comparées pour la desserte de Bologne (exemple retenu pour cette comparaison) : en tout route ou via le port de Livourne, depuis Barcelone et depuis Marseille.

| Chaîne logistique | Barcelone - Bologne | | Marseille - Bologne | |
|---|---------------------|------------------|---------------------|------------------|
| | Tout route | Route + maritime | Tout route | Route + maritime |
| Temps de parcours routier (repos inclus) (h) | 32 | 4,5 | 24 | 4,5 |

| | | | | |
|---------------------------------|------|-------------|------|------------------------------------|
| Temps de parcours maritime (h) | | 22 | | 14 |
| Temps total (h) | 32 | 26,5 | 23,5 | 18,5 |
| Coût du maillon routier (€) | 1364 | 240 | 804 | 295 |
| Coût du maillon maritime (€) | | 700 | | 400 |
| Coût total (€) | 1364 | 940 | 804 | 695 |
| Ecart de temps maritime / route | | -17% | | -21% (+42% si 2 chauffeurs) |
| Ecart de coût maritime / route | | -31% | | -14% (-35% si 2 chauffeurs) |

Considérant les temps de transport, la liaison maritime est toujours plus rapide que la logistique tout route (17% et 20% d'écart). Pour la liaison France-Italie, le délai routier plus long s'explique par l'obligation de repos du chauffeur (11h de repos réglementaire au-delà de 12h d'opération). Il est important de souligner que de nombreux transporteurs prennent l'option d'allouer un second chauffeur afin de gagner 12h sur la livraison. Dans ce cas, le temps de transport maritime devient plus long de plus de 40% au temps routier.

Sur le volet économique, là où la liaison Espagne – Italie apporte un avantage fort au maritime (30% d'économie par rapport à la route), cette économie est plus réduite pour la liaison France – Italie (~15%). L'écart tarifaire se creuse à ~35% dans le cas où le schéma tout route est effectué avec 2 chauffeurs). Par ailleurs, le tarif retenu de 400€ pour la traversée maritime est assez optimiste (fourchette basse d'un benchmark tarifaire sur une quarantaine de lignes roro) et reposerait probablement sur un soutien économique de la ligne. Une modélisation détaillée du service serait nécessaire pour obtenir un tarif de marché fiable. Un tarif autour de 500€ semble plus crédible : dans ce cas l'écart de prix entre la route et le maritime est nul, rendant moins attractive la chaîne logistique maritime.

D'un point de vue organisationnel, la chaîne logistique maritime est plus contraignante que la chaîne logistique tout route :

- Horaires imposés, perte de flexibilité : en cas d'embarquement manqué, report sur la route nécessaire (sinon nécessité d'attendre 2 jours pour prendre le bateau suivant).
- Desserte moins régulière (3x par semaine en maritime) contre une offre quotidienne pour la route

Il faut souligner que la chaîne logistique maritime réduit le risque d'accidents et présente un bilan carbone avantageux par rapport à la route.

2.4.3 Caractéristiques du service cible maritime Toulon – Livourne

Dans le cas où les conditions étaient réunies pour le lancement d'un service maritime entre Toulon et Livourne, en voici les caractéristiques cibles :

| | |
|---------------------------|--|
| Fréquence | 3 fois par semaine |
| Durée d'une boucle totale | ~35h |
| Nombre de navires | 1 |
| Type | Roro ou Ropax (a minima des cabines pour les chauffeurs) |
| Capacité | 1500 ml (~100 camions) |
| Tarif cible | 400€/camion + 50€/chauffeur |

2.4.4 L'impact du choix d'un navire au GNL par rapport à d'autres types de propulsion

Considérant le passage probable de la Méditerranée en zone ECA⁴, il faut comparer la solution d'investissement d'un navire au GNL à d'autres solutions remplissant les critères de navigation dans ce type de zone. Les solutions possibles :

- Navire au GNL
- Navire au HFO équipé de scrubbers⁵
- Navire au MGO⁶

Les éléments à considérer dans la comparaison sont :

- Les coûts d'investissement
- Les coûts d'exploitation, en particulier les coûts du carburant
- L'impact environnemental

Les éléments ci-après s'appuient sur les résultats d'une étude de la Commission Européenne intitulée « Study on the Completion of an EU Framework on LNG-fuelled Ships and its Relevant Fuel Provision Infrastructure - Analysis of the LNG market development in the EU », réalisée en 2015 et mise à jour en 2017.

Elle présente pour différents types de navires l'impact comparé en fonction des motorisations sur les coûts d'investissements, les coûts d'exploitation et l'environnement. L'étude traite en particulier un navire de type ferry Ropax, proche du type de navire qui pourrait être utilisé sur une ligne Toulon-Livourne.

Le graphe ci-dessous présente le coût global annuel (investissement + carburant) des 3 solutions de motorisation en fonction du coût du GNL comparé au coût du HFO. Il ressort que tant que le coût du GNL est au moins 20% moins cher que le coût du HFO, la motorisation GNL est plus attractive. Pour un coût du GNL entre 20% moins cher et égal au coût du HFO, la solution HFO + scrubber est plus intéressante économiquement. Lorsque le coût du GNL dépasse le coût du HFO la solution GNL est la moins attractive des trois.

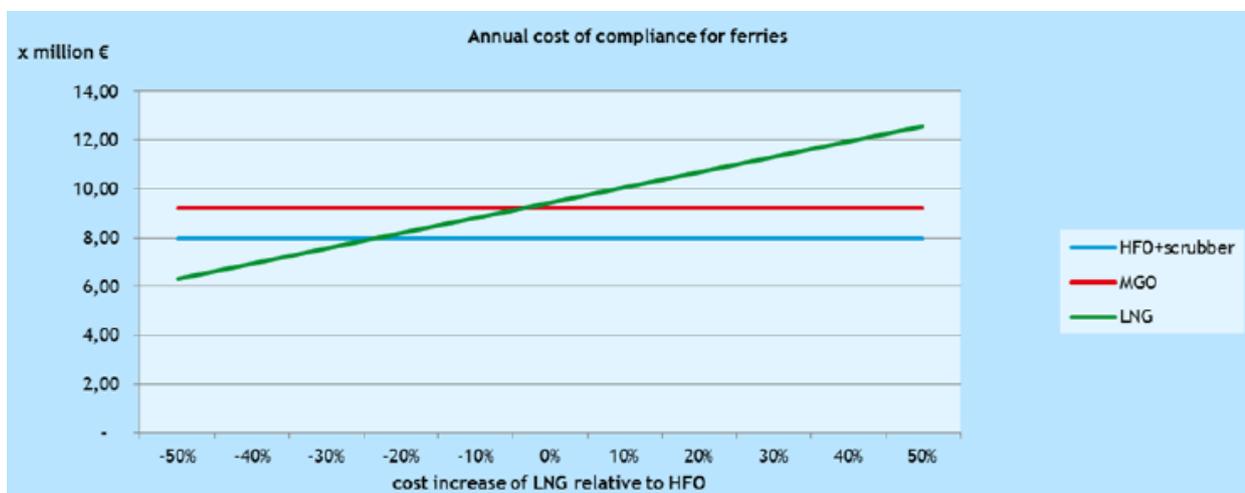


Figure 4 - Annual total costs of compliance for new build ferries for different LNG-HFO proportions for the year 2020 -

⁴ Les zones de contrôle des émissions (ECA, acronyme de Emission Control Area) sont des zones maritimes dans lesquelles des contrôles plus stricts des navires ont été établis par l'Organisation maritime internationale (OMI) pour réduire les émissions d'oxydes de soufre (SOx), d'oxydes d'azote (NOx) et de particules. Ces zones sont appelées SECA (acronyme de Sulphur Emission Control Area), NECA (acronyme de Nitrogen Emission Control Area), ou simplement ECA lorsqu'elles règlementent ces trois types de polluants. Source : Wikipedia

La France a lancé un dossier d'étude d'impact en 2019 avec un dépôt cible auprès de l'OMI (Organisation maritime internationale) en 2020 pour une adoption en 2021 et entrée en vigueur en 2022, sous réserve de la validation des pays membres de l'OMI

⁵ Navire à motorisation standard (heavy fuel oil) équipé de filtres permettant de réduire les rejets dans le respect des normes ECA

⁶ Navire à motorisation diesel (« maritime gasoil »), dont les émissions sont conformes aux zones ECA.

Source : Commission Européenne

Les prévisions de Lloyd's Register & UCL (2014) prévoient un coût du GNL inférieur de 20% à 30% par rapport au coût du HFO entre 2020 et 2030.

Le graphe ci-dessous présente le détail des coûts d'investissements et de carburant annuels d'un navire GNL comparé aux deux autres types de navires (pour une différence de coût fixés à 0% entre le GNL et le HFO). Il ressort que pour les ferrys le GNL apporte une nette économie par rapport au MGO, qui couvre largement le surcoût d'investissement de la solution GNL par rapport à la solution MGO. Pour la comparaison avec la solution HFO, l'économie en carburant avec le GNL est compensée totalement par le surcoût d'investissement.

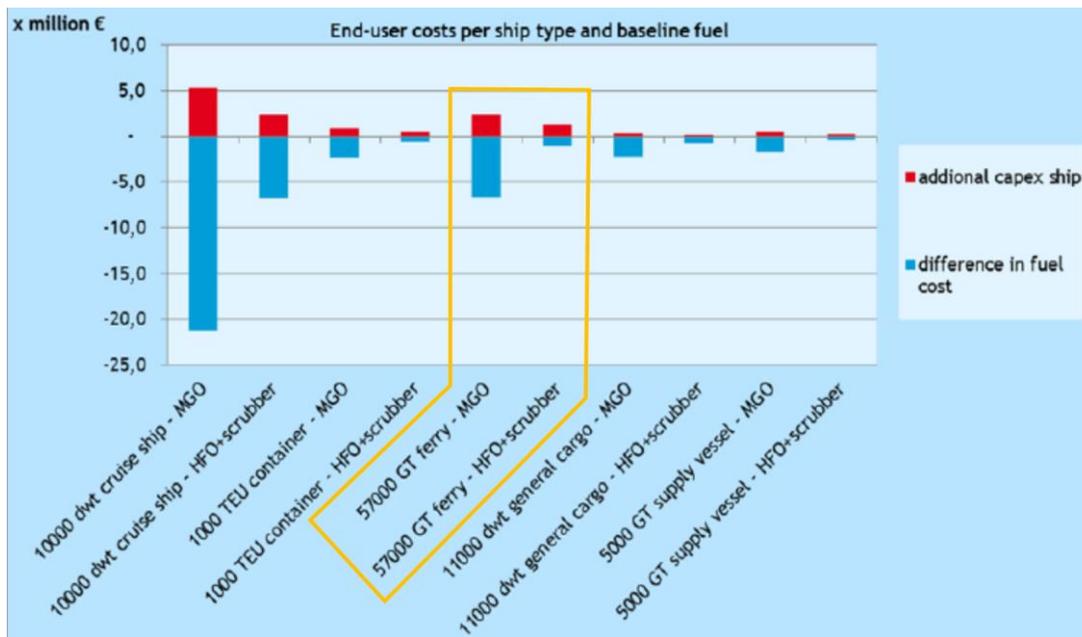


Figure 5 - End-user costs for investment of LNG investment compared to other options for different ship types - Source : Commission Européenne

Au total, les coûts d'investissements plus élevés pour le GNL sont plus que compensés par les coûts d'exploitation réduits, permis par le faible coût du carburant.

Par ailleurs, l'impact environnemental du GNL carburant relativement aux autres solutions de motorisation est plus avantageux comme le montre le tableau ci-dessous (mises à part les émissions de méthane qui est un gaz à effet de serre).

| Type of emission | Emissions MGO (g/MJ) | Emissions HFO + scrubber (g/MJ) | Emissions LNG (g/MJ) |
|------------------|----------------------|---------------------------------|----------------------|
| CO ₂ | 75.2 | 76.0 | 56.6 |
| NO _x | 2.25 | 2.21 | 0.29 |
| SO ₂ | 0.23 | 0.24 | 0.0 |
| PM ₁₀ | 0.02 | 0.04 | 0.0037 |
| CH ₄ | 0.001 | 0.002 | 1.02 |

Source: (IMO, 2014), (CE Delft, 2010), Clean North Sea Shipping (CNSS, 2015).

2.5 Conclusions : des conditions de marché et d'environnement des affaires peu propices au lancement d'une ligne maritime Toulon Livourne

En conclusion, les conditions de lancement d'une ligne maritime entre Toulon et Livourne ne sont pas entièrement réunies. En l'absence d'un fond de cale identifié, le marché à peine suffisant pour 3 rotations hebdomadaires n'apporte pas les garanties nécessaires pour qu'un armateur prenne le risque de se

positionner sur cette autoroute maritime.

Les facteurs déclenchants pour lancer un report modal maritime sur l'axe Toulon – Livourne sont :

- Un renchérissement du prix de la route par rapport au maritime, permis par une évolution réglementaire (de type écotaxe pour le routier ou écobonus pour le maritime)
- Une évolution du marché à la hausse permettant d'estimer un flux reportable plus important et surtout d'apporter un fond de cale monoclient qui garantisse des volumes minimums au service maritime (ex. des flux automobiles)

Par ailleurs, la sélection d'un autre port italien face à Toulon ne serait pas plus favorable au développement d'une ligne maritime. En effet, le choix d'un port au centre ou au sud de l'Italie aurait pour effet de réduire le marché éligible au report modal : cette réduction correspond au trafic généré par les régions du nord de l'Italie qui n'auraient plus d'intérêt à se reporter sur le maritime. Dans la mesure où ces flux représentent une forte part de marché, l'intérêt d'une ligne maritime se réduit d'autant.