

ANNEXE 2

Résumé non technique

CALLISTO MEDITERRANEAN CO₂ NETWORK – PROJET D'INTÉRÊT COMMUN
RAVENNA CCS PHASE 2 ET RÉSEAU DE TRANSPORT TERRESTRE

Sommaire

1.	Introduction	2
2.	Le projet Callisto	3
3.	Ravenna CCS et réseau de transport CCS Pianura Padana	4
4.	Installations et infrastructures du projet Ravenna CCS Phase 2	4
5.1.	Nouvelle station de compression du CO ₂ de Casalborsetti.....	8
5.2.	Nouveau raccordement Casalborsetti- réseau électrique national TERNA	10
5.3.	Nouvelle conduite et nouveau câble terrestre	11
5.4.	Point d'atterrissage microtunnel	12
5.5.	Pôle logistique de réception du CO ₂ - Ravenna Hub	13
6.	Infrastructures offshore Ravenna CCS Phase 2	15
6.1	Site de stockage	15
6.2	Nouvelle conduite offshore et nouveau câble	17
6.3	Plateformes offshore	17
6.4	Nouveaux puits, opérations d'abandon et complétion de puits existants.....	18
6.5	Plan de surveillance	19
6.6	Études sismiques en mer	21
7.	Réseaux de transport terrestre: "CCS Pianura Padana, Rete di Trasporto CO ₂ : Gasdotti Ferrara-Casalborsetti e Ravenna-Casalborsetti"	23
7.1	Définition du tracé	24
7.2	Activités de construction et de post-construction	27
7.3	Gestion des propriétés et des superficies.....	28

1. Introduction

Le captage et stockage du dioxyde de carbone (CCS) consiste à capter le CO₂ émis par les installations industrielles puis à le stocker de manière permanente et sûre dans le sous-sol, afin de limiter l'augmentation de la concentration de dioxyde de carbone dans l'atmosphère, principal facteur du réchauffement climatique. La CCS, aux côtés d'autres solutions, contribue ainsi à réduire les impacts environnementaux en aidant les systèmes productifs à devenir plus durables.

Cette technologie revêt une importance particulière pour les secteurs industriels dits «difficiles à décarboner» (*«hard-to-abate»*). Il s'agit d'industries à forte intensité énergétique dans lesquelles, en raison à la fois de la consommation énergétique élevée et des caractéristiques intrinsèques des procédés de production, il n'existe actuellement aucune solution technologique permettant d'éviter à la source la génération de CO₂. Dans ces cas, la seule option consiste à empêcher son rejet dans l'atmosphère.

Parmi les secteurs concernés figurent notamment la sidérurgie, l'industrie cimentière, l'industrie papetière et l'industrie chimique. La difficulté de réduire les émissions dans ces activités est liée à la nature même des procédés industriels et, en particulier, aux transformations physiques et chimiques qu'ils impliquent. L'exemple le plus significatif est celui de la calcination, processus indispensable à la fabrication du ciment, au cours duquel le calcaire est transformé en chaux. Cette réaction libère d'importantes quantités de CO₂ provenant directement du minerai et représente environ les deux tiers des émissions du secteur cimentier.

Pour ces raisons, le rôle du CCS dans la décarbonation est largement reconnu par les principales organisations internationales, notamment l'Agence internationale de l'énergie (AIE), le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), l'Agence internationale pour les énergies renouvelables (IRENA), l'Union européenne et les Nations Unies. Dans l'ensemble de leurs scénarios visant à atteindre les objectifs de décarbonation, les technologies de captage, d'utilisation et de stockage du CO₂ sont considérées comme essentielles pour réduire les émissions du secteur industriel. Dans son scénario «Net Zero Emissions», publié en octobre 2024, l'AIE estime que l'atteinte de la neutralité carbone mondiale à l'horizon 2050 nécessitera une contribution déterminante du CCS, qui devra permettre d'éviter l'émission de près de 6 milliards de tonnes de CO₂ par an.

Dans ce contexte, la Commission Européenne sélectionne, depuis 2013, dans le cadre de la politique des réseaux transeuropéens de l'énergie (TEN-E), des projets d'infrastructures présentant un intérêt stratégique majeur à l'échelle européenne. Ces projets sont inscrits sur les listes des Projets d'Intérêt Commun (PCI), mises à jour tous les deux ans. À la suite de la révision du règlement TEN-E, entrée en vigueur en 2022, le champ des infrastructures éligibles a été élargi afin d'inclure également les infrastructures dédiées au stockage du CO₂ parmi les catégories pouvant bénéficier de ce statut.

2. Le projet Callisto

Le projet «Callisto Mediterranean CO₂ Network» a été inscrit sur la première liste des Projets d'intérêt commun (PCI) de l'Union Européenne au titre du règlement (UE) 2022/869 (TEN-E) et a été confirmé dans la deuxième liste entrée en vigueur en 2026. Conformément à ce Règlement, un processus d'information et de participation du public est prévu pour les projets concernés (Art. 9). Le projet constitue une initiative intégrée couvrant l'ensemble de la chaîne de valeur du CO₂. Il comprend les infrastructures de réception, de transport et de stockage développées en Italie et en France.

Il s'articule autour de plusieurs hubs interconnectés par transport maritime, destinés à la collecte et à la gestion des volumes de CO₂ issus des principaux pôles industriels: en France, le hub de Fos-sur-Mer reçoit le CO₂ provenant de la vallée du Rhône et de la région marseillaise par conduite onshore ; en Italie, le projet prévoit les hubs de liquéfaction du CO₂ de Priolo-Augusta et de Taranto, ainsi que le hub de réception de Ravenna, qui accueille des flux de CO₂ acheminés par navire, train ou camion-citerne. Par ailleurs, le projet prévoit aussi la construction d'un réseau de transport par conduite onshore de CO₂, développé autour des hubs italiens et dans la plaine du Pô, avec des possibilités d'extension futures. Ce dernier permettra d'acheminer le CO₂ provenant des principaux sites industriels du territoire ainsi que du hub de Ravenna vers les installations de compression, puis vers les sites de stockage géologique permanent situés en mer Adriatique.

La conception du projet repose sur une approche flexible et un déploiement du projet à grande échelle, permettant l'intégration progressive d'autres États membres, notamment l'Espagne, la Grèce, la Croatie, la Slovénie et l'Autriche. L'objectif est de consolider le rôle de Callisto en tant qu'infrastructure de référence pour la gestion du CO₂ dans l'espace méditerranéen.

Le projet s'inscrit dans le cadre du Plan CCS de la Méditerranée entre l'Italie, la France et la Grèce, élaboré en 2023 et mis à jour en 2024. Il vise à mettre en œuvre les principes de coopération entre États pour le développement d'une filière intégrée de captage, transport et stockage du carbone.

Pour ce qui concerne l'Italie, le projet Callisto comprend le développement d'infrastructures de transport terrestre destinées à relier les principaux pôles industriels aux sites de stockage, ainsi que des infrastructures de réception, de transport et de stockage géologique permanent du CO₂ situées dans la zone offshore de la Mer Adriatique.

Dans ce contexte, Eni et Snam sont les promoteurs du projet Callisto, compte tenu de leurs rôles respectifs au sein de la chaîne de valeur du CO₂ en Italie. Eni est l'opérateur de la coentreprise, détenue à parts égales par Eni et Snam, pour le développement des activités de stockage dans le cadre du projet Ravenna CCS. Snam, par l'intermédiaire de Snam Rete Gas S.p.A., est responsable du développement et de l'exploitation des infrastructures de transport du CO₂ par conduite onshore, permettant son acheminement depuis les sites industriels jusqu'au site de stockage Ravenna CCS.

3. Ravenna CCS et réseau de transport CCS Pianura Padana

Ravenna CCS constitue une infrastructure essentielle du projet Callisto. Ravenna CCS comprend le terminal de réception du CO₂, les installations de compression, la canalisation offshore reliant les sites de stockage ainsi que les réservoirs géologiques pour le stockage permanent du CO₂ situés dans la zone offshore de la Mer Adriatique. L'objectif de Ravenna CCS est de contribuer à la réduction des émissions industrielles de CO₂, en renforçant la durabilité et la compétitivité des secteurs productifs. Le projet vise également à créer les conditions favorables à de nouvelles opportunités de développement économique grâce à la décarbonation de l'industrie.

Le projet Ravenna CCS est développé par phases :

- Phase 1: lancée en août 2024, elle s'est achevée avec succès à la fin du mois d'août 2025. Cette phase a permis le captage et le stockage de jusqu'à 25 000 tonnes de CO₂ émises par l'installation de traitement de gaz naturel de Casalborgsetti, exploitée par Eni, dans le gisement épuisé de Porto Corsini Mare Ovest.
- Phase 2: l'objectif est d'atteindre, d'ici 2030, une capacité de stockage jusqu'à 4 millions de tonnes de CO₂ par an. Dans ce cadre, Snam Rete Gas sera responsable du développement et de l'exploitation du réseau de transport onshore du CO₂, permettant son acheminement vers la station de compression de Casalborgsetti.
- Phases ultérieures d'expansion: après 2030, il est envisagé d'augmenter progressivement la capacité de stockage jusqu'à 16 millions de tonnes de CO₂ par an, voire davantage en fonction de la demande du marché, en valorisant le potentiel de stockage offert par les gisements de la mer Adriatique.

Le présent document a pour objet de présenter de manière synthétique et non technique le projet Ravenna CCS Phase 2 ainsi que le projet CCS Pianura Padana, dédié au développement du réseau de transport onshore du CO₂. Ces deux projets constituent des composantes du projet Callisto Mediterranean CO₂ Network situées sur le territoire italien et présentant un niveau avancé de maturité de développement.

4. Installations et infrastructures du projet Ravenna CCS Phase 2

Le projet sera réalisé sur le territoire de la Commune de Ravenna ainsi que dans la zone maritime du nord de la Mer Adriatique, dans le secteur compris approximativement entre Casalborgsetti au nord et Porto Corsini et Marina di Ravenna au sud, comme illustré à la figure 1. Les communes de Ferrara, Voghiera, Portomaggiore, Argenta et Alfonsine seront également concernées par la pose des canalisations terrestres destinées au transport du CO₂.

Le projet Ravenna CCS Phase 2 comprend plusieurs infrastructures, les infrastructures onshore prévues sont les suivantes:

- La construction d'une nouvelle station de compression du CO₂ à Casalborsetti. Cette installation recevra le CO₂ acheminé par le réseau de transport terrestre, y compris celui provenant du pôle logistique Ravenna Hub. Le CO₂ sera ensuite comprimé puis envoyé vers les plateformes offshore en vue de son injection dans les réservoirs de gaz épuisé. Le projet comprend également la réalisation d'un poste électrique haute/moyenne tension (HT/MT) destiné au raccordement au réseau électrique national;
- La pose d'une nouvelle liaison électrique souterraine reliant la station de compression de Casalborsetti au réseau de transport national d'électricité (liaison CABO-RTN);
- La construction d'une nouvelle conduite terrestre permettant le transport du CO₂ entre la station de compression de Casalborsetti et les plateformes (section onshore);
- La pose d'un nouveau câble hybride reliant la station de compression de Casalborsetti aux plateformes offshore. Ce câble suivra le tracé de la conduite offshore pour le transport du CO₂ et assurera à la fois l'alimentation électrique et la transmission des données entre la station de Casalborsetti et les quatre plateformes d'injection;
- La réalisation d'une zone d'atterrissage du microtunnel, destinée à assurer la connexion entre les infrastructures terrestres et leurs prolongements offshore;
- La création du pôle logistique «Ravenna Hub», au sein de la zone industrielle de Ravenna, destiné à recevoir le CO₂ liquéfié transporté par camion-citerne, train ou navire. Cette installation comprendra les équipements nécessaires au déchargement, au stockage temporaire et à la vaporisation du CO₂ liquide. Après son passage à l'état gazeux et sa mise aux conditions requises pour le transport par conduite, le CO₂ sera acheminé vers la station de compression de Casalborsetti grâce au réseau pour le transport du CO₂ onshore développé par Snam Rete Gas;
- L'aménagement d'une zone située à Sant'Antonio afin de permettre, à l'avenir, le raccordement éventuel de nouvelles canalisations de transport du CO₂.

Les infrastructures offshore prévues comprennent:

- La construction d'une nouvelle conduite sous-marine destinée au transport du CO₂ depuis la zone de collecte jusqu'aux plateformes d'injection;
- La pose d'un nouveau câble hybride sous-marin reliant la zone de collecte aux plateformes d'injection. Comme pour la section terrestre, ce câble suivra le tracé de la conduite offshore pour le transport du CO₂ et assurera

l'alimentation électrique ainsi que les connexions de données entre la station de Casalborsetti et les plateformes offshore;

- L'adaptation de plateformes offshore existantes afin d'y installer les équipements nécessaires au contrôle et à la régulation des puits d'injection du CO₂. Les plateformes concernées sont PCW-C, Agostino C, Garibaldi C et Garibaldi D. Elles sont situées sur les anciens gisements d'hydrocarbures épuisés de Porto Corsini Mare Ovest (PCMW) et Porto Garibaldi-Agostino (PGA).
- La fermeture définitive (abandon minier) de tous les puits non nécessaires au projet, soit 1 puits sur le complexe PCMW et 24 puits sur le complexe PGA. Cette opération sera réalisée à l'aide de matériaux résistants au CO₂.
- La réalisation de 16 puits injecteurs (7 sur PCMW et 9 sur PGA) et de 3 puits de surveillance (2 sur PCMW et 1 sur PGA) au moyen de la technique du «*sidetrack*». Cette méthode consiste à obturer la partie profonde d'un puits existant avec des matériaux résistants au CO₂ puis à créer, à partir de sa partie supérieure, une nouvelle section déviée adaptée à l'injection ou à la surveillance. Elle permet de réutiliser les infrastructures existantes tout en limitant les opérations de forage de nouveaux puits.

Avant le démarrage des travaux de construction, une phase de caractérisation de l'état initial du complexe de stockage sera réalisée. Cette étape permettra d'établir les conditions pour la migration du CO₂ et à la vérification de son confinement dans la zone de stockage. Elle comprendra des mesures et diagraphies dans les puits d'injection et de surveillance ainsi que des campagnes sismiques de réflexion 2D et 3D.

Le projet s'appuie à la fois sur l'adaptation d'infrastructures existantes exploitées par Eni et sur la réalisation de nouvelles installations.

Le projet Ravenna CCS Phase 2 bénéficie d'une connaissance approfondie des réservoirs destinés au stockage du CO₂. Cette expertise est le résultat de plusieurs décennies d'exploitation des gisements de gaz naturel de la Mer Adriatique et des activités de surveillance associées menées par Eni, ainsi que de l'expérience acquise avec le projet Ravenna CCS Phase 1.

Ravenna CCS Phase 1, mise en service en août 2024 et achevée à la fin du mois d'août 2025, constitue le premier projet pilote de captage et stockage du carbone déployé à l'échelle industrielle en Italie. Elle a démontré que le CCS constitue une solution efficace, sûre, fiable et immédiatement applicable dans le contexte italien, ouvrant la voie au développement de futurs projets de décarbonation industrielle dans le pays et, plus largement, en Europe du Sud.

La Phase 1 a apporté une validation technique ainsi qu'un retour d'expérience opérationnel essentiels au développement de la Phase 2, en démontrant avec succès:

- l'aptitude des réservoirs au stockage du CO₂, l'intégrité des formations de couverture et les capacités d'injection des puits;
- la capacité des modèles de réservoir et de transport à reproduire avec précision le comportement réel du CO₂;
- l'intégration complète de la chaîne de valeur du CCS, depuis le captage et le transport jusqu'à l'injection et au suivi;
- l'efficacité des dispositifs de surveillance environnementale, géologique et opérationnelle, ainsi que des contrôles d'intégrité des puits.

Dans le cadre du développement des infrastructures terrestres de Ravenna CCS Phase 2, Snam Rete Gas, filiale détenue à 100 % par Snam, réalisera le projet «CCS *Pianura Padana, Rete di Trasporto CO₂: Gasdotti Ferrara-Casalborsetti e Ravenna-Casalborsetti*». Ce projet prévoit la construction des canalisations nécessaires pour acheminer le CO₂ des premiers émetteurs vers la station de compression de Casalborsetti, notamment:

- environ 75 km de réseau dédiés au transport du CO₂ provenant du pôle industriel de Ferrara;
- environ 20 km de réseau dédiés au transport du CO₂ en provenance du Ravenna Hub ainsi que des installations industrielles de la région de Ravenna, dont environ 15 km correspondent à la reconversion d'une canalisation existante actuellement utilisée pour le transport de gaz naturel.

La figure suivante présente une vue d'ensemble schématique du projet.

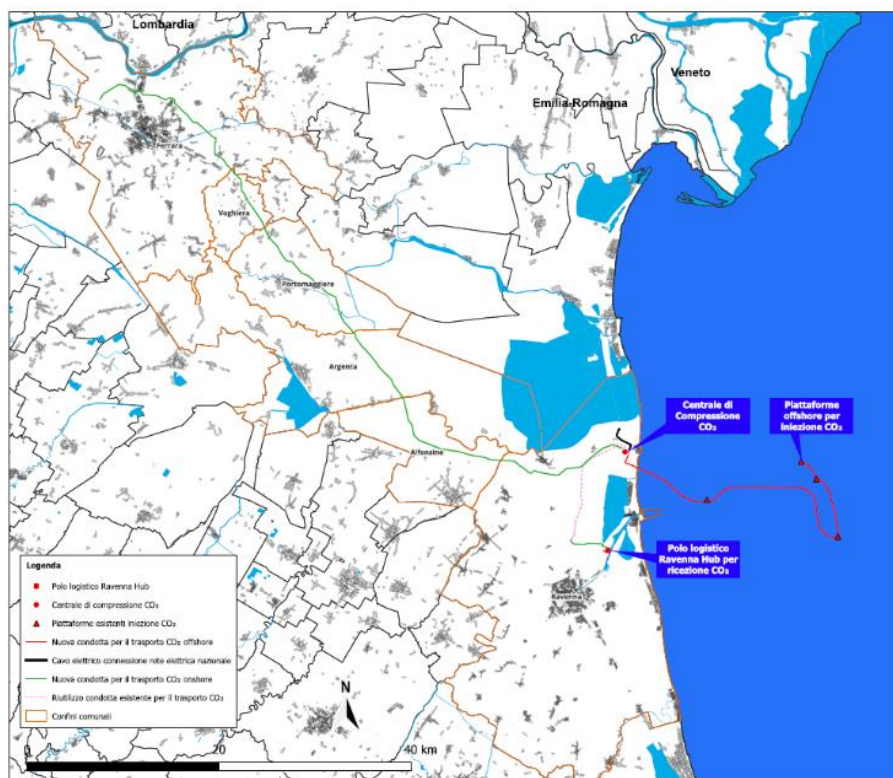


FIGURE 1: LOCALISATION DU PROJET RAVENNA CCS PHASE 2, Y COMPRIS LE RÉSEAU DE TRANSPORT TERRESTRE

Les infrastructures prévues dans le cadre du projet sont présentées ci-après, avec leur localisation, leurs dimensions et leurs fonctions respectives. Cette présentation couvre aussi bien les installations onshore que les installations offshore, ainsi que les infrastructures de transport par conduite onshore associées au projet.

5. Infrastructures onshore du projet Ravenna CCS Phase 2

5.1. Nouvelle station de compression du CO₂ de Casalborgione

La nouvelle station de compression occupera une superficie totale d'environ 62 080 m². La figure ci-après présente l'emprise des installations de la nouvelle station, à l'exclusion de la zone de raccordement au réseau de transport terrestre du CO₂ (onshore).



FIGURE 2: LOCALISATION DE LA NOUVELLE STATION DE COMPRESSION ET DES INSTALLATIONS ASSOCIÉES PAR RAPPORT À LA CENTRALE A' GAZ DE CASALBORSETTI EXPLOITÉE PAR ENI



FIGURE 3: IMAGE RÉALISÉE PAR PHOTOMONTAGE DE LA NOUVELLE STATION DE COMPRESSION - LE POINT DE VUE EST SITUÉ SUR LA ROUTE D'ACCÈS À LA CENTRALE EXISTANTE

La nouvelle station de compression de CO₂ de Casalborsetti, implantée à proximité d'une centrale à gaz exploitée par Eni, recevra le CO₂ acheminé par le réseau de transport onshore développé par Snam et assurera son acheminement vers les sites de stockage permanent situés dans les gisements offshore.

La station comprendra une unité de compression conçue pour garantir la flexibilité du système et permettre le transfert du CO₂ en phase dense vers les deux sites de stockage de Porto Corsini Mare Ovest et de Porto Garibaldi Agostino.

D'un point de vue technique, l'unité de compression sera composée de quatre trains de compression d'une capacité indicative équivalente à 1,4 Mt/an chacun, configurés selon le schéma trois en fonctionnement et un en réserve.

Afin de gérer les phases de démarrage et les périodes d'exploitation à débit réduit, l'un des compresseurs sera équipé, lors de la mise en service, d'une roue de compression de capacité inférieure, correspondant à une capacité équivalente d'environ 0,8 Mt/an.

Conformément au Plan de gestion du bassin du Senio (*Piano Stralcio Bacino Senio*), la réalisation d'un bassin de rétention est également prévue afin d'assurer la collecte et l'écroulement des eaux pluviales.

5.2. Nouveau raccordement Casalborsetti- réseau électrique national TERNA

Afin d'assurer l'alimentation électrique des installations de la nouvelle station de compression de Casalborsetti, un raccordement au Réseau de Transport National (RTN) sera réalisé selon une configuration d'entrée-sortie sur le réseau électrique national. Ce raccordement reposera sur la pose de deux nouvelles liaisons souterraines à haute tension (132 kV), constituant une connexion en double dérivation dédiée à l'utilisateur.

Dans une première phase, seule la première liaison sera réalisée. Cette connexion provisoire sera raccordée à la ligne aérienne existante du RTN au moyen d'un piquage en T rigide. Après la mise en service de cette première liaison, TERNA réalisera un nouveau poste du RTN dont elle assurera la maîtrise d'ouvrage et l'exploitation. Ce poste sera raccordé selon une configuration d'entrée-sortie sur la ligne aérienne existante Sant'Alberto – Porto Garibaldi. Une fois le poste TERNA mis en service, à proximité du point de raccordement en T de la première liaison, la seconde liaison souterraine sera installée. La première liaison sera alors transférée sur les jeux de barres du nouveau poste TERNA.

Le réseau de câbles comprendra deux liaisons souterraines de 132 kV d'une longueur totale d'environ 3,8 km. Le tracé se développera principalement sur des terrains agricoles, en suivant le réseau routier existant: d'abord le long de la Via degli Scariolanti (SP24), puis parallèlement à la Via Romea (SS309).

Le même ouvrage accueillera également deux systèmes de télécommunication par fibre optique, nécessaires à la transmission des données entre le poste TERNA et le poste utilisateur de la nouvelle station de compression.

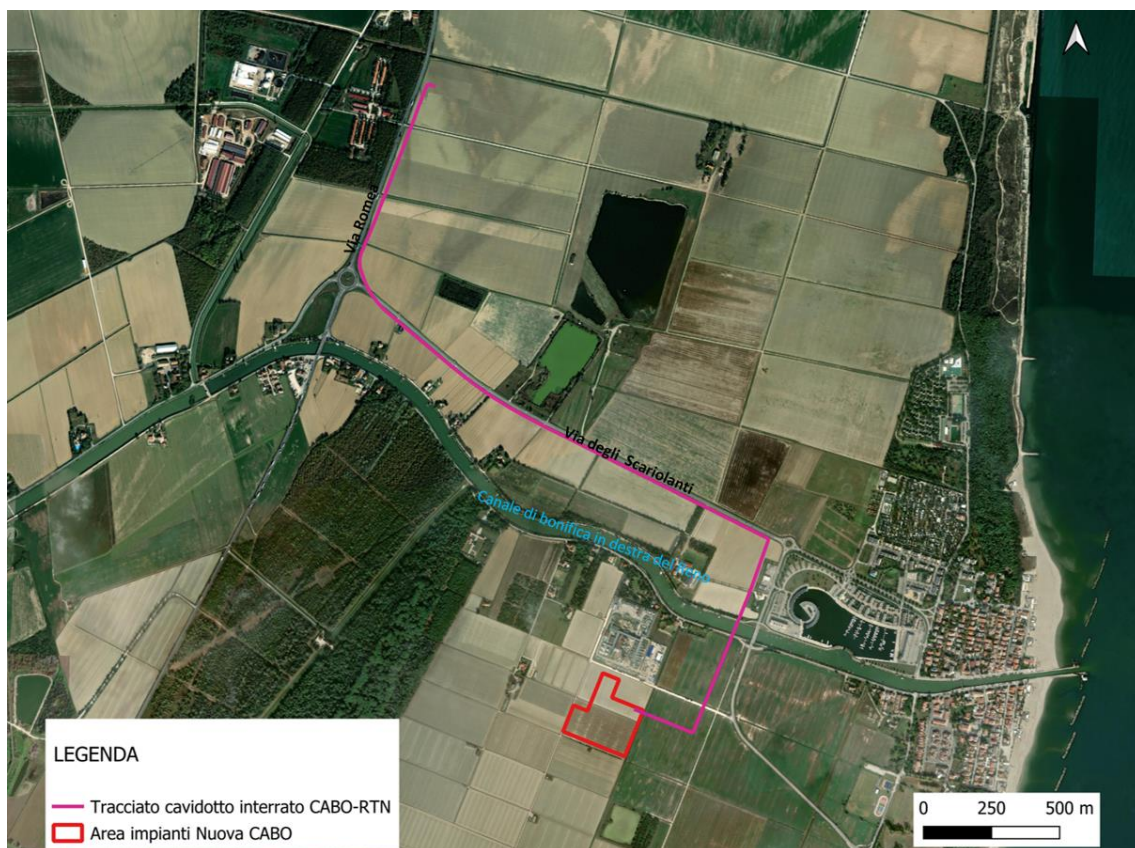


FIGURE 4: TRACÉ DU NOUVEAU CÂBLE SOUTERRAIN 132 KV CASALBORSETTI – RÉSEAU TERNA

5.3. Nouvelle conduite et nouveau câble terrestre

Depuis la nouvelle station de compression partiront une nouvelle conduite de transport de CO₂ (20 pouces) ainsi qu'un nouveau câble hybride (10 kV, 4 pouces), destinés à relier la station aux plateformes offshore existantes. La section terrestre de ces infrastructures s'étendra sur environ 2,2 km et traversera des terrains agricoles.



FIGURE 5: TRACÉ DE LA NOUVELLE CONDUITE ET DU CÂBLE TERRESTRE

5.4. Point d'atterrissage microtunnel

La zone d'interface entre la section onshore et la section offshore de la conduite pour le transport du CO₂ est communément appelée point d'atterrissage ou «*shore approach*». Celui-ci est prévu dans une zone en friche située à l'arrière de la pinède de Casalborsetti, à environ 600 m du littoral et à l'ouest de la route côtière nationale, au niveau de la plage publique de Camping Reno.

Le point d'atterrissage sera réalisé au moyen de la technique du *microtunnelling*. Cette méthode, couramment utilisée pour la pose souterraine de conduites et de câbles, permet de limiter les interventions en surface et de réduire les impacts sur l'environnement.

L'emprise temporaire nécessaire à l'installation des équipements de chantier associés aux travaux de *shore approach* à terre est estimée à environ 150 m × 180 m. À l'issue des travaux de pose de la conduite et du câble, cette zone sera entièrement remise en état et restituée dans des conditions équivalentes à son état initial.

L'emprise du chantier ainsi que les excavations requises pour la réalisation du puits de lancement sont illustrées dans la figure ci-après.



FIGURE 5: LOCALISATION DU POINT D'ATERRAGE ET MICROTUNNEL

Le microtunnel aura une longueur d'environ 1 300 m (en tunnel) et comprendra environ 300 m de section vers l'offshore. Le même microtunnel sera également utilisé pour le raccordement des sections onshore et offshore du câble composite.

5.5. Pôle logistique de réception du CO₂ - Ravenna Hub

Le pôle logistique de réception du CO₂, dénommé Ravenna Hub, est situé dans la zone industrielle de Ravenna, à environ 4,5 km du centre-ville. La zone industrielle de Ravenna regroupe des activités productives de nature diverse. Elle accueille notamment deux centrales thermiques, un important pôle chimique et pétrochimique, un ensemble d'entreprises du secteur agroalimentaire, ainsi que des sociétés actives dans les domaines de la métallurgie et de la sidérurgie, de la production de ciment, des matériaux de construction et de la céramique.

L'un des principaux atouts de cette zone réside dans son accès direct au canal Candiano du Port de Ravenna, ainsi que dans ses connexions ferroviaires et son raccordement aux principaux axes de transport du nord-est de l'Italie. Ces infrastructures favorisent le développement de nombreuses activités logistiques et de services portuaires.

Le Ravenna Hub sera dédié au déchargement, au stockage temporaire, au pompage et à la vaporisation du CO₂ liquide acheminé par différents modes de transport (navire, train et camion). Il sera construit sur des terrains industriels désaffectés et réhabilités situés au sein de la zone industrielle de Ravenna, en tirant parti des connexions intermodales existantes.

La superficie totale de la zone concernée par les travaux sera d'environ 152 600 m², répartis comme suit:

- Nouvelle aire de stationnement pour camions et réception du CO₂ par voie terrestre: 23 000 m² ;
- Zone ferroviaire destinée aux adaptations nécessaires à la réception du CO₂ par train: environ 14 600 m² ;
- Zone dédiée aux installations de stockage et de vaporisation du CO₂: environ 115 000 m².



FIGURE 6: ZONE INDUSTRIELLE DE RAVENNA (BLEU) ET FUTUR PÔLE LOGISTIQUE RAVENNA HUB (ROUGE)

Les ouvrages suivants seront réalisés :

- Une aire de stationnement pour les camions, équipée d'un poste de garde;
- Des auvents de protection et des postes de déchargement destinés à la réception du CO₂ acheminé par camion et par train;
- Des quais de réception du CO₂ par voie maritime et leurs installations associées: adaptation du quai existant P3 en vue de sa réutilisation et construction d'un nouveau quai Px;
- Des équipements de mesure du CO₂;
- Des réservoirs de stockage de CO₂ liquide: quatorze réservoirs à moyenne pression sont prévus (17 bar(a) et -25,6 °C);
- Des vaporisateurs de CO₂ liquide permettant d'amener le CO₂ aux conditions de livraison requises (15 °C et 40 bar(g)) avant son injection dans la conduite terrestre (onshore) de Snam.

6. Infrastructures offshore Ravenna CCS Phase 2

6.1 Site de stockage

Le projet Ravenna CCS Phase 2 utilisera les gisements épuisés offshore des sites de Porto Corsini Mare Ovest (PCMW) et de Porto Garibaldi/Agostino (PGA) pour le stockage géologique du CO₂.

Le site de PCMW est situé à environ 8 km du littoral de la Romagne, entre Ravenna et Cervia, à une profondeur d'eau d'environ 15 m. Il se trouve dans le périmètre de la concession A.C26.EA, détenue à 100 % par Eni.

Entré en production en novembre 1969, le gisement a été identifié à la suite des campagnes d'exploration menées dans les années 1960. Le puits d'exploration PCMW 1, foré en 1964, a été le premier puits réalisé sur la structure, mais n'a mis en évidence que des quantités limitées de gaz. En 1965, le puits PCMW 2 a également été foré sans résultat productif.

Des études sismiques plus approfondies ont ensuite montré que les puits PCMW 1 et PCMW 2 avaient été implantés sur le flanc d'une structure anticlinale, tandis que son point culminant se situait plus au nord-ouest. Cette nouvelle interprétation géologique a conduit au forage du puits de découverte PCMW 3, réalisé entre août et septembre 1967.

La première phase de développement du site, lancée en 1967, a conduit à l'installation de deux plateformes, PCWA et PCWB, chacune équipée de 8 puits. Une seconde phase de développement, engagée en 1989, a ensuite permis la mise en service d'une troisième plateforme, PCWC, comportant 12 puits.

Au total, 28 puits ont été forés depuis ces 3 plateformes. En y ajoutant les 3 puits isolés (PCMW 1, PCMW 2 et PCMW 19), le site compte 31 puits existants.

La production résiduelle de gaz naturel du gisement PCMW cessera avant le début de l'injection de CO₂. Par ailleurs, la concession minière associée arrivera à échéance le 1er janvier 2027, éliminant ainsi tout risque d'interférence entre les activités de production d'hydrocarbures et les opérations de stockage de CO₂.

Les niveaux du réservoir PCMW retenus pour l'injection de CO₂ sont les suivants:

TABEAU 1: NIVEAUX SÉLECTIONNÉS POUR L'INJECTION DE CO₂ – SITE PCMW

Niveau		P init res [bara]	SBHP [bara](data)	Datum [mssl]	T res [°C]
PL2-A		324	198 (@2025)	2880	55
PL2-B		328	257 (@2024)	2920	55
PL2-C		335	118 (@2025)	2970	55
Note:					
SBHP: Static Bottom Hole Pressure					

Dans le cadre du projet Ravenna CCS Phase 1, du CO₂ a été injecté dans le gisement de PCMW entre août 2024 et août 2025, démontrant à l'échelle industrielle la faisabilité du transport et du stockage sûr et permanent du CO₂.

Le site de PGA est situé dans l'offshore adriatique, à environ 20 km du littoral de Ravenne et de l'usine de traitement du gaz de Casalborsetti, à une profondeur d'eau d'environ 25 m. Le gisement est compris dans la concession A.CI.AG, dont Eni détient 100 % des droits.

Le site a été découvert en avril 1968 grâce au puits d'exploration P. Garibaldi 1. Six autres puits d'exploration (P. Garibaldi 2, 3, 28X, Agostino 1, 1NW et 26X) ont ensuite confirmé la présence de gaz naturel et permis de délimiter le gisement, caractérisé par deux culminations structurales. Le champ est en production depuis 1971.

Les infrastructures actuellement présentes sur le champ comprennent :

- la plateforme Garibaldi A;
- la plateforme Garibaldi B;
- la plateforme Garibaldi C;
- la plateforme Garibaldi D;
- la plateforme Garibaldi Cluster;
- la plateforme Agostino A;
- la plateforme Agostino B;
- la plateforme Agostino C;
- la plateforme Agostino Cluster.

Le gisement comprend 37 niveaux productifs. La série est située entre 2 550 m et 4 100 m TVDSS et concerne les niveaux des séries PL3 (Pliocène supérieur), PL2 (Pliocène moyen) et PL1 (Pliocène inférieur). Ces formations sont constituées d'alternances plus ou moins rapprochées de couches sableuses et argileuses d'origine turbiditique, présentant une bonne continuité latérale. Au total, 110 puits ont été forés sur la structure.

La production résiduelle de gaz naturel du gisement PGA cessera avant le début de l'injection de CO₂. La concession minière correspondante expirera le 14 septembre 2030, garantissant l'absence d'interférence entre les activités de production d'hydrocarbures et les opérations de stockage géologique du CO₂.

Les niveaux du réservoir retenus pour l'injection de CO₂ sont les suivants :

TABLEAU 2: NIVEAUX SÉLECTIONNÉS POUR L'INJECTION DE CO₂ – SITE PGA

Niveau		P init res [bar]	SBHP [bar] (data)	Datum [mssl]	T res [°C]
PL2-KK1+L		421	27 (@2025)	3490	64
<i>Note:</i> <i>SBHP: Static Bottom Hole Pressure</i>					

La définition des scénarios d'injection repose sur les suivantes études de réservoir:

- PCMW – Étude intégrée de réservoir 2022/2023: cette étude comprend un modèle géologique élaboré à partir de la réinterprétation des données sismiques 3D Adria, ainsi qu'un modèle dynamique spécifiquement dédié à l'injection de CO₂. Afin de répondre aux besoins des analyses géomécaniques, le modèle intègre également les zones voisines présentant une communication hydraulique partielle avec le réservoir principal.

- PGA – Étude intégrée de réservoir 2023: cette étude est également fondée sur la réinterprétation des données sismiques 3D Adria. Un modèle dynamique dédié à l'injection de CO₂ a été développé, incluant les zones adjacentes en communication hydraulique partielle pour les évaluations géomécaniques. Une attention particulière a été portée aux niveaux identifiés pour l'injection, notamment PL2-KK1 et PL2-L.

Le projet Ravenna CCS Phase 2 prévoit une capacité d'injection pouvant atteindre 4,0 Mt/an de CO₂ dans les gisements de PCMW et PGA :

TABLEAU 3: SCÉNARIO D'INJECTION – RAVENNA CCS PHASE 2

Phase 2	Site	Portée d'injection [MTPA]	Puit [#]	Niveau [#]
Phase 2	PCMW + PGA	4,0	8 + 9	3 + 2

Il est estimé que les niveaux identifiés dans le cadre du projet Ravenna CCS Phase 2 seront en mesure de contenir environ 100 Mt de CO₂, permettant ainsi une durée de vie du projet d'au moins 26 ans.

6.2 Nouvelle conduite offshore et nouveau câble

Une nouvelle conduite de 20 pouces sera construite afin de relier la nouvelle station de compression de Casalborsetti aux plateformes offshore associées aux gisements de PCMW et PGA. La section offshore de cette conduite s'étendra sur une longueur d'environ 34,5 km à partir du point de sortie du microtunnel. La conduite et le câble seront déposés sur le fond marin depuis ce point de sortie, puis enfouis selon la technique du *post-trenching*. Après sa pose, puis après le raccordement des différents *spools*, la conduite fera l'objet d'un essai hydraulique de réception afin d'en vérifier l'intégrité et les performances.

Le projet prévoit également l'installation d'un nouveau câble hybride, en courant alternatif, d'une tension de 10 kV, d'une puissance pouvant atteindre 300 kW, et intégrant des fibres optiques. Ce câble sera posé sur le fond marin parallèlement à la conduite sur une distance d'environ 36,9 km à partir du point de sortie du microtunnel.

6.3 Plateformes offshore

La plateforme PCW-C est constituée d'une structure de soutien à huit jambes ancrée au fond marin au moyen de pieux métalliques. Elle est située à une altitude d'environ 55 m au-dessus du niveau de la mer. La plateforme PCW-C est reliée par une passerelle métallique à la plateforme PCW-B, mise en service en 1968, les deux installations formant ainsi un même site d'exploitation. Ces plateformes sont implantées sur le site de Porto Corsini Mare Ovest (PCMW), situé à environ 8 km du littoral de la Romagne, entre Ravenna et Cervia, par une profondeur d'eau d'environ 15 m.

Les plateformes Garibaldi-C, Garibaldi-D et Agostino-C sont situées respectivement à environ 18,5 km, 20 km et 16,5 km des côtes, dans des zones où la profondeur d'eau est d'environ 25 m. Ces plateformes sont associées au site de Porto Garibaldi-Agostino (PGA).

			
PCW-C	Agostino C	Garibaldi C	Garibaldi D
Lat. 44° 30' 31" N	Lat. 44° 32' 758" N	Lat. 44° 31' 51" N	Lat. 44° 28' 39" N
Long. 012° 22' 26" E	Long. 12° 29' 610" E	Long. 12° 30' 55" E	Long. 12° 32' 46" E

FIGURE 8: COORDONNÉES GÉOGRAPHIQUES DES PLATEFORMES DE PCWC ET PGA

Les plateformes feront l'objet de travaux de modification et de remplacement des installations afin d'être converties pour les activités de réception et d'injection du CO₂.

6.4 Nouveaux puits, opérations d'abandon et complétion de puits existants

Les sites de PCMW et de PGA, sur lesquels sont implantées les plateformes sélectionnées pour l'injection du CO₂, comprennent des puits forés dans le cadre des activités d'exploration et de production d'hydrocarbures menées depuis la fin des années 1960.

Afin de réutiliser les puits et les plateformes existants, les puits d'injection et les puits de surveillance du CO₂ seront réalisés à partir de puits existants au moyen de la technique du *sidetrack* (cette opération consiste à effectuer l'abandon définitif de la partie profonde du puits à l'aide de matériaux résistants au CO₂, puis à forer une nouvelle section déviée à partir de la partie supérieure du puits existant, en utilisant également des matériaux compatibles avec le service CO₂). Cette technique permet de remplacer les équipements par des matériaux adaptés à leur nouvelle fonction, tout en limitant le recours à de nouveaux forages.

Au total, 16 nouveaux puits d'injection de CO₂ seront réalisés en *sidetrack* à partir de puits existants. En incluant le puits injecteur utilisé dans le cadre du projet Ravenna CCS Phase 1, qui sera réutilisé, le nombre total de puits d'injection s'élèvera à 17:

- 8 puits sur le gisement épuisé de PCMW;
- 9 puits sur le gisement épuisé de PGA.

De la même manière, 3 puits de surveillance seront réalisés: 2 sur PCMW et 1 sur PGA. Par ailleurs, certains puits existants feront l'objet d'opérations d'abandon minier à l'aide de matériaux résistants au CO₂, afin de garantir leur étanchéité vis-à-vis de ce gaz.

Les coordonnées des puits ont été définies sur la base des études de réservoir réalisées pour chaque gisement, tandis que les coordonnées des plateformes correspondent à celles des plateformes existantes.

Les opérations d'abandon minier ainsi que les travaux de forage et de complétion des nouveaux puits injecteurs seront réalisés à l'aide d'unités de forage de type *jack-up*.

TABEAU 5: COORDONNÉES DES NOUVEAUX PUITS INJECTEURS EN SIDETRACKS – SITE PCMW ET PGA

N.	Puits - site PCMW	Plateformes	Latitude WGS 84	Longitude WGS 84
1	PCMW-22 DIR	PCMW-C	44°30'29.959 N	12°22'22.927 E
2	PCMW-28 DIR	PCMW-C	44°30'29.803 N	12°22'22.890 E

3	PCMW 29 DIR	PCMW-C	44°30'32.270 N	12°22'22.03 E
4	PCMW-27 DIR A	PCMW-C	44°30'29.868 N	12°22'22.857 E
5	PCMW-20 DIR	PCMW-C	44°30'30.024 N	12°22'22.894 E
6	PCMW-25 DIR A	PCMW-C	44°30'32.36 N	12°22'21.98" E
7	PCMW-26 DIR B	PCMW-C	44°30'29.933 N	12°22'22.823 E

N.	Puits - site PGA	Plateformes	Latitude WGS 84	Longitude WGS 84
1	P. GARIBALDI 33 DIR	Garibaldi C	44°31'51.324 N	12°30'55.691 E
2	P. GARIBALDI 36 DIR	Garibaldi D	44°28'39.183 N	12°32'46.744 E
3	Agostino 42 DIR	Garibaldi C	44°31'51.481 N	12°30'55.999 E
4	P. GARIBALDI 32 DIR A	Garibaldi C	44°31'51.405 N	12°30'55.598 E
5	Agostino 41 DIR	Agostino C	44°32'47.539 N	12°29'41.022 E
6	P. GARIBALDI 41DIR A	Garibaldi D	44°28'39.100 N	12°32'46.457 E
7	Agostino 31 DIR A	Agostino C	44°32'47.541 N	12°29'40.941 E
8	AGOSTINO 44 DIR	Garibaldi C	44°31'53.860 N	12°30'55.140 E
9	Agostino 32 DIR A	Agostino C	44°32'47.463 N	12°29'40.938 E

6.5 Plan de surveillance

Le Décret Législatif n° 162/2011 définit les critères de sélection et de caractérisation des sites de stockage géologique du CO₂, ainsi que les exigences relatives à l'élaboration et à la mise en œuvre d'un plan de surveillance par l'exploitant pendant toute la durée du projet.

L'objectif principal du plan de surveillance est de vérifier que le comportement du CO₂ injecté correspond aux prévisions établies par les modèles de réservoir.

À cette fin, un programme de surveillance a été élaboré couvrant différents domaines d'observation (puits, réservoir de stockage, formations de couverture, fond marin et environnement) au moyen de plusieurs technologies complémentaires. Les résultats des campagnes de surveillance seront analysés afin d'identifier d'éventuels écarts par rapport aux prévisions des modèles et de détecter toute anomalie significative.

Les suivantes activités de surveillance sont prévues:

- **Surveillance microsismique** - un réseau de surveillance microsismique, composé de stations terrestres et marines, est déjà en service dans la zone de PCMW dans le cadre du projet Ravenna CCS Phase 1. Ce réseau sera étendu par l'ajout de nouvelles stations et sera également utilisé pour la surveillance microsismique du site PGA. Le réseau sera entièrement opérationnel avant le début des activités de stockage afin de permettre l'acquisition des données de référence (baseline).
- **Surveillance des déformations du sol** - les déformations du sol susceptibles d'être associées aux opérations d'injection et de stockage du CO₂ seront suivies au moyen d'une approche multi-technologique intégrant: des stations GNSS permanentes à terre et en mer, des campagnes de nivellement de haute précision à terre, l'interférométrie radar satellitaire (InSAR), des stations de mesure des tassements et des pressions interstitielles à terre. Ce réseau était déjà présent dans la région de Ravenna en raison d'activités upstream précédentes, mais il a été renforcé dans le cadre du projet Ravenna CCS Phase 1 par l'installation de nouvelles

stations GNSS. Il est donc déjà disponible et pleinement opérationnel pour la Phase 2, avec un historique de données couvrant plus de vingt ans. Les réseaux de surveillance des déformations du sol et de la microsismicité sont conformes aux «*Indirizzi e Linee guida per il Monitoraggio della Sismicità, delle Deformazioni del Suolo e delle Pressioni di Poro nell'ambito delle Attività Antropiche*» (ILG-MISE, 2014).

- **Surveillance sismique 4D (ou *time-lapse*)** - la sismique à réflexion de surface permettra d'obtenir une image du sous-sol depuis le fond marin jusqu'au réservoir. Cette technique servira à suivre l'évolution du panache de CO₂ dans le complexe de stockage et à détecter toute migration éventuelle en dehors de la zone prévue. Cette méthode constitue une technologie éprouvée et largement utilisée pour la caractérisation et le suivi du sous-sol.
- **Surveillance des installations** - la composition du CO₂ injecté sera contrôlée à travers l'analyse des fluides fournis par les différents émetteurs, afin de vérifier leur conformité par rapport aux spécifications chimiques de référence. L'intégrité de la conduite reliant Casalborsetti aux plateformes offshore sera également surveillée à l'aide de la technologie propriétaire d'Eni e-vpms, fondée sur l'analyse des données fournies par des capteurs vibro-acoustiques installés le long de la conduite. Par ailleurs, des détecteurs de présence de CO₂ seront installés sur l'ensemble des installations.
- **Surveillance environnementale** - le Plan de Surveillance Environnementale (PSE) a été élaboré afin de vérifier les conditions environnementales par rapport au scénario de référence décrites dans l'Étude d'Impact Environnemental et de contrôler les impacts tout au long du cycle de vie du projet:
 - phase préparatoire précédant les travaux;
 - phase de construction et d'installation des infrastructures;
 - phase d'exploitation;
 - phase postérieure à l'arrêt des opérations d'injection de CO₂, concernant la surveillance environnementale du complexe de stockage.

Pour la partie relative au complexe de stockage, le PSE est établi conformément à l'annexe II du Décret Législatif n° 162/2011. Sa conception repose sur les mêmes catégories d'investigations que celles déjà mises en œuvre et approuvées dans le cadre du projet Ravenna CCS Phase 1:

- études physiques, chimiques et biogéochimiques de la colonne d'eau;
 - études physiques, chimiques et écotoxicologiques des sédiments;
 - études portant sur les biota.
- **Surveillance des puits**
 - La surveillance des puits injecteurs reposera notamment sur:
 - une fibre optique permanente de type *Distributed Temperature Sensing/Distributed Acoustic Sensing* (DTS-DAS) pour la mesure continue de la température et le contrôle de l'intégrité des puits;
 - des capteurs de pression et de température installés en tête et en fond de puits, permettant d'obtenir en temps réel des données au plus près des intervalles d'injection du CO₂;

- o des débitmètres dédiés;
 - o la possibilité de réaliser périodiquement des diagraphies en trou tubé afin de contrôler l'intégrité des puits, la répartition du CO₂ injecté (*Production Logging Tool*) ainsi que la détection d'éventuelles migrations non souhaitées de CO₂ à proximité du puits (*Pulsed Neutron Log, Spectral Noise Log*).
- Des puits dédiés exclusivement à la surveillance seront également réalisés (2 sur PCMW et 1 sur PGA). Ils seront équipés de la même instrumentation que les puits injecteurs et permettront la mise en œuvre des mesures complémentaires suivantes:
 - o la possibilité d'effectuer des prélèvements au niveau des horizons ouverts;
 - o la possibilité de réaliser des diagraphies en trou tubé ainsi que des acquisitions au moyen de la technologie *Pulsed Neutron Log* (PNL) afin de suivre l'arrivée du CO₂ au droit des niveaux non perforés.
- Certains puits existants, dont la profondeur n'atteint pas les niveaux d'injection, seront utilisés pour la surveillance des eaux de formation situées dans des horizons plus superficiels, au-dessus de la roche de couverture du réservoir. Pour ces puits, des prélèvements périodiques d'eaux de formation seront réalisés afin de vérifier l'éventuelle évolution des concentrations en CO₂ par rapport aux valeurs de référence mesurées avant le début des opérations d'injection.

En cas d'écart significatif entre le comportement observé et celui prévu par les modèles de réservoir, une analyse détaillée des causes potentielles sera réalisée. Des acquisitions de données complémentaires pourront être mises en œuvre afin d'étayer cette analyse. Si nécessaire, le modèle de réservoir fera l'objet d'une recalibration spécifique.

Les activités de modélisation et de calibrage prévues aux phases 2 et 3 de l'annexe I du décret législatif n° 162/2011 seront répétées afin de réviser et d'actualiser l'évaluation des risques ainsi que le plan de surveillance.

Un programme de surveillance post-fermeture sera également mis en œuvre. Il s'appuiera sur les données recueillies et interprétées au moyen des modèles développés dans le cadre du plan de surveillance appliqué pendant la phase d'injection, ainsi que sur les prévisions issues des modèles de réservoir. L'objectif sera de suivre l'évolution des pressions et la migration du panache de CO₂ afin de démontrer le confinement effectif et permanent du CO₂ au sein du site de stockage.

6.6 Études sismiques en mer

Dans le cadre des projets de captage et de stockage géologique du CO₂, un programme de surveillance des zones de stockage est mis en œuvre afin de vérifier, sur le long terme, la sécurité du stockage et le confinement permanent du CO₂ injecté, conformément aux exigences de la Directive 2009/31/CE.

Cette surveillance repose généralement sur une combinaison de techniques complémentaires, comprenant des mesures continues réalisées au moyen de capteurs installés en surface et en profondeur, ainsi que des campagnes périodiques d'acquisition de données. Parmi ces outils, les prospections géophysiques constituent une méthode éprouvée, largement utilisée pour la caractérisation et le suivi du sous-sol. Le Guidance

Document n° 2 de la Commission européenne recommande leur utilisation en raison de leur efficacité et de leur importance pour les projets de stockage géologique du CO₂. Ces méthodes, reconnues pour leur fiabilité, ont récemment été mises en œuvre avec succès par Eni dans des projets similaires au Royaume-Uni, notamment HyNet (région du port de Liverpool, 2022) et Bacton (2023).

Ces investigations consistent à générer et à enregistrer des ondes élastiques dans le sous-sol afin de produire des images de la structure souterraine, selon des principes comparables à ceux utilisés pour la propagation des ondes acoustiques (par exemple le sonar). Elles permettent d'obtenir des informations indirectes sur la répartition du CO₂ grâce à l'analyse des variations des propriétés élastiques des formations traversées par les ondes.

Cette méthode n'est pas invasive pour le sous-sol et permet de recueillir des informations à la fois dans l'espace (2D/3D) et dans le temps (4D). Plus précisément, la prospection géophysique 4D consiste à répéter les acquisitions de données à intervalles réguliers afin de suivre l'évolution du système de stockage et de détecter d'éventuelles variations ou écarts par rapport aux scénarios prévus par les modèles.

Dans le cas des acquisitions de données en milieu marin, le dispositif de mesure comprend trois éléments principaux :

- une source active et contrôlée d'ondes élastiques;
- un système de réception reposant sur un réseau de capteurs de pression (hydrophones);
- un navire d'acquisition chargé des opérations en mer, qui tracte les sources et les récepteurs.

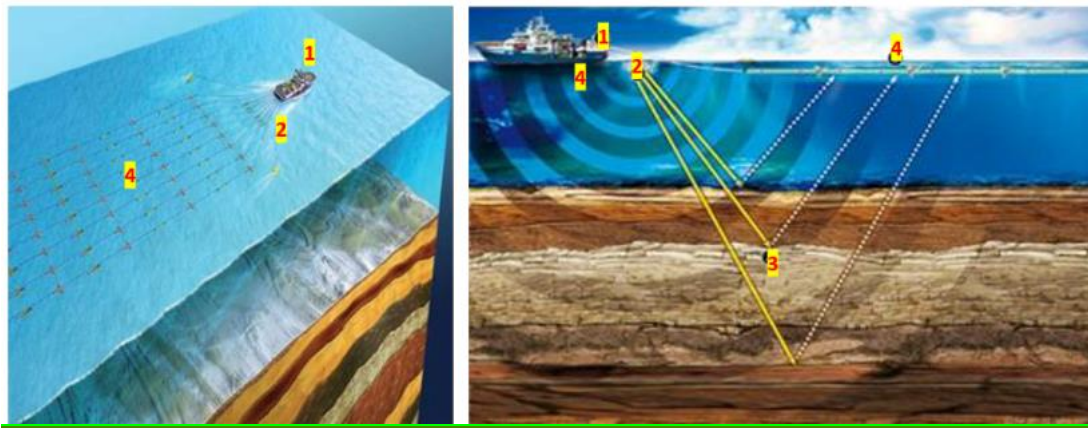


FIGURE 9: PROSPECTION GÉOPHYSIQUE PAR RÉFLEXION, 1) NAVIRE, 2) SOURCES (AIR-GUNS), 3) RÉFLEXION SISMIQUE, 4) CAPTEURS DE PRESSION (HYDROPHONES)

Le programme de surveillance prévoit également l'acquisition de données géophysiques de référence (baseline) avant le début des opérations d'injection de CO₂, afin d'établir l'état initial du sous-sol et de disposer d'un point de comparaison. Les acquisitions réalisées par la suite permettront de comparer les données dans le temps et de suivre l'évolution du système de stockage.

Les activités suivantes sont notamment prévues :

- une prospection géophysique sismique de réflexion 3D à haute résolution, destinée au suivi des séquences géologiques superficielles et à la vérification du comportement des formations de couverture;
- une prospection géophysique sismique de réflexion 2D, destinée au suivi de l'évolution et de la répartition du CO₂ au sein des réservoirs PCMW et PGA.

Après l'acquisition des données de référence (baseline), deux campagnes supplémentaires sont prévues: l'une pendant la phase d'exploitation du projet et l'autre à la fin des opérations d'injection. Les campagnes d'acquisition ont une durée limitée, généralement de quelques semaines à quelques mois. Leur planification, leur durée et leur fréquence seront définies de manière à réduire au minimum les impacts environnementaux potentiels, tout en garantissant un niveau de surveillance adapté du stockage du CO₂.

Des mesures de réduction des impacts et de suivi du bruit sous-marin seront mises en œuvre conformément aux lignes directrices nationales et internationales applicables, notamment la procédure dite de «*soft start*» ou «*ramp-up*», qui consiste à augmenter progressivement la puissance de la source sismique au début des opérations.

Des mesures complémentaires de protection de la faune marine seront également appliquées à bord afin de limiter toute perturbation des cétacés susceptibles d'être présents à proximité de la zone d'intervention. Ces mesures incluront notamment la présence d'observateurs de mammifères marins (*MMO – Marine Mammal Observers*) et l'utilisation de systèmes de surveillance acoustique passive (*PAM – Passive Acoustic Monitoring*).

7. Réseaux de transport terrestre: “CCS Pianura Padana, Rete di Trasporto CO₂: Gasdotti Ferrara-Casalborsetti e Ravenna-Casalborsetti”

Les conduites terrestres nécessaires au transport du CO₂ depuis les sites industriels de Ferrara et de Ravenna jusqu'à la station de compression de Casalborsetti, seront développées en Émilie-Romagne par Snam Rete Gas, société détenue à 100 % par Snam. Ces infrastructures traversent les communes de Ravenna et Alfonsine, et dans le district de Ferrara les communes de Argenta, Portomaggiore, Voghiera et Ferrara.

Plus précisément, les infrastructures comprises dans le projet intitulé «*CCS Pianura Padana, Rete di Trasporto CO₂: Gasdotti Ferrara-Casalborsetti e Ravenna-Casalborsetti*», qui a déjà fait l'objet du Décret de compatibilité environnementale n° 39/2026 du 30 janvier 2026, comprennent :

- La conduite «Ravenna Hub – Ravenna Terra DN 600 (24 pouces) et raccordements»;
- la reconversion (repurposing) de la conduite Porto Corsini Mare Ovest – Ravenna Terra DN 600 (24 pouces);
- la conduite «Ferrara Ovest – Ferrara Est DN 650 (26 pouces) et raccordements»;
- la conduite «Ferrara Est – Ravenna Casalborsetti DN 900 (36 pouces) et raccordements»;
- les installations de lancement et de réception de racleurs (pig traps) situées à Ravenna Hub, Casalborsetti, Ferrara Ovest et Ferrara Est.

Le résumé non technique complet, faisant partie de la documentation déposée dans le cadre de la procédure d'évaluation de l'impact environnemental, est disponible sur le site

du Ministère italien de l'Environnement et de la Sécurité énergétique, au suivant lien: <https://va.mite.gov.it/it-IT/Oggetti/Info/11069>

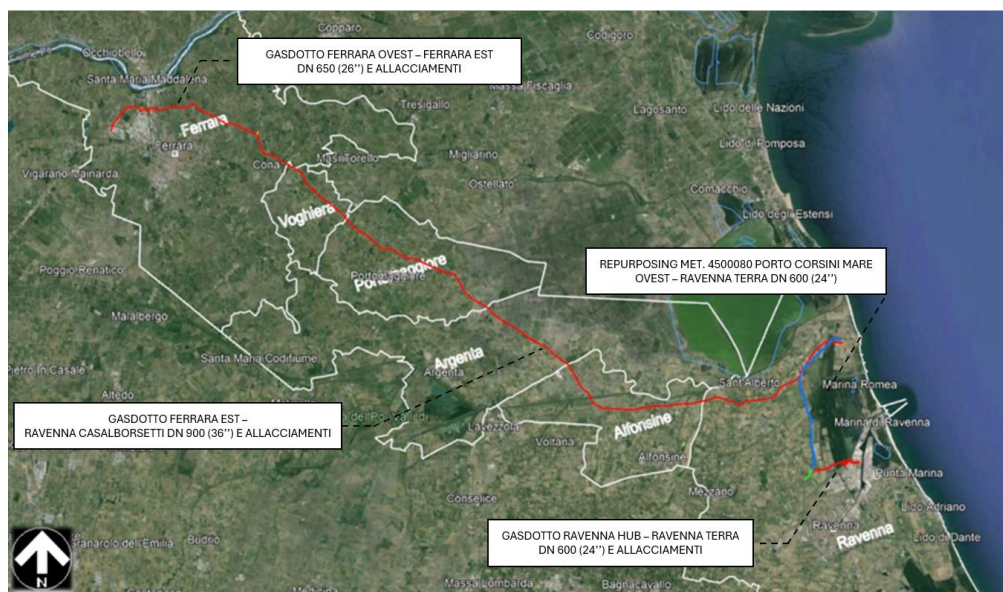


FIGURE 10 : LOCALISATION GÉOGRAPHIQUE DES OUVRAGES (GAZODUCS EN PROJET EN ROUGE, GAZODUCS À DÉMANTELER EN VERT ET GAZODUCS EN EXPLOITATION À RECONVERTIR EN BLEU)

Le réseau sera constitué de conduites en acier enterrées. La majeure partie de l'infrastructure ne sera donc pas visible durant la phase d'exploitation. Afin de garantir une gestion sûre de l'ouvrage ainsi que la réalisation des opérations de maintenance, la conduite restera inspectable pendant toute sa durée de vie opérationnelle.

L'implantation des équipements hors sol a été prévue dans des zones agricoles. Lorsque cela sera jugé nécessaire, des mesures d'intégration paysagère seront mises en œuvre, notamment par la plantation d'espèces végétales autochtones destinées à assurer un masquage visuel approprié des installations.

7.1 Définition du tracé

La définition du tracé de l'infrastructure a reposé sur un processus approfondi d'analyse et de vérification technique, tenant compte à la fois des caractéristiques environnementales et territoriales des zones traversées, ainsi que des exigences liées à la construction, à l'exploitation et à la maintenance de l'ouvrage.

Sur la base des données cartographiques disponibles et des informations recueillies lors des différentes campagnes de reconnaissance du territoire, le tracé a été élaboré conformément aux principes directeurs suivants:

1. Réutiliser, lorsque cela est possible, les gazoducs existants en les convertissant au transport du CO₂, afin de limiter l'occupation de nouveaux terrains;
2. Privilégier l'implantation des nouvelles conduites à proximité d'infrastructures existantes (gazoducs, lignes électriques, parcs éoliens, routes, canaux, etc.), en utilisant les corridors techniques déjà présents;
3. Limiter autant que possible la longueur des conduites, dans le respect des contraintes liées aux territoires traversés;

4. Favoriser l'intégration environnementale des ouvrages ainsi que la restauration des caractéristiques morphologiques et de la végétation d'origine après les travaux;
5. Privilégier le passage en zones agricoles, en évitant les secteurs urbanisés, industriels ou les sites contaminés;
6. Exclure les zones présentant des risques hydrogéologiques, géomorphologiques ou géotechniques significatifs;
7. Réduire les impacts sur les habitats naturels, les parcs, les réserves naturelles et les cultures à haute valeur agronomique;
8. Limiter les interférences avec les cours d'eau;
9. Rechercher, lorsque cela est possible, un parallélisme avec les infrastructures existantes (gazoducs, lignes électriques, parcs éoliens, routes, canaux, etc.) afin d'optimiser l'utilisation des corridors techniques déjà aménagés;
10. Garantir l'accessibilité des installations pour les opérations d'exploitation, d'inspection et de maintenance du réseau.

Le détail du tracé par commune traversée est présenté ci-après.

COMMUNE	GAZODUC	KM (ENV.)	ZONES	FRANCHISSEMENTS	CARACTÉRISTIQUES
Ferrara (FE)	Ferrara - Casalborsetti	15.3	Territoires à usage principalement agricole	Le tracé comporte plusieurs franchissements ferroviaires (lignes Padova-Bologna et Ferrara-Codigoro) ainsi que plusieurs franchissements de canaux et de masses d'eau. Ceux-ci seront réalisés au moyen de technologies « <i>trenchless</i> »	Les installations hors sol sont au nombre de cinq et occupent une superficie totale d'environ 14 600 m ² ; le reste de l'ouvrage est entièrement enterré. En amont de la ligne principale FE-CABO, environ 5 km de conduite de petit diamètre sont prévus pour le raccordement des émetteurs du pôle industriel de Ferrara

				appropriées qui, ne nécessitant pas de tranchée à ciel ouvert pour la pose de la conduite, permettent de ne pas interférer avec les infrastructures et milieux traversés	
Voghiera (FE)	Ferrara - Casalborsetti	7.5	Territoires à usage principalement agricole	Le tracé traverse l'autoroute ra8 au moyen d'une technologie « <i>trenchless</i> ».	L'unique installation hors sol est le poste de ligne, d'une superficie d'environ 1 000 m ² ; le reste de l'ouvrage est entièrement enterré
Portomaggiore (FE)	Ferrara - Casalborsetti	14.9	Territoires à usage principalement agricole	Le tracé traverse plusieurs canaux et fossés de drainage (une méthode de franchissement « <i>trenchless</i> » est prévue lorsque nécessaire)	Les seules installations hors sol sont trois postes de ligne, représentant une superficie totale occupée d'environ 3 000 m ² ; le reste de l'ouvrage est entièrement enterré
Argenta (FE)	Ferrara - Casalborsetti	8.6	Territoires à usage principalement agricole	Le tracé traverse plusieurs canaux et fossés de drainage (une méthode de franchissement « <i>trenchless</i> » est prévue lorsque nécessaire)	Les seules installations hors sol sont trois postes de ligne, représentant une superficie totale occupée d'environ 3 000 m ² ; le reste de l'ouvrage est entièrement enterré

Alfonsine (RA)	Ferrara - Casalborsetti	13.8	Territoires à usage principalement agricole et prairies	Le tracé traverse le fleuve Reno, le fleuve Senio et le site Natura 2000 «it4070021 » au moyen de technologies « <i>trenchless</i> »	Les seules installations hors sol sont trois postes de ligne, représentant une superficie totale occupée d'environ 2 000 m ² ; le reste de l'ouvrage est entièrement enterré
Ravenna (RA)	Ferrara – Casalborsetti Ravenna - Casalborsetti	14.9 20	Territoires à usage principalement agricole, avec des vergers et des vignobles	Le tracé traverse la pinède de San Vitale et le canal de Rivalone, situés dans le site Natura 2000 «it4070003 », au moyen d'une technologie « <i>trenchless</i> » ; il franchit également le raccordement ferroviaire Marcegaglia ainsi que plusieurs canaux	Les installations hors sol sont au nombre de cinq et occupent une superficie totale d'environ 11 300 m ² ; le reste de l'ouvrage est entièrement enterré. En outre, la majeure partie de la conduite RA-CABO (environ 15 km sur une longueur totale de 20 km) est réalisée par la reconversion d'une conduite précédemment utilisée pour le transport de gaz naturel

7.2 Activités de construction et de post-construction

La construction du réseau de transport du CO₂, dont les principaux diamètres sont compris entre 24 et 36 pouces, repose sur des activités similaires à celles mises en œuvre pour la pose de conduites de dimensions équivalentes destinées au transport d'autres fluides.

La réalisation des ouvrages s'effectuera au moyen d'une succession d'interventions progressives réparties le long du tracé. Cette organisation permet de limiter les travaux à des portions restreintes de l'emprise à chaque étape du chantier, tout en assurant une progression continue de la construction.

Les principales phases de réalisation comprennent:

- les activités préparatoires (par exemple les levés topographiques) ;

- la construction des pistes d'accès temporaires nécessaires à l'acheminement des équipements vers les zones de travaux;
- l'ouverture de l'emprise de chantier et l'excavation de la tranchée;
- la pose de la conduite puis son remblayage;
- la construction des installations de surface et des postes de ligne;
- les contrôles d'intégrité de la conduite et les essais de réception

À l'issue des travaux, l'ensemble des mesures nécessaires sera mis en œuvre afin de restituer les zones de chantier dans un état aussi proche que possible de leur état initial et de limiter les effets du projet sur le territoire. Les travaux de remise en état comprendront notamment des opérations de restauration de la couverture végétale et de réhabilitation des terrains traversés.



FIGURE 11 : EXEMPLES DE RESTAURATION DE LA VÉGÉTATION

7.3 Gestion des propriétés et des superficies

Les terrains privés concernés par l'installation de la conduite seront grevés d'une servitude *non aedificandi* dans une bande de 11 m de part et d'autre de l'axe de la conduite.

Cette servitude n'entraînera ni division parcellaire ni changement de destination des terrains traversés, lesquels resteront la propriété et à la disposition de leurs propriétaires.

Au sein de la bande de servitude:

- les activités agricoles courantes pourront être maintenues et la végétation naturelle arbustive et arborée présente pourra être rétablie après les travaux;
- seules des restrictions relatives à la construction et à l'implantation de bâtiments seront applicables.

Les terrains destinés à l'implantation des installations hors sol feront l'objet soit d'un droit de superficie, soit d'une acquisition foncière.

Les éventuels terrains relevant du domaine public et concernés par les ouvrages feront l'objet des autorisations ou concessions administratives requises.