



## **Autorité environnementale**

**Avis délibéré de l’Autorité environnementale  
sur le permis exclusif de recherches de sites  
de stockage souterrain d’hydrogène, dit « PER  
Est Sélestat » aux environs de Sélestat (67)**

**n°Ae : 2025-009**

Avis délibéré n° 2025-009 adopté lors de la séance du 24 avril 2025

# Préambule relatif à l'élaboration de l'avis

L'Ae<sup>1</sup> s'est réunie le 24 avril 2025 en visioconférence. L'ordre du jour comportait, notamment, l'avis sur le permis exclusif de recherches de sites de stockage d'hydrogène, dit « PER Est Sélestat » aux environs de Sélestat (67).

Ont délibéré collégalement : Sylvie Banoun, Nathalie Bertrand, Karine Brulé, Marc Clément, Virginie Dumoulin, Christine Jean, Noël Jouteur, François Letourneux, Serge Muller, Jean-Michel Nataf, Alby Schmitt, Éric Vindimian.

En application de l'article 4 du règlement intérieur de l'Ae, chacun des membres délibérants cités ci-dessus atteste qu'aucun intérêt particulier ou élément dans ses activités passées ou présentes n'est de nature à mettre en cause son impartialité dans le présent avis.

N'a pas participé à la délibération, en application de l'article 4 du règlement intérieur de l'Ae : Laurent Michel.

Étaient absent(e)s : Olivier Milan, Laure Tourjansky, Véronique Wormser.

\* \*

L'Ae a été saisie pour avis par la Direction générale de l'énergie et du climat, l'ensemble des pièces constitutives du dossier ayant été reçues le 24 janvier 2025.

Cette saisine étant conforme aux dispositions de l'article R. 122-26 du code de l'environnement relatif à l'autorité environnementale prévue à l'article L. 1221 du même code, il en a été accusé réception et l'avis a vocation à être rendu dans un délai de trois mois.

Conformément aux articles R. 122-7 et R. 122-21 du code de l'environnement, l'Ae a consulté par courriers du 30 janvier 2025 :

- le préfet de la région Grand Est,
- le préfet du Bas-Rhin qui a transmis une contribution le 17 mars 2025 et le préfet du Haut-Rhin,
- la directrice générale de l'Agence régionale de santé (ARS) de Grand Est qui a transmis une contribution le 27 février 2025.

Sur le rapport de Gilles Croquette et d'Alby Schmitt qui ont rencontré la société Storengy le 21 mars 2025, après en avoir délibéré, l'Ae rend l'avis qui suit.

**Pour chaque plan, programme et projet soumis à évaluation environnementale, une autorité environnementale désignée par la réglementation doit donner son avis et le mettre à disposition du maître d'ouvrage, de l'autorité décisionnaire et du public.**

Cet avis porte sur la qualité de l'évaluation environnementale présentée par le maître d'ouvrage ou la personne responsable et sur la prise en compte de l'environnement par le plan, le programme ou le projet. Il vise à permettre d'améliorer sa conception, ainsi que l'information du public et sa participation à l'élaboration des décisions qui s'y rapportent. L'avis ne lui est ni favorable, ni défavorable et ne porte pas sur son opportunité.

Le présent avis est publié sur le site de l'Ae. Il est intégré dans le dossier soumis à la consultation du public.

<sup>1</sup> Formation d'autorité environnementale de l'Inspection générale de l'environnement et du développement durable (IGEDD).

# Synthèse de l'avis

La société Storengy a déposé une demande de permis exclusif de recherches (PER) de stockage d'hydrogène en cavités salines dans la région de Sélestat (67), dit « Permis Est Sélestat ». Un tel permis, s'il est octroyé, lui donnerait l'exclusivité de la recherche dans cette zone. Les forages qui en découleraient seraient soumis à une procédure d'autorisation de travaux. L'avis de l'Ae porte sur le seul dossier de PER.

Les incidences seront limitées à celles des éventuels forages d'exploration et, outre les nuisances liées aux travaux, porteront principalement sur la ressource en eau, les habitats naturels et la biodiversité. L'évaluation environnementale de la phase suivante d'exploitation devra également prendre en compte la contribution du projet à la réduction de la pollution atmosphérique et des émissions de gaz à effet de serre, la sécurité des populations et la préservation des paysages.

L'établissement d'un état initial de l'environnement plus précis, en particulier sur les enjeux en matière d'eau et de milieu naturel, permettrait de mieux définir les sites les plus favorables à l'implantation de forages, voire d'écarter certains secteurs de la recherche et, demain, de l'exploitation. Les informations essentielles concernant les couches de sel ciblées (profondeur, épaisseur) ne sont pas disponibles dans l'évaluation environnementale. Aucune mesure opérationnelle d'évitement, de réduction ou de compensation des effets des travaux d'exploration sur le milieu naturel n'est proposée. Peu d'informations sont données sur les risques liés aux forages d'exploration (composition des boues) et les moyens de les prévenir. Ces risques sont augmentés du fait de la présence dans le sol et le sous-sol de cavités souterraines et de munitions anciennes.

L'évaluation environnementale de la demande de PER pourrait constituer l'opportunité de préciser et d'anticiper les problématiques auxquelles sera confrontée Storengy pour le projet d'ensemble qui comprendra les travaux d'exploration finale nécessaires et les travaux d'exploitation, les raccordements éventuels aux canalisations d'alimentation et d'expédition d'hydrogène, l'alimentation électrique, les équipements liés aux rejets ou à la valorisation de la saumure. Il serait utile que le rapport environnemental décrive, dès l'étape du PER, les principales incidences possibles de la phase d'exploitation, notamment : le devenir de la saumure issue du lessivage des cavités, affaissements, les risques d'incendie ou d'explosion... Cela permettrait d'éclairer le public sur les principaux enjeux du projet d'ensemble et d'identifier les premières mesures d'évitement, de réduction ou de compensation (ERC) à envisager. Cette opportunité n'a pas été saisie dans le dossier présenté.

# Avis détaillé

Cet avis de l'Ae porte sur la demande d'octroi du permis exclusif de recherches (PER) de sites de stockage d'hydrogène, dit « PER Est Sélestat », aux environs de Sélestat (67), porté par la société Storengy. Est analysée à ce titre la qualité du rapport d'évaluation environnementale.

## 1. Contexte, présentation du programme de recherches et enjeux environnementaux

### 1.1 Contexte général du stockage en cavités salines

#### 1.1.1 Des besoins croissants en stockage d'hydrogène

La transition énergétique a favorisé l'émergence de divers concepts de stockage d'énergie, visant principalement à résoudre le problème de l'intermittence de certaines énergies renouvelables. L'hydrogène peut être utilisé comme vecteur énergétique dans un large éventail d'applications, notamment pour la production d'électricité, le stockage d'énergie<sup>2</sup>, la mobilité et l'industrie.

D'ici 2050, la demande en hydrogène pourrait, selon les industriels, être multipliée par dix par rapport à 2015, notamment dans les secteurs des transports et de l'industrie<sup>3</sup>. Les objectifs de développement de l'hydrogène engagés par l'Europe et la France à l'horizon 2050 impliquent la création de nouvelles capacités de stockage.

Selon Storengy, ces nouvelles capacités seront en majorité des cavités salines, moyen de stockage le plus adapté aujourd'hui. Mais d'autres méthodes de stockage existent, d'un degré de maturité moindre : stockages en aquifère, en gisements déplétés<sup>4</sup> et en cavités minées revêtues<sup>5</sup>. Dans le cas du stockage en cavité saline, l'étanchéité naturelle offerte par le sel constitue un intérêt majeur.

#### 1.1.2 Des sites favorables en région Grand Est

La région Grand-Est, et plus particulièrement le Bas-Rhin et le Haut-Rhin couvrant le fossé d'Alsace, présente dans son sous-sol des couches de sel de superficies et d'épaisseurs importantes.

Le fossé rhénan supérieur (ou graben du Rhin supérieur), dans lequel se situe la zone d'intérêt du PER, appartient à une structure géologique majeure en Europe occidentale : le rift ouest européen de l'ère tertiaire, qui s'étend sur près de 1 100 km, de la mer du Nord et du fossé d'Oslo au nord

<sup>2</sup> Un kg d'hydrogène stocke 33,3 kWh, plus de deux fois celle du méthane.

<sup>3</sup> Source : « Hydrogen scaling up », Hydrogen Council, 2017

<sup>4</sup> Gisements d'hydrocarbures épuisés.

<sup>5</sup> Une cavité minée est un ouvrage souterrain composé de galeries creusées dans un massif rocheux. Les galeries sont typiquement situées à une profondeur de 50 à 200 m. L'étanchéité d'une cavité minée est fondée sur le principe du confinement hydrodynamique : la profondeur des cavités permet à l'eau contenue dans la roche environnante de s'écouler en tout point vers la cavité minée, assurant le confinement du produit à l'intérieur du stockage souterrain.

Dans le cas du stockage des produits gazeux à haute pression, le concept de confinement hydrodynamique nécessiterait des profondeurs prohibitives. À défaut, une membrane en acier est alors nécessaire pour assurer l'étanchéité du produit tout en gardant une profondeur de stockage standard pour les cavités minées, de l'ordre de la centaine de mètres. On parle alors de cavité minée revêtue (LRC ou « Lined Rock Cavern »).

jusqu'au fossé de Valence au sud. Le fossé rhénan supérieur est compartimenté en plusieurs sous-bassins dont, dans sa partie française, ceux dits de Mulhouse, Sélestat, Strasbourg et Pechelbronn.

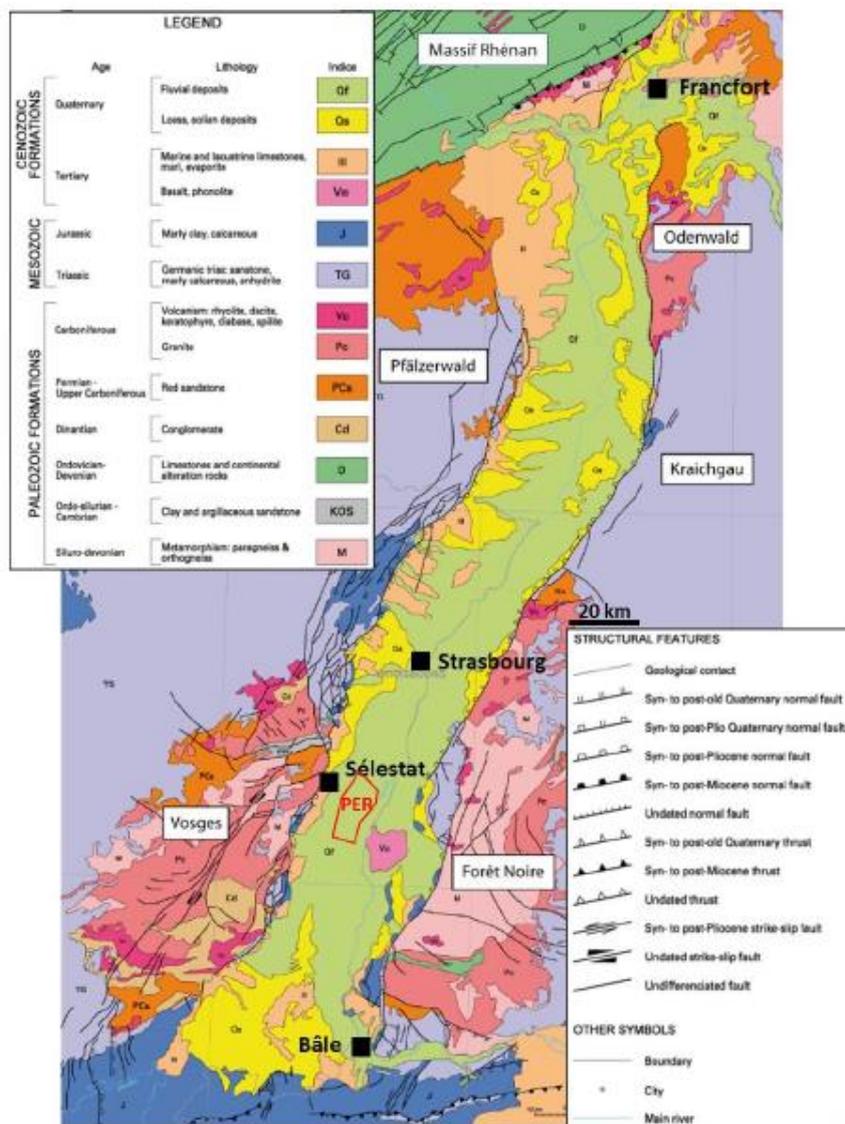


Figure 1 : Carte géologique simplifiée du fossé rhénan supérieur avec la position du PER (source : dossier)

Le fossé rhénan supérieur présente un remplissage sédimentaire comprenant des séries secondaires et tertiaires, et des alluvions quaternaires. L'ensemble repose sur un socle primaire constitué essentiellement de gneiss<sup>6</sup> et de granite recouvert par les séries permo-carbonifères continentales argilo-gréseuses.

Le Tertiaire est composé de sédiments dont l'épaisseur totale peut localement dépasser 2 500 m dans la partie sud du fossé, entre Strasbourg et Bâle. Il comprend une série évaporitique<sup>7</sup> tertiaire qui contient d'épaisses couches de sel gemme (halite) et constitue la cible exploratoire du PER.

<sup>6</sup> Roche métamorphique de la croûte continentale contenant du quartz, du mica, des feldspaths plagioclases et parfois du feldspath alcalin, tous suffisamment gros pour être identifiés à l'œil nu (source : wikipedia).

<sup>7</sup> Les évaporites sont des roches issues du dépôt salin qui se forment par précipitation de minéraux solubles dans l'eau salée ou saumâtre (source : wikipedia).

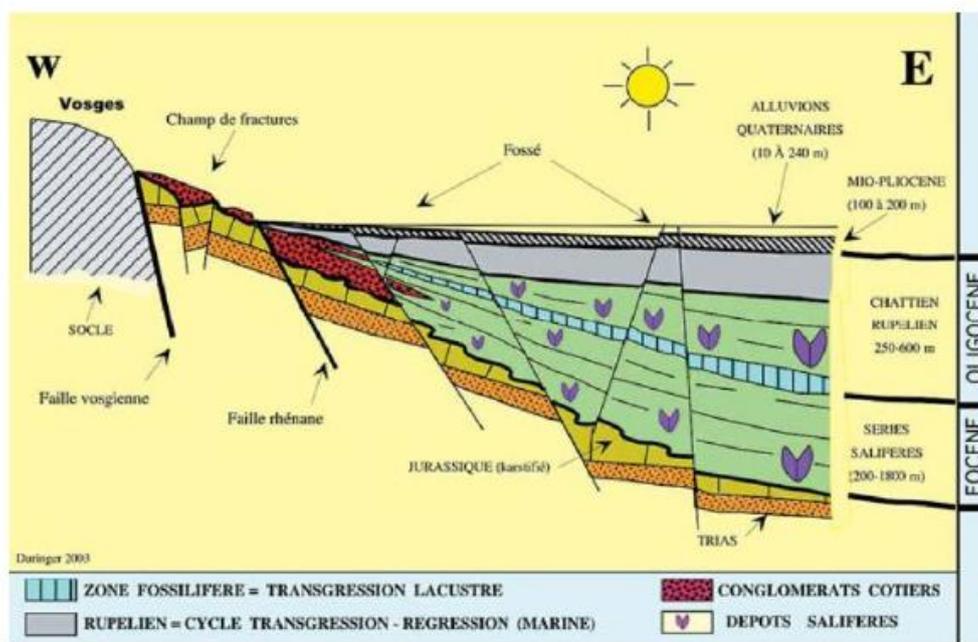


Figure 2 : Coupe schématique de la bordure ouest du fossé d'Alsace dans la région de Colmar (source : dossier)

### 1.1.3 Le stockage d'hydrogène en cavités salines

Le stockage en cavités salines implique la création de ces cavités par la technique du lessivage qui consiste à injecter de l'eau par passes successives dans un forage atteignant une formation de sel, pour le dissoudre et ainsi créer une cavité. Bien que cette technique implique un temps de lessivage important et présente des volumes stockés plus faibles qu'en aquifères, elle présente notamment deux avantages :

- un seul forage est nécessaire et la technique est simple ;
- les propriétés du sel, chimiquement stable et très étanche grâce à sa faible perméabilité et porosité.

La pression maximale du gaz stocké, et donc la capacité maximale de stockage de gaz pour un volume donné, correspondent sensiblement à la pression des terrains environnants. Plus le stockage est profond, plus la pression maximale du gaz peut être élevée<sup>8</sup>.

<sup>8</sup> La pression maximale du gaz stocké (mesurée en bars) correspond ainsi à environ 0,18 fois la profondeur (mesurée en mètres), pour une densité du sol de 1,8.

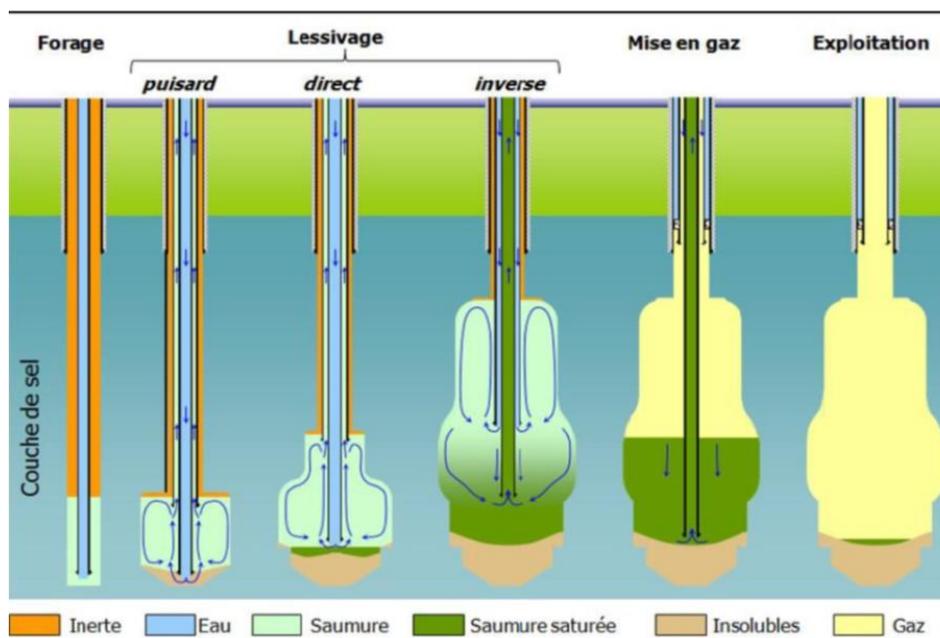


Figure 3 : Phases de création et d'exploitation d'une cavité- Source : stockage d'hydrogène en cavités salines, Q. BEROUD et al., Mines de Paris, 2018

Il a été indiqué aux rapporteurs que les plus grosses cavités actuellement exploitées par Storengy en France ont un volume géométrique d'environ 600 000 m<sup>3</sup> et une hauteur pouvant atteindre 150 m.

#### 1.1.4 Le permis exclusif de recherches (PER)

Les PER s'appliquent aux travaux d'exploration en vue de découvrir les gisements de substances minières. Son titulaire, en l'obtenant, acquiert l'exclusivité du droit de recherche sur un secteur géographique ainsi que la possibilité exclusive de demander une concession d'exploitation sur la zone du permis. Les PER concernent également la recherche de sites de stockage de gaz.

La procédure d'instruction des demandes et de délivrance des permis de recherches est définie par le [décret n°2006-648 du 2 juin 2006](#) relatif aux titres miniers et aux titres de stockage souterrain.

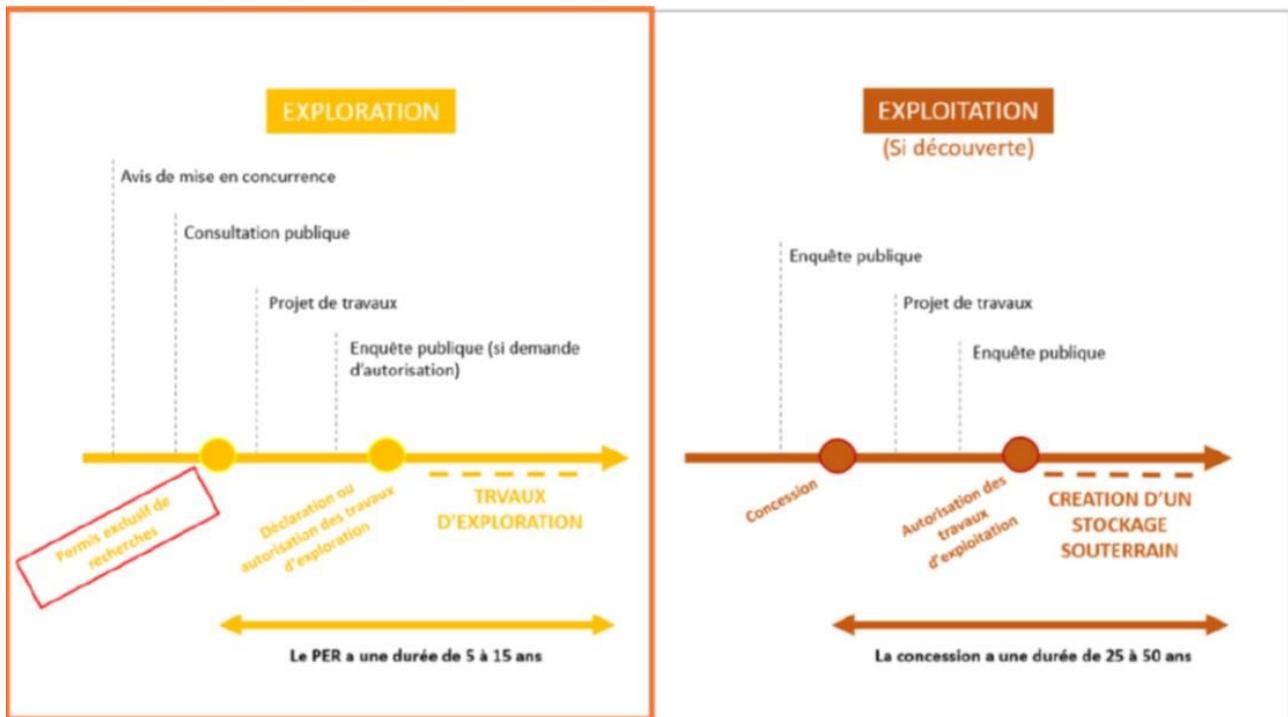


Figure 4 : Schéma d'une demande d'exploitation d'une mine (source : dossier)

## 1.2 Présentation du permis « PER Est Sélestat »

### 1.2.1 Travaux déjà réalisés

Pour identifier les zones propices au lessivage de cavités salines dans le sous-bassin de Sélestat, Storengy a essentiellement utilisé un ensemble d'informations provenant de sa base de données interne incluant des études géologiques privées, des lignes sismiques et des données de forages. Storengy s'est aussi appuyée sur des données publiques gratuites ou payantes issues essentiellement du projet Georg, étudiant le potentiel géothermique du fossé rhénan et de la base de données du sous-sol [Infoterre](#) du Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM).

Les éléments relatifs aux couches de sel ciblées pour le développement des cavités (profondeur, épaisseur) sont uniquement disponibles dans des pièces confidentielles du dossier. Ces informations ne sont pas présentées de façon détaillée dans l'évaluation environnementale alors qu'il s'agit d'informations essentielles pour la bonne information et compréhension du public et pour permettre d'appréhender certaines incidences des futurs projets.

***L'Ae recommande de présenter dans l'évaluation environnementale les principaux éléments relatifs aux couches de sel ciblées (profondeur, épaisseur) pour le développement des cavités.***

### 1.2.2 Synthèse des résultats et justification du périmètre du permis « PER Est Sélestat »

Le choix des limites du PER s'appuie sur une première cartographie indicative réalisée pour repérer les grandes zones les plus prometteuses pour la réalisation de stockage en cavités salines.

Les zones les plus favorables pour la réalisation de cavités ont été identifiées en prenant en compte la profondeur à laquelle se trouve le toit du sel, sa température, et l'épaisseur du sel.

Les limites du PER sont ensuite définies en tenant compte de critères à la fois géologiques et environnementaux : les caractéristiques géologiques, la qualité attendue du sel (teneur en substances insolubles et présence de bancs perméables), la localisation des sites Natura 2000<sup>9</sup>, l'urbanisation, les limites de communes et communautés de communes pour minimiser leur nombre dans le périmètre.

Les critères prépondérants dans le cas du PER de Sélestat ont été, selon le dossier, la présence de sites Natura 2000 à l'ouest et à l'est et la qualité du sel ainsi que, dans une moindre mesure, la présence de l'agglomération de Sélestat. La superficie du PER sollicité est de 151 km<sup>2</sup>.



Figure 5 : Coordonnées du périmètre du PER Est Sélestat (source : dossier)

<sup>9</sup> Les sites Natura 2000 constituent un réseau européen en application de la directive 79/409/CEE « Oiseaux » (codifiée en 2009) et de la directive 92/43/CEE « Habitats faune flore », garantissant l'état de conservation favorable des habitats et espèces d'intérêt communautaire. Les sites inventoriés au titre de la directive « habitats » sont des zones spéciales de conservation (ZSC), ceux qui le sont au titre de la directive « oiseaux » sont des zones de protection spéciale (ZPS).

### 1.2.3 Programmes de travaux

Les travaux viseront à disposer d'une meilleure connaissance souterraine du terrain pour stocker de l'hydrogène dans des cavités salines au sein d'une couche de sel et de définir la localisation idéale d'une première cavité saline dans la zone.

Les travaux de recherches s'appuieront sur une analyse bibliographique et des interprétations géophysique, géologique, géochimique et pétrophysique de données existantes qui pourront être complétées par des campagnes de mesures géophysiques, notamment des acquisitions de données sismiques. Les conclusions obtenues permettront d'aiguiller les choix concernant la localisation d'éventuels travaux géophysiques ou de forage.

Le programme des travaux est divisé en trois phases. Les phases 2 et 3 sont conditionnées aux premiers résultats obtenus :

- phase 1 : recherche et analyse de données bibliographiques ;
- phase 2 (optionnelle) : réalisation d'une campagne d'acquisition sismique si les données bibliographiques recueillies s'avèrent insuffisantes ; elle sera effectuée en parcourant les lignes d'acquisition au moyen de dispositifs spécifiques (camions d'acquisition, camions vibrateurs, etc.) qui se déplaceront au fur et à mesure sur le tracé d'études ;
- phase 3 (optionnelle) : réalisation d'un ou plusieurs forages d'exploration ; un chantier de forage représente en moyenne un an de travaux.

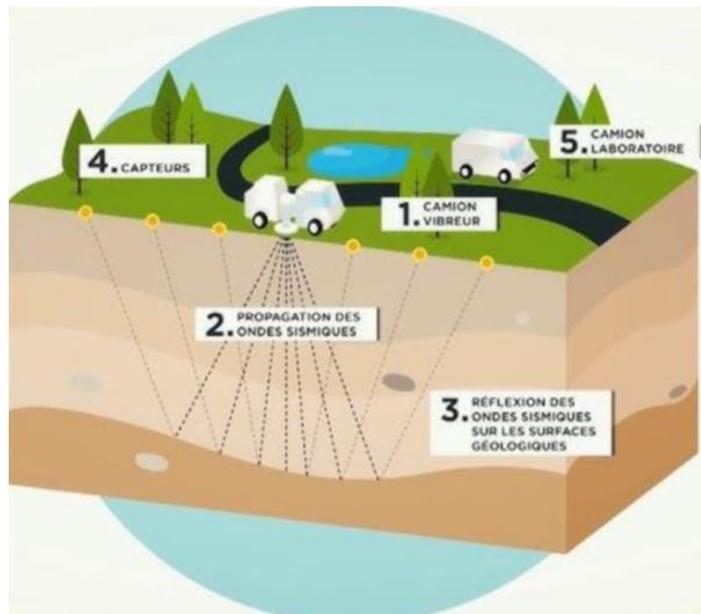


Figure 6 : Schéma d'une campagne géophysique (source : dossier)

Les coûts prévisionnels sont de 8,2 millions d'euros (M€) dont 8 M€ conditionnels (en fonction des premiers résultats obtenus).

## 1.3 Procédures

Les permis exclusifs de recherches sont considérés comme des plans et programmes et font l'objet d'une évaluation environnementale à ce titre. L'approbation du titre minier donnant lieu à une décision ministérielle, l'Ae est l'autorité environnementale compétente.

Si la campagne géophysique s'avère nécessaire, elle fera l'objet d'une déclaration d'ouverture de travaux miniers (DOT). La réalisation d'un ou de plusieurs forages (phase 3) nécessitera une demande d'autorisation ou une déclaration d'ouverture de travaux miniers (DAOTM). Une autorisation de défrichement pourra en outre être nécessaire pour la création des plateformes de forage.

Du point de vue de l'Ae, si un projet d'exploitation est décidé, les travaux d'exploration finale nécessaires et les aménagements et travaux d'exploitation, les raccordements éventuels aux canalisations d'alimentation et d'expédition d'hydrogène, l'alimentation électrique, les équipements liés aux rejets ou à la valorisation de la saumure constitueront un seul projet, dont les incidences seront à apprécier dans leur ensemble.

#### ***1.4 Principaux enjeux environnementaux du projet relevés par l'Ae***

Les impacts du PER seront limités à ceux des forages d'exploration et, outre les nuisances liées aux travaux, porteront principalement sur la ressource en eau, les habitats naturels et la biodiversité. L'évaluation environnementale de la phase suivante, dans le cas où il serait décidé de passer en phase d'exploitation (le projet d'ensemble comprenant alors les travaux d'exploitation et les derniers travaux d'exploration nécessaires pour préparer la phase d'exploitation), devra également prendre en compte la contribution du projet à la réduction de la pollution atmosphérique et des émissions de gaz à effet de serre, la sécurité des populations et la préservation des paysages.

## **2. Analyse de l'évaluation environnementale**

L'évaluation environnementale considère avec raison que les incidences de la phase 1 du PER sont très limitées dès lors qu'il ne s'agit que de l'exploitation de données bibliographiques. Elle considère également que les effets sur l'environnement de la phase 2 seront limités : l'impact principal sera généré par la venue des véhicules chargés des campagnes géophysiques et les campagnes seront limitées à quelques jours. Bien que non décrites dans l'évaluation environnementale, les incidences de la phase 2 du PER pourront être évitées avec des mesures simples et habituelles pour des campagnes géophysiques (tracé évitant les contraintes et enjeux, notamment environnementaux, en particulier en suivant autant que possible le réseau de routes et de pistes). La phase 3 inclut la réalisation de forages qui sont les seuls travaux susceptibles d'affecter significativement l'environnement. C'est cet aspect qui est principalement développé dans l'évaluation environnementale.

La zone d'étude se limite au seul périmètre du PER, ce qui est justifié eu égard aux travaux envisagés. Elle devra être étendue pour les étapes suivantes (autres forages d'exploration, demande de concession et travaux d'exploitation), en considérant l'étendue des incidences du projet d'ensemble dont certaines pourraient dépasser le périmètre du projet (rejet de saumures, incidences Natura 2000...).

Le PER se limite à un programme de recherches et ne conduit pas nécessairement à une demande de concession et un début d'exploitation. Pour autant, l'évaluation environnementale du permis pourrait constituer l'opportunité de préciser et d'anticiper les problématiques auxquelles sera confrontée Storengy dans les phases suivantes de son projet (travaux d'exploration, demandes de

concession, phase d'exploitation). Il serait utile que le rapport environnemental décrive, dès l'étape du PER, les incidences possibles (par exemple sur la base de retours d'expérience passés, ou de façon générique) des forages d'exploitation, puis de la phase d'exploitation, ne serait-ce que les principales, notamment le devenir de la saumure, les risques... Cela permettrait d'éclairer le public sur les principaux enjeux du projet d'ensemble et d'identifier les premières mesures d'évitement, de réduction et de compensation (ERC) à envisager, comme les secteurs à abandonner du fait des enjeux environnementaux qu'ils présentent (zones humides...) ou d'aléas (risque sismique, d'inondation...). Cette opportunité n'a pas été saisie dans le dossier présenté.

***L'Ae recommande de compléter le dossier par une analyse sommaire des incidences du futur projet d'ensemble comprenant les travaux d'exploitation et les travaux d'exploration afférents, et une présentation des premières mesures d'évitement, de réduction et de compensation (ERC) à envisager.***

## **2.1 État initial**

L'état initial de l'environnement constitue un élément majeur de l'évaluation environnementale du PER. La cartographie des enjeux doit ainsi permettre d'orienter les choix d'implantation des ouvrages nécessaires dans le cadre du PER, mais aussi dans celui de la future exploitation.

L'état initial a été établi sur une base bibliographique, parfois ancienne et non actualisée. L'échelle utilisée pour les cartographies (environ 1/100 000<sup>e</sup>) semble suffisante pour le stade du PER. Sa précision devra être améliorée par des analyses bibliographiques plus poussées et des données de terrain pour les étapes suivantes, dont celle du projet d'ensemble.

### **2.1.1 Milieu physique**

#### Qualité de l'air

Les informations fournies sur la qualité de l'air concernent principalement le niveau national (concentrations moyennes en 2019 et évolution par rapport à 2000 pour l'ozone, les particules<sup>10</sup> PM<sub>2,5</sub> et le dioxyde d'azote), minimalistes pour la région Grand Est (avec des indications qualitatives uniquement). Aucune information n'est fournie à l'échelle du PER, ce qu'il conviendrait de corriger dès à présent et qui devra être fait pour les états initiaux des dossiers qui suivront le PER.

#### Ressource en eau

Les eaux souterraines ne sont envisagées par le dossier qu'au regard de la masse d'eau concernée par le PER, la « Nappe d'Alsace, Pliocène de Haguenau et Oligocène », d'une surface de plus de 3 700 km<sup>2</sup>, qui comprend la nappe d'Alsace, le Pliocène d'Haguenau, les formations oligocènes de bordure du fossé rhénan et une partie des alluvions des cours d'eau vosgiens.

Cette analyse est peu pertinente à l'échelle du PER (d'étendue 25 fois moindre) et gagnerait à être menée par aquifère homogène plutôt que par masse d'eau souterraine. Il n'est pas indiqué si des nappes sont présentes entre la masse d'eau souterraine (nappes phréatiques) et les couches de sel qui seront explorées.

---

<sup>10</sup> La qualité de l'air est notamment qualifiée par les particules en suspension (*particulate matter* ou PM en anglais) de moins de 10 micromètres (noté  $\mu\text{m}$  soit 1 millième de millimètre), respirables, qui peuvent pénétrer dans les alvéoles pulmonaires. On parle de particules (PM<sub>10</sub>), de particules fines (PM<sub>2,5</sub>) et ultrafines (PM<sub>0,1</sub>).

La masse d'eau souterraine n'est pas en bon état qualitatif. Elle est déclassée du fait de son important taux de nitrates et de pesticides. Le dossier souligne que ceci a déjà entraîné la dégradation et même l'abandon de certains captages d'alimentation en eau potable. Des problématiques sur les chlorures sont également signalées. Si cette information est pertinente dans la région de Mulhouse (pollution par les anciennes exploitations de potasse), le périmètre du PER n'est pas concerné, ce qui confirme l'intérêt d'une analyse de la masse d'eau à une échelle plus grande.

Le dossier liste les huit « bassins versants » et les sept masses d'eau superficielles, dont le « Canal du Rhône au Rhin 2 », qui sont concernées par le PER. Les données relatives à l'état des masses d'eau sont celles de 2016 (bien qu'il existe des données plus récentes) avec un bon état chimique pour quatre d'entre elles et un bon état écologique pour quatre cours d'eau également (la Blind et le canal du Rhône au Rhin 2 sont les deux seuls cours d'eau présentant à la fois un bon état chimique et écologique). Compte tenu de l'objet du PER, il conviendra de compléter le dossier en fournissant des informations sur les éventuelles pollutions aux chlorures.

L'état initial dresse un tableau des usages de l'eau, entre eaux souterraines et eaux de surface, entre agriculture, industrie et eau potable, des forages et des prélèvements de surface. Concernant l'eau potable, les eaux souterraines sont très sollicitées dans les communes du périmètre, et fournissent la quasi-totalité des volumes prélevés.

Les périmètres de protection des captages d'eau en vigueur sont cartographiés. Pour autant, il n'est pas présenté de cartographie des aires d'alimentation de ces captages, notion plus pertinente pour appréhender les incidences chroniques possibles, en particulier pour des forages.

#### ***L'Ae recommande de :***

- ***compléter l'inventaire et la caractérisation des eaux souterraines par une approche par aquifère homogène, à l'échelle des nappes situées dans le périmètre du PER et sur l'ensemble de la profondeur du sous-sol jusqu'aux couches de sel,***
- ***cartographier les aires d'alimentation de captages d'eaux souterraines (forages et sources).***

#### **2.1.2 Milieux naturels**

Le dossier ne précise pas la répartition de l'usage des sols : urbanisé, agricole prairies permanentes, cultures...), naturel, forestier...) sur le domaine du PER.

#### **Espaces protégés et d'inventaires**

Les espaces protégés ou d'inventaires inclus en totalité ou partiellement dans le périmètre sont :

- la zone spéciale de conservation (ZSC) « Secteur alluvial Rhin-Ried-Bruch, Bas-Rhin », d'une superficie totale de 202 km<sup>2</sup>, dominée par deux classes d'habitats, des forêts caducifoliées (50 % avec un enjeu majeur de conservation des forêts alluviales) et des cultures céréalières extensives (19 %) ; une ZSC limitrophe est mentionnée sans être décrite,
- trois zones gérées par le conservatoire d'espaces naturels (CEN) d'Alsace,
- la réserve biologique dirigée de Muttersholtz (6,3 ha),
- le secteur couvert par l'arrêté préfectoral de protection de biotope « Sources phréatiques des Waechterquellen et prairies environnantes »,

- plusieurs forêts de protection d'une surface cumulée de 2 057 ha,
- sept zones naturelles d'intérêt écologique, faunistique et floristique (Znieff)<sup>11</sup> de type I et trois Znieff de type II.

Le dossier n'évoque pas la réserve naturelle régionale de l'Illwald (1 855 ha) qui longe le PER dans sa partie sud-est, séparée par la Blind et le Scheidgraben. Elle devra être prise en compte notamment pour la définition des accès possibles aux éventuelles plateformes de forages et installations industrielles.

Ces espaces pourraient utilement être illustrés par une carte de synthèse regroupant l'ensemble des enjeux.



Figure 7 : Sites Natura 2000 du périmètre d'étude (source : dossier)

### Habitats naturels, faune et flore

La biodiversité est qualifiée de très variée à l'échelle du Scot de la communauté de communes de Sélestat et la continuité écologique de bonne du fait des réservoirs de biodiversité, corridors, zones humides, forêts et espaces agricoles, et une présence hydraulique importante. Mais il est aussi indiqué, en se fondant sur le schéma régional de cohérence écologique (SRCE), que le territoire d'étude est jalonné d'infrastructures diverses faisant obstacle à la continuité de la trame verte et bleue.

L'information sur les habitats naturels et les espèces est insuffisante, avec uniquement des données sur le nombre d'espèces à l'échelle du Grand Est. Le dossier ne comprend pas d'inventaire des espèces animales et végétales présentes dans le périmètre du PER, protégées ou non. Seul est fourni

<sup>11</sup> L'inventaire des zones naturelles d'intérêt écologique faunistique et floristique (Znieff) a pour objectif d'identifier et de décrire des secteurs présentant de fortes capacités biologiques et un bon état de conservation. On distingue deux types de Znieff : les Znieff de type I : secteurs de grand intérêt biologique ou écologique ; les Znieff de type II : grands ensembles naturels riches et peu modifiés, offrant des potentialités biologiques importantes.

un tableau des plans nationaux d'action (PNA) en cours ou terminés, applicables, selon le dossier, au périmètre concerné.

***L'Ae recommande de présenter l'état des connaissances sur les habitats naturels et les espèces du secteur couvert par le PER.***

Un inventaire des espèces protégées et une cartographie de leurs habitats naturels à un niveau plus local devront compléter au plus tôt ces éléments, afin de pouvoir engager la démarche d'évitement lors du choix d'implantation des premiers travaux prévus par le PER.

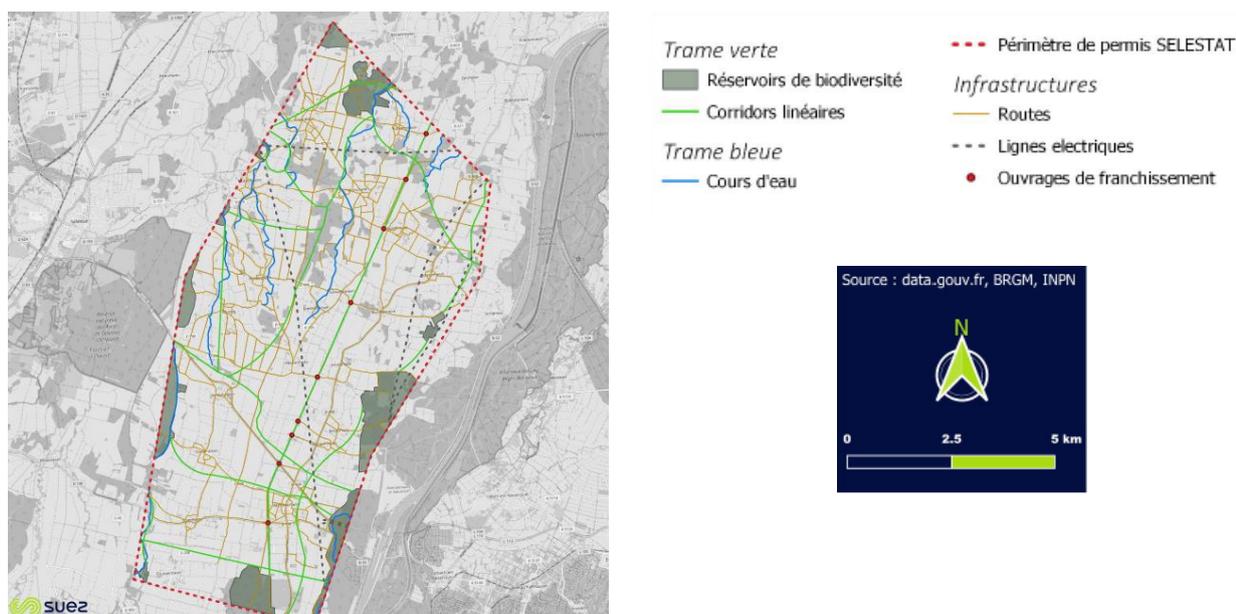


Figure 8 : Extrait du schéma régional de cohérence écologique sur la zone d'étude (source : dossier)

### Zones humides

La zone du PER se trouve en partie dans la zone humide d'importance internationale (site « Ramsar »<sup>12</sup>) « Rhin supérieur / Oberrhein » et plusieurs zones humides remarquables sont recensées au titre de l'inventaire des zones humides d'Alsace.

<sup>12</sup> La Convention sur les zones humides d'importance internationale, appelée Convention de Ramsar, est un traité intergouvernemental qui sert de cadre à l'action nationale et à la coopération internationale pour la conservation et l'utilisation rationnelle des zones humides et de leurs ressources. Le traité a été adopté dans la ville iranienne de Ramsar, le 2 février 1971, et est entré en vigueur le 21 décembre 1975. La France l'a ratifié et en est devenue partie contractante le 1er décembre 1986.

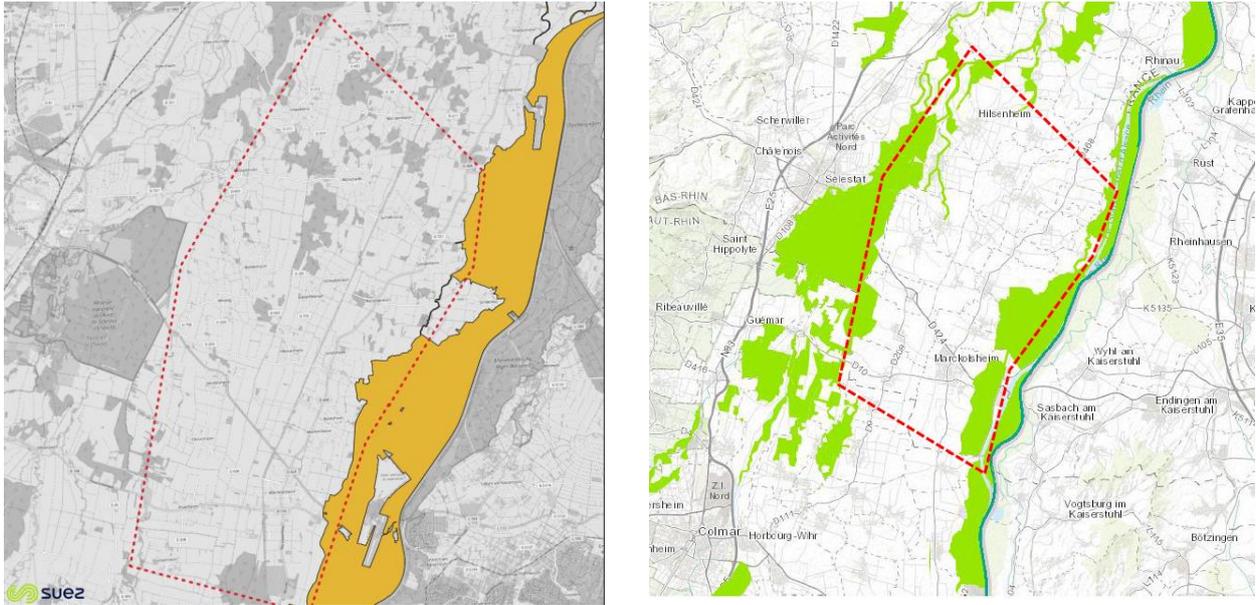


Figure 9 : Zones humides Ramsar (à gauche) et zones humides remarquables (à droite) (source : dossier)

Ce premier inventaire est suffisant pour la demande de PER, mais devra être complété par un inventaire de terrain à l'échelle des travaux envisagés pour les prochains dossiers.

### 2.1.3 Paysages et patrimoine culturel

Sur une base bibliographique large, le dossier présente une analyse détaillée et une cartographie des trois zones principales du périmètre d'étude : « le piémont viticole » et les premiers reliefs des Vosges, « le Ried » qui forme une mosaïque humide où alternent clairières cultivées et prairies délimitées par des boisements et des ripisylves et la « Plaine cultivée ».

L'inventaire du patrimoine culturel détaille les monuments historiques (trois classés et trois inscrits) ainsi que les sites classés (trois) et inscrits (trois). Il serait également utile de mentionner les points hauts touristiques des Vosges pour lesquels des enjeux de covisibilité et de panorama peuvent se poser (avec notamment, à 11 km environ de la limite du PER, le château du Haut-Koenigsbourg classé monument historique).

### 2.1.4 Risques

#### Risques naturels

Le dossier dresse l'inventaire des risques naturels : plan de prévention des risques d'inondation de l'III, aléa fort pour les remontées de nappe pour une majeure partie du territoire du PER, classement en aléa modéré pour le risque sismique.

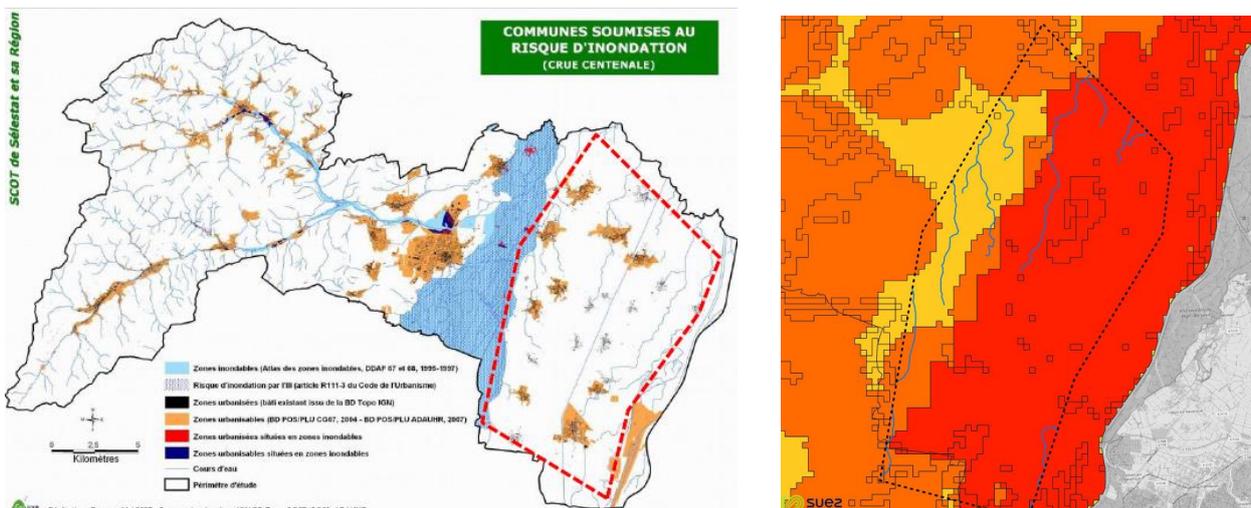


Figure 10 : Plan de prévention des risques d'inondation (à gauche) et zones sensibles aux remontées de nappe (à droite, aléa fort en rouge, moyen en orange et faible en jaune) (source : dossier)

### Risques anthropiques

Trente-et-une installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) sont présentes sur le périmètre du PER, dont 28 soumises à autorisation ou enregistrement.

Le secteur du PER possède un réseau dense de voies de communication principalement routières et ferroviaires. Il est traversé par des canalisations de transport d'hydrocarbures et de gaz et concerné sur sa partie Est par le risque lié aux ruptures de barrages.

Le dossier dresse l'inventaire des sites et sols pollués référencés (quatre sites dans la base anciennement dénommée Basol et 181 sites sur la carte des anciens sites industriels et activités de service, Casias).

L'aléa « présence de munitions anciennes »<sup>13</sup> n'est qu'évoqué. Cet aléa constitue pourtant, comme le risque minier et les sites pollués, un enjeu majeur, dès lors que les travaux envisagés concernent en premier lieu le sol et le sous-sol. Une étude historique devrait au moins être présentée pour identifier les secteurs les plus sensibles où l'aléa est le plus fort.

***L'Ae recommande d'approfondir l'analyse de l'aléa « présence de munitions anciennes ».***

#### 2.1.5 Classement des enjeux environnementaux

Le dossier classe les enjeux en « forts », « moyens », « faibles » et « nuls à favorables ». Les thématiques jugées à enjeux forts pour le PER sont :

- les eaux,
- la faune, la flore et les continuités écologiques,
- les zones humides,
- les risques d'inondation.

<sup>13</sup> Les parties nord et est du territoire du PER ont fait l'objet d'intenses combats en août et septembre 1914 et les bombardements de la seconde guerre mondiale ont touché plus spécifiquement les vallées industrielles et les aérodromes.

Le classement serait plus pertinent si certaines thématiques étaient déclinées en sous-thématiques ciblées. Ainsi, les risques technologiques constituent un enjeu majeur pour les sites pollués, mais non pour les activités industrielles.

L'évaluation environnementale du PER ne classe ces enjeux qu'au regard du PER et des travaux qu'il prévoit. Une projection de ce classement en phase exploitation serait intéressante, en particulier pour les enjeux qui pourraient constituer un obstacle à l'exploitation future : les eaux au regard du rejet de saumure, les risques liés au sol et sous-sol...

***L'Ae recommande de produire un classement des enjeux environnementaux plus précis et de l'inscrire dans la perspective de l'exploitation future.***

#### **2.1.6 Évolution de l'environnement en l'absence de projet**

Le dossier présente les incidences qu'aurait l'absence de PER sur l'environnement. Il s'agit d'un contre-sens sur ce qui est attendu. Cela ne porte pas à conséquence pour l'évaluation environnementale d'un PER qui ne durera que cinq années et qui n'aura pas d'effets majeurs sur l'environnement.

En revanche, dans les futurs dossiers (projets de forages, concession, exploitation), il sera indispensable de disposer d'une estimation de l'état de l'environnement attendu à l'horizon de la durée d'exploitation des stockages, en particulier sur des thématiques environnementales sur lesquelles l'exploitation pourra avoir des incidences, négatives, mais aussi positives (réduction des émissions de gaz à effet de serre et de polluants atmosphériques). Afin de pouvoir évaluer les incidences du projet, il conviendra d'avoir établi un scénario de référence (sans projet).

### ***2.2 Analyse des variantes - Justification et pertinence du permis « PER Est Sélestat »***

Le dossier retient la solution de stockage de l'hydrogène en cavités salines. Les autres solutions de stockage d'hydrogène ne sont qu'évoquées, en précisant simplement que la solution retenue est la « plus mature ». Il a par ailleurs été indiqué aux rapporteurs que le stockage en cavité saline présentait des avantages techniques sur le stockage en nappe, en particulier la qualité de l'hydrogène extrait. Aucune comparaison n'est présentée sur les risques environnementaux associés aux différentes solutions : il est clair cependant que le devenir de la saumure de lessivage du sel sera un sujet prégnant si l'exploitation devait être envisagée. Or, il est exigé de justifier le choix retenu en comparant les solutions alternatives raisonnables envisagées au regard de leurs incidences sur l'environnement et la santé humaine. Cela manque dans le dossier.

La France dispose de plusieurs sites favorables au stockage d'hydrogène : la seule société Storengy a déposé trois demandes de PER pour des stockages en cavité saline en Alsace et en Lorraine. Il est également attendu que soient comparés les avantages et inconvénients des différents sites envisagés ou envisageables.

***L'Ae recommande de présenter les différentes solutions et lieux possibles de stockage d'hydrogène en les comparant au regard de leurs incidences sur l'environnement et la santé humaine.***

## ***2.3 Analyse des incidences et mesures d'évitement, de réduction et de compensation de ces incidences***

Seuls sont envisagés, de manière succincte, les effets des opérations prévues par la phase 3 du PER (exploration). Les phases 1 et 2 du PER ne sont pas susceptibles d'effets significatifs, au-delà de quelques impacts en termes de pollution de l'air, d'émission de GES et de nuisances sonores. La demande de concession et la phase d'exploitation ne sont évoquées que ponctuellement.

Les effets de la phase 3 incluent ceux des forages, de leurs plateformes et voie d'accès.

### **2.3.1 Milieu physique et aquatique**

L'évaluation environnementale détaille les types d'aléas que représente la réalisation des forages sur le milieu physique et aquatique : pollution des eaux par les boues, mise en communication de nappes, détérioration des sols, nuisances (bruit, pollution de l'air) liées aux travaux de forage et aux engins de surface 24 heures sur 24. La composition des types de boues envisagées n'est pas précisée, alors qu'elles sont susceptibles de contenir des substances dangereuses pour la santé et pouvant polluer les eaux souterraines. Les aléas envisagés n'incluent pas les pollutions par les hydrocarbures et les huiles utilisés sur les chantiers de forage. Le dossier considère les nuisances comme non quantifiables à ce stade, alors que les niveaux des émissions sonores, de GES et de polluants atmosphériques pourraient être estimés.

Le dossier indique que Storengy mettra en œuvre des mesures d'évitement et de réduction correspondant aux techniques et aux pratiques conformes aux standards actuels : matériels et technologies conformes, mise en place de dispositifs d'insonorisation... Il sera tenu compte de l'environnement et des zones sensibles pour l'installation des têtes de puits et de l'aménagement des voies d'accès, afin de limiter la dégradation des sols et d'optimiser la régénération naturelle ultérieure.

Le dossier n'aborde pas le sujet du devenir des saumures produites par le lessivage du sel dans la phase exploitation, ni des nuisances liées à l'exploitation future. Ainsi, la création des cavités salines par « lessivage » générera l'évacuation de la saumure à raison de 20 à 100 m<sup>3</sup>/j<sup>14</sup> pendant plusieurs années selon la taille de la cavité réalisée. Il a été indiqué oralement aux rapporteurs qu'il était envisagé une valorisation par l'industrie chimique suisse, sans préciser le site<sup>15</sup>, ce qui n'est pas évoqué dans le dossier.

Ces points devront être envisagés dès le dossier de demande de réalisation des forages d'exploration et précisés lors de la demande de concession.

***L'Ae recommande de préciser la composition des boues qui sont susceptibles d'être utilisées et, dans le cas de substances polluantes, toxiques voire cancérigènes, mutagènes ou reprotoxiques, d'évaluer les risques associés et de mettre en place une démarche d'évitement, de réduction, voire, à défaut, de compensation (ERC).***

---

<sup>14</sup> Soit environ 2 à 10 kg/s de chlorure de sodium ou 1 à 5 kg d'ions chlorures par seconde.

<sup>15</sup> Sélestat est distant de 90 km de Bâle, ville suisse la plus proche.

### 2.3.2 Effets sur le milieu naturel

Selon le dossier, les effets principaux résideront dans le changement d'occupation des sols, lié à la mise en place de la plateforme de forage (5 à 10 000 m<sup>2</sup>), et dans le débroussaillage de la végétation. Une perturbation de la faune locale sera possible. Cependant, cette perturbation sera limitée à la durée des travaux de création de la plateforme, de sa voie d'accès et de la réalisation du forage.

Le dossier indique qu'aucun forage ne sera réalisé dans les sites sensibles (sites Natura 2000 et forêts de protection). Au-delà de cette mesure d'évitement, le dossier est peu disert sur les mesures ERC envisagées, se limitant à donner quelques lignes directrices possibles sur les études d'impact des forages d'exploration, sans prendre d'engagement<sup>16</sup>.

Ces études préliminaires aux travaux devront être engagées dès que possible, s'agissant chaque fois d'opérations pouvant durer plusieurs mois, voire une année (inventaires faune, flore « quatre saisons »).

***L'Ae recommande de réaliser dès que possible les inventaires de faune et de flore et de proposer, en lien avec les services compétents, des premières mesures d'évitement, de réduction voire de compensation opérationnelles***

### 2.3.3 Risques, patrimoine, trafic, paysages

Le dossier considère que les autres enjeux environnementaux ne seront pas affectés par les travaux d'exploration et ne prévoit donc aucune mesure ERC à ce titre.

Il n'évoque pas les enjeux pour la tenue des cavités souterraines liés à l'aléa sismique modéré<sup>17</sup>.

***L'Ae recommande :***

- ***d'approfondir l'analyse du risque d'accidents de forage liés à la sismicité pour les cavités souterraines,***
- ***de préciser leurs conséquences, et de présenter des mesures de maîtrise de ces risques.***

Là encore, le dossier devrait évoquer même sommairement les effets du projet d'ensemble et les moyens de prévention envisagés.

---

<sup>16</sup> « Une concertation pourra être organisée avec les administrations compétentes DREAL, ONF, organisme gestionnaire d'espaces protégés (...) afin d'envisager les mesures adaptées au contexte local » ; « Un inventaire faune-flore sera réalisé s'il s'avère nécessaire pour la réalisation des opérations de la phase 3. Ce diagnostic permettra de déterminer les mesures de réduction, d'évitement et potentiellement de compensations spécifiques à mettre en place dans le cas où cela s'avérerait nécessaire, en dehors des zones urbanisées ».

<sup>17</sup> Oralement, il a été indiqué par Storengy que « les ondes sismiques, de fréquence faible, n'ont aucun effet sur des cavités souterraines profondes », ce qu'il convient de documenter.

Ainsi, nulle part dans le dossier n'est évoqué le classement au titre de la directive Seveso<sup>18</sup> du stockage d'hydrogène s'il devait être créé<sup>19</sup>. Des servitudes d'utilité publique pourraient pourtant devoir être mises en place sur les zones de danger résiduel.

## **2.4 Évaluation des incidences Natura 2000**

Une zone de 650 ha du site Natura 2000 « Secteur alluvial Rhin–Ried–Bruch, Bas–Rhin » est comprise dans le périmètre du PER. Le dossier indique qu'aucun impact n'est attendu lors des phases 1 et 2 sur le site Natura 2000 concerné et que, si la phase 3 devait être enclenchée, le site Natura 2000 serait évité.

L'Ae n'a pas de remarques à formuler sur cette approche.

## **2.5 Articulation avec les autres plans et programmes**

L'évaluation environnementale présente un inventaire exhaustif, mais qui n'est pas toujours actualisé, des documents d'urbanisme et des servitudes applicables au PER.

Le secteur est entièrement couvert par le Scot de Sélestat et sa région, approuvé le 17 décembre 2013. Les communes intéressant le PER disposent de plans locaux d'urbanisme (communaux ou intercommunaux). L'analyse ne donne aucune indication sur les prescriptions de ces documents pouvant s'appliquer à tout ou partie du projet d'ensemble, voire les interdire.

De même, beaucoup d'autres documents de planification sont inventoriés (plans de prévention des risques naturels, schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux (Sdage) du bassin Rhin–Meuse, schéma d'aménagement et de gestion des eaux (Sage) III–Nappe–Rhin...), sans analyser leur compatibilité avec les opérations envisagées.

Enfin, le dossier n'évoque pas les conventions et accords internationaux pertinents au regard du projet de stockage d'hydrogène en cavité saline, notamment la convention de 1976 de Bonn sur les chlorures dans le bassin du Rhin.

Les demandes qui succéderont au PER devront intégrer ces informations et les analyser pour permettre de préciser les zones aptes à l'accueil des opérations prévues pour l'exploration comme pour l'exploitation ainsi que les mesures d'évitement, de réduction voire de compensation nécessaires.

---

<sup>18</sup> Nom de la ville italienne où eut lieu en 1976 un grave accident industriel mettant en jeu de la dioxine. Ce nom qualifie la directive européenne de 1982 relative aux risques d'accidents majeurs liés à des substances dangereuses. Elle a été révisée à deux reprises, le 9 décembre 1996 par la directive 96/82/CE dite « Seveso 2 » et le 4 juillet 2012 par la directive 2012/18/UE dite « Seveso 3 ». Elle impose d'identifier les sites industriels présentant des risques d'accidents majeurs classés en « Seveso seuil haut » ou en « Seveso seuil bas » selon leur aléa technologique, dépendant des quantités et des types de produits dangereux qu'ils accueillent.

<sup>19</sup> Un stockage d'hydrogène est classé Seveso à compter de cinq tonnes et Seveso seuil haut à compter de 50 tonnes au titre de la rubrique ICPE 4715. Il peut également relever d'autres rubriques.

## ***2.6 Suivi du projet, de ses incidences, des mesures et de leurs effets***

Le dossier reporte la production des indicateurs et des modalités de suivi aux étapes ultérieures du projet de stockage.

À l'échelle du PER, des indicateurs appropriés de son suivi doivent être établis. Ainsi, il serait utile que l'évaluation environnementale identifie les enjeux clés sur lesquels un suivi sera nécessaire pour vérifier que les incidences sont correctement maîtrisées, durant les travaux d'exploration (points d'alerte sur d'éventuelles pollutions des nappes, mesures du bruit...), mais aussi durant l'exploitation (piézomètres de suivi ou d'alerte des éventuelles pollutions, surfaces artificialisées...). Le suivi de la phase d'exploration pourra donner des indications sur l'amélioration des mesures de prévention pour la phase d'exploitation.

***L'Ae recommande d'établir dès le stade du PER un premier programme d'identification et de suivi des incidences des phases d'exploration et d'exploitation.***

## ***2.7 Résumé non technique***

Le dossier comprend un « résumé non technique » dont la taille (38 pages) est cohérente avec celle du rapport environnemental (145 pages). Il présente clairement en les synthétisant les développements de l'évaluation environnementale proprement dite. Il en présente aussi les insuffisances.