



Demande d'octroi d'un Permis Exclusif de Recherches de Mines dit « Permis des Trois-Évêchés »

Pièce N°1 : Renseignements et pièces nécessaires à l'identification du demandeur

Document associé à l'article 3 de l'Arrêté du 28 juillet 1995

Liste des pièces annexes :

Pièce 1A : Présentation de la Société

Pièce 1B : Représentants légaux de la Société

Pièce 1C : Statuts de la Société

Pièce 1D : Statuts initiaux d'European Gas SAS correspondant à l'acte de constitution

Pièce 1E : K-Bis de la Société

Pièce 1F : Nomination et justification du pouvoir de signature du PDG et identification des commissaires aux comptes

Demande de PER M dit « Permis des Trois-Évêchés »

Table des matières

1	Pièce 1A : Présentation du Groupe et du demandeur	5
2	Pièce 1B : Représentants légaux de la Société.....	6
2.1	Identification du demandeur	6
2.2	Responsable ayant la signature sociale.....	6
2.3	Membres du conseil d'administration	6
2.4	Commissaires aux comptes	7
2.5	Liste des actionnaires	7

ANNEXES

- Statuts de La Française de l'Énergie SA
- Statuts initiaux d'European Gas SAS correspondant à l'acte de constitution de la Société
- K-Bis de la Société
- Nomination et justification du pouvoir de signature du Président-Directeur général

1 Pièce 1A : Présentation du Groupe et du demandeur

Le Groupe a été créé en 2007 par European Gas Limited (Australie) (« EGL Australie »), une société australienne cotée sur le marché boursier australien (*Australian Stock Exchange, ASX*), qui menait historiquement des activités d'exploration d'hydrocarbures en Australie.

EGL Australie a décidé de se concentrer sur l'acquisition, l'évaluation et l'exploitation d'éventuels gisements de gaz de houille (CBM) et de gaz de mine (CMM) en Europe occidentale, et en particulier en France, en acquérant en mai 2007 Heritage Petroleum PLC (« Heritage Petroleum»), une société anglaise détenant un certain nombre de permis et de demandes de permis en France.

En décembre 2007, EGL Australie a également acquis auprès de Charbonnages de France 100 % de Gazonor, société française titulaire de permis d'exploration ainsi que de concessions dans la région Nord-Pas-de-Calais, menant des activités de production de gaz de mine (AMM).

Le 5 mai 2011, la Société cède Gazonor à Transcor Astra France (« TAF »), une société du groupe Albert Frère. Dans le cadre de cette opération, EGL Australie et Gazonor ont conclu des contrats de fermage (« *Farmout Agreements* ») et de partage de production permettant au Groupe de poursuivre ses travaux d'exploration sur les permis détenus par Gazonor en vue d'acquérir un intérêt économique sur ces permis concernant le gaz de houille (CBM).

En mai 2012, afin de répondre aux demandes de ses actionnaires, constitués en grande partie d'investisseurs européens, EGL Australie a organisé une restructuration au terme de laquelle sa filiale anglaise, EGLUK, est devenue la nouvelle société mère du Groupe.

En mai 2015, afin de poursuivre la concentration de son actionnariat en France, où se trouvent ses actifs et ses projets de développement, le Groupe a entamé la dernière étape de cette restructuration en procédant à une opération de rachat d'actions (*buy-back transaction*) par laquelle EGLUK a proposé à ses actionnaires de racheter leurs actions en contrepartie de l'attribution d'actions de la Société.

A la suite de cette dernière opération de restructuration, qui s'est achevée le 25 juin 2015, environ 87,5 % des anciens actionnaires de EGLUK sont devenus actionnaires de la société European Gas SAS et EGLUK a conservé une participation d'environ 12,5 % dans la Société.

Dans le cadre de cette restructuration, le 24 juin 2015, la Société a modifié sa dénomination sociale en « La Française de l'Energie SAS » (FDE).

Le 19 septembre 2015, la société FDE a conclu un contrat d'acquisition portant sur 100% du capital et des droits de vote de Concorde USA, maison mère de la société Concorde Energy Inc., elle-même maison mère de la société Concorde Energie Paris SARL.

Le 23 mars 2016, la Société change de statut juridique et devient ainsi une Société Anonyme à conseil d'administration afin de permettre son introduction en bourse le 13 juin 2016.

Le 27 juin 2016, la Société conclut l'acquisition de Transcor Astra Luxembourg et de sa filiale opérationnelle Gazonor SAS.

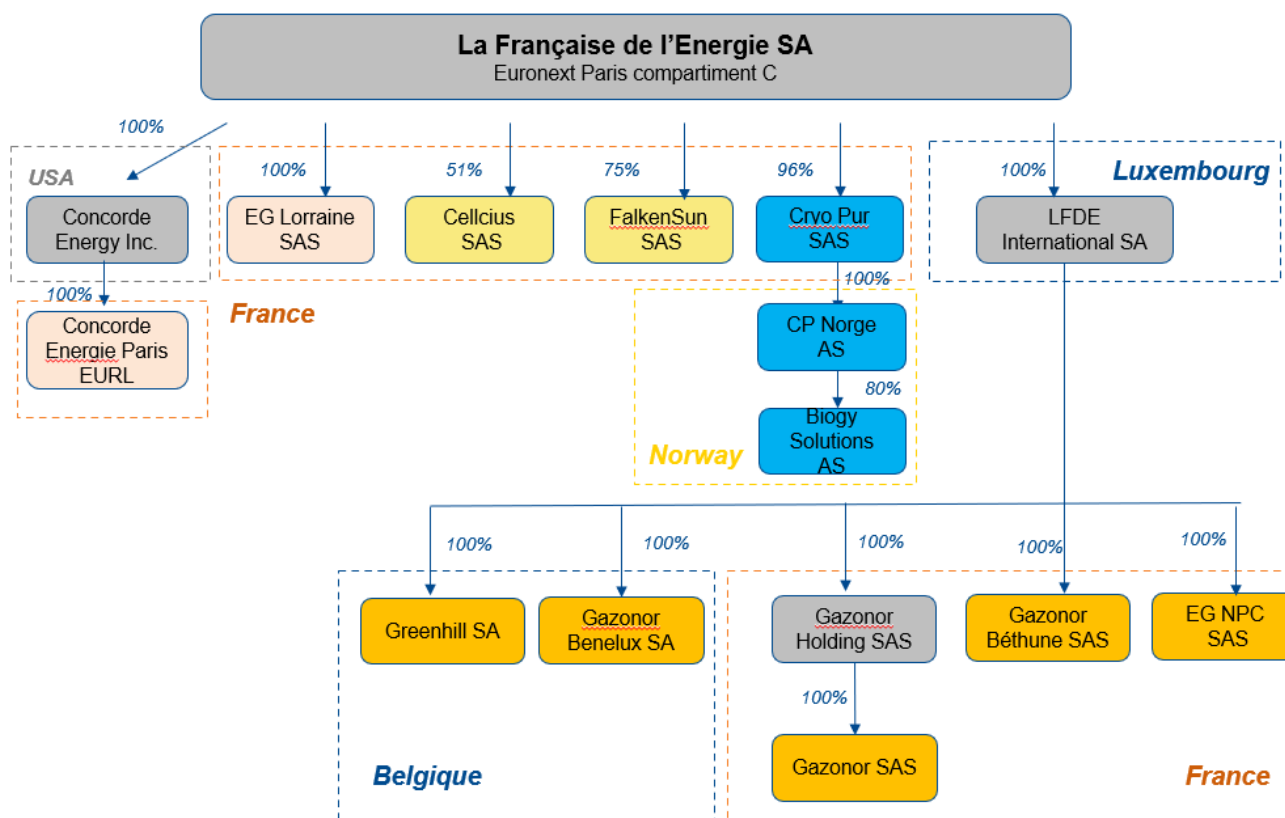
Le 14 novembre 2019, la société Cellsius est créée avec la régie Enes (49%) pour la construction et l'exploitation du champs solaire thermique de Creutzwald, le plus grand de France raccordé à un réseau de chaleur.

Le 02 décembre 2020, la société Falkensun est créée par FDE pour le développement et l'exploitation de centrales solaires au sol.

Le 23 février 2021, la Société FDE conclut l'acquisition de la société Greenhill SA, détentrice de la concession minière « Monceau-Fontaine, Marcinelle et Nord de Charleroi », filiale du groupe Brederode SA.

Le 19 avril 2022, FDE annonce l'acquisition de 96% du capital de Cryo Pur, société française spécialisée dans le traitement du biogaz et sa liquéfaction en Bio-GNL et Bio-CO₂.

La structure actuelle du groupe constitué par La Française de l'Énergie SA et ses filiales, est présentée dans la figure suivante :



2 Pièce 1B : Représentants légaux de la Société

2.1 Identification du demandeur

La demande de permis exclusif de recherches de mines dit « Permis des Trois-Évêchés » est sollicitée par la société la Française de l'Énergie, immatriculée au Registre du commerce et des sociétés de Sarreguemines sous le numéro 501 152 193, ayant son adresse sociale au (cf. Kbis - Pièce 1E) :

Avenue du District
ZAC de Pontpierre
57380 Pontpierre

2.2 Responsable ayant la signature sociale

Le responsable ayant la signature sociale est Monsieur Julien MOULIN, agissant en sa qualité de Président de la société La Française de l'Énergie SA (cf. Pièce 1F : Nomination et justification du pouvoir de signature du Président Directeur Général).

2.3 Membres du conseil d'administration

La composition du Conseil d'Administration de La Française de l'Énergie SA est la suivante :

- **Julien MOULIN**, nationalité française, Président de La Française de l'Énergie SA
- **Antoine FORCINAL**, nationalisé française, Directeur Général de La Française de l'Énergie SA
- **Alain LIGER**, nationalité française, membre indépendant
- **Christophe CHARLIER**, nationalité française, membre indépendant

2.4 Commissaires aux comptes

➤ Les commissaires aux comptes titulaires de la Société La Française de l'Énergie sont

- **Mazars SA**

Membre de la Compagnie Régionale des Commissaires aux Comptes de Colmar.

Représenté par Mme Laurence Fournier, Commissaire aux comptes associée de nationalité française.

1, rue des Arquebusiers, 67000 Strasbourg

Nomination par décision des actionnaires du 29 novembre 2019 pour un mandat d'une durée de six exercices, venant à expiration à l'issue de l'assemblée générale qui statuera sur les comptes de l'exercice social clos le 30 juin 2025.

- **BDO**

Membre de la Compagnie Régionale des Commissaires aux Comptes de Paris.

Représenté par M. Sébastien Haas, Commissaire aux comptes associé de nationalité française.

43/47 avenue de la Grande Armée, 75116 Paris.

Nomination par décision des actionnaires du 3 décembre 2020 pour un mandat d'une durée de six exercices, venant à expiration à l'issue de l'assemblée générale qui statuera sur les comptes de l'exercice social clos le 30 juin 2026.

2.5 Liste des actionnaires

Les actionnaires de la Société La Française de l'Énergie SA, qui détiennent au moins 3 % du capital social au 30 juin 2023 sont les suivants :

Actionnaires	Nationalité	Qualité	Nombre d'actions	% du capital
Julien Moulin	Française	Personne physique	794 178	15.3%
Allianz	Allemande	Institutionnel	310 447	6.0%
Famille Michaud	Française	Personnes physiques	304 386	5.9%
Famille Mulliez et Gras Savoye	Française	Institutionnel	257 000	5.0%
Derfin	Française	Institutionnel	258 419	5.0%
Financière Arbevel	Française	Institutionnel	161 782	3.1%



LA FRANÇAISE DE L'ENERGIE
Société anonyme à conseil d'administration
au capital de 3.226.620 euros
Siège social : 1 avenue Saint-Rémy
Espace Pierrard – 57600 Forbach
R.C.S. Sarreguemines 501 152 193

STATUTS

Mis à jour par décision de l'assemblée générale extraordinaire du 23 mars 2016

Statuts certifiés conformes

Le Président-directeur général

ARTICLE 1. FORME

La Société a été constituée sous la forme de société par actions simplifiée par acte sous seing privé en date du 27 novembre 2007.

Elle a été transformée en société anonyme suivant la décision des associés lors de l'assemblée générale extraordinaire du 23 mars 2016. La Société continue d'exister entre les propriétaires des titres existants et ceux qui seraient créés ultérieurement.

Elle est régie par les lois et les règlements en vigueur, notamment par le Livre deuxième Titre II du Code de commerce, ainsi que par les présents statuts.

ARTICLE 2. DENOMINATION SOCIALE

La dénomination sociale est :

« LA FRANÇAISE DE L'ENERGIE »

Dans tous les actes et documents émanant de la Société et destinés aux tiers, la dénomination sociale doit être précédée ou suivie immédiatement des mots « société anonyme à conseil d'administration » ou des initiales « SA » et de l'énonciation du montant du capital social, du siège social et du numéro d'identification.

ARTICLE 3. OBJET SOCIAL

La Société a pour objet tant en France qu'à l'étranger :

- toutes activités de recherche, d'exploration, d'évaluation, de développement, d'extraction et de production d'hydrocarbures, en France ou à l'étranger, ainsi que toutes activités opérationnelles dans le secteur de l'énergie, y compris le transport, la distribution et la vente d'hydrocarbures,
- la prise de participation minoritaire ou majoritaire, en ce compris la détention intégrale du capital d'une ou plusieurs sociétés, notamment dans le secteur de l'énergie, par tous moyens et sous quelque forme que ce soit, l'administration, la gestion, le contrôle et la mise en valeur des dites participations,
- la participation directe ou indirecte de la Société dans toutes opérations ou entreprises commerciales ou industrielles,
- la fourniture de prestations de services à ses filiales françaises ou étrangères et plus particulièrement des services concernant la commercialisation, la gestion, la logistique, l'informatique et les télécommunications, l'organisation, la recherche et le développement, et le financement des dites filiales,
- le financement d'autres sociétés du groupe par le biais notamment de centralisation de trésorerie, de prêts intra-groupe, de gestion de trésorerie et opérations similaires,

- toutes opérations industrielles, commerciales, juridiques ou financières, mobilières ou immobilières pouvant se rattacher directement ou indirectement à l'objet social ou à tout objet similaire ou connexe,
- la participation, par tous moyens à toutes entreprises ou sociétés créées ou à créer, pouvant se rattacher à l'objet social, notamment par voie de création de sociétés nouvelles, d'apports, fusions, alliances, groupements d'intérêt économiques ou sociétés en participation,
- toutes opérations quelconques contribuant à la réalisation de cet objet, ou pouvant être utiles à ces objets ou susceptibles d'en favoriser le développement ou la réalisation, notamment par voie de prêt ou d'emprunt ou d'octroi de garanties et de sûretés couvrant ses obligations ou celles de sociétés apparentées.

ARTICLE 4. SIEGE SOCIAL

Le siège social de la Société est fixé à l'adresse suivante : 1 avenue Saint-Remy, Espace Pierrard, 57600 Forbach.

Il peut être transféré en tout autre lieu du même département ou dans un département limitrophe par une simple décision du Conseil d'administration, sous réserve de ratification de cette décision par la prochaine assemblée générale ordinaire des actionnaires, et en tout lieu en vertu d'une décision de l'assemblée générale extraordinaire des actionnaires, sous réserve des dispositions légales en vigueur.

ARTICLE 5. DUREE

La durée de la Société est fixée à quatre-vingt dix neuf (99) années à compter de la date de son immatriculation au Registre du Commerce et des Sociétés (soit jusqu'au 26 novembre 2106), sauf dissolution anticipée ou prorogation décidée par l'assemblée générale extraordinaire des actionnaires.

Un an au moins avant la date d'expiration de la Société, le Conseil d'administration doit provoquer une réunion de l'assemblée générale extraordinaire des actionnaires à l'effet de décider si la Société doit être prorogée. A défaut, tout actionnaire peut demander au président du tribunal de commerce, statuant sur requête, la désignation d'un mandataire de justice ayant pour mission de provoquer la consultation prévue ci-dessus.

ARTICLE 6. CAPITAL SOCIAL

Le capital social de la société est fixé à la somme de trois millions deux cent vingt-six mille six cent vingt euros (3.226.620 €). Il est divisé en trois millions deux cent vingt-six mille six cent vingt (3.226.620) actions d'un euro (1.00 €) chacune de valeur nominale, toutes de même catégorie et entièrement libérées.

Le capital social peut être augmenté ou réduit sur décision de l'assemblée générale des actionnaires, dans les conditions prévues par la loi et les statuts.

L'assemblée générale des actionnaires peut, aux conditions de quorum et de majorité requises pour les augmentations de capital, déléguer au Conseil d'administration les pouvoirs nécessaires à l'effet de réaliser, en une ou plusieurs fois, l'émission de tous titres financiers donnant accès au capital, d'en fixer le ou les montants, d'en constater la réalisation et de procéder à la modification corrélative des statuts.

ARTICLE 7. LIBERATION DES ACTIONS

Les actions sont émises et libérées dans les conditions prévues par la loi.

ARTICLE 8. FORME DES ACTIONS

Les actions entièrement libérées sont nominatives ou au porteur, au choix de l'actionnaire, sous réserve des dispositions légales et réglementaires en vigueur et des présents statuts ; elles sont obligatoirement nominatives jusqu'à ce qu'elles soient intégralement libérées.

Elles donnent lieu à une inscription en compte au nom de leur propriétaire dans les livres de la Société ou auprès d'un intermédiaire habilité, le tout dans les conditions et selon les modalités prévues par la loi.

A compter de l'admission des actions de la Société sur le marché réglementé Euronext Paris et tant que les actions sont admises aux négociations sur ce marché réglementé, la Société peut demander à tout moment, dans les conditions légales et réglementaires en vigueur, au dépositaire central qui assure la tenue du compte émission des titres, le nom ou, s'il s'agit d'une personne morale, la dénomination, la nationalité et l'adresse des détenteurs de titres conférant immédiatement ou à terme le droit de vote dans ses propres assemblées d'actionnaires ainsi que la quantité de titres détenue par chacun d'eux et, le cas échéant, les restrictions dont les titres peuvent être frappés.

Lorsque la personne qui a fait l'objet d'une demande de renseignements n'a pas transmis les informations dans les délais prévus par les dispositions légales et réglementaires en vigueur, ou a transmis des renseignements incomplets ou erronés relatifs soit à sa qualité, soit aux détenteurs des titres, soit à la quantité de titres détenus par chacun d'eux, les actions ou les titres donnant accès immédiatement ou à terme au capital et pour lesquels cette personne était inscrite en compte sont privés des droits de vote pour toute assemblée générale d'actionnaires qui se tiendrait jusqu'à la date de régularisation de l'identification, et le paiement du dividende correspondant est différé jusqu'à cette date.

ARTICLE 9. FRANCHISSEMENT DE SEUILS STATUTAIRES

A compter de l'admission des actions de la Société sur le marché réglementé Euronext Paris et tant que les actions sont admises aux négociations sur ce marché réglementé, outre les seuils prévus par les dispositions légales et réglementaires en vigueur, toute personne physique ou morale agissant seule ou de concert qui vient à détenir, ou qui cesse de détenir, directement ou indirectement par l'intermédiaire de sociétés qu'elle contrôle au sens de l'article L. 233-3 du Code de commerce, une fraction du capital, de droits de vote, ou de titres, calculée conformément aux dispositions des articles L. 233-7 et L. 233-9 du code de

commerce et aux dispositions du règlement général de l'Autorité des marchés financiers et donnant accès à terme au capital de la Société, égale ou supérieure à 1% ou un multiple de cette fraction, est tenue de notifier à la Société, par lettre recommandée avec avis de réception, dans un délai de cinq jours de bourse à compter du franchissement du seuil concerné, en lui précisant son identité ainsi que celle des personnes agissant de concert avec elle, et le nombre total d'actions, de droits de vote et de titres donnant accès à terme au capital, qu'elle possède seule, directement ou indirectement, ou encore de concert.

Le calcul des seuils de participation mentionnés au premier alinéa du présent paragraphe seront calculés de la même manière que les seuils légaux et réglementaires.

L'inobservation des dispositions qui précèdent est sanctionnée par la privation des droits de vote pour les actions excédant la fraction qui aurait dû être déclarée et ce pour toute assemblée d'actionnaires qui se tiendra jusqu'à l'expiration d'un délai de deux ans suivant la date de régularisation de la notification prévue ci-dessus, si l'application de cette sanction est demandée par un ou plusieurs actionnaires détenant 1% au moins du capital ou des droits de vote de la Société. Cette demande est consignée au procès-verbal de l'assemblée générale.

ARTICLE 10. TRANSMISSION DES ACTIONS

Les actions, nominatives ou au porteur, sont librement négociables, sous réserve des dispositions légales ou réglementaires.

La transmission à titre onéreux ou gratuit des actions, quelle que soit leur forme, s'opère par virement de compte à compte selon les modalités légales et réglementaires en vigueur.

ARTICLE 11. DROITS ET OBLIGATIONS ATTACHES AUX ACTIONS

A) Chaque action donne droit, dans le partage des bénéfices, dans la propriété de l'actif social et dans le boni de liquidation, à une part proportionnelle à la quotité du capital qu'elle représente et donne droit au vote et à la participation dans les assemblées générales, dans les conditions fixées par le Code de commerce et les présents statuts, étant précisé que conformément à l'article L.225-123 du Code de commerce, les actions entièrement libérées pour lesquelles il peut être justifié une inscription nominative depuis 2 ans au nom du même actionnaire bénéficieront d'un droit de vote double.

Tout actionnaire a le droit d'être informé sur la marche de la Société et d'obtenir communication de certains documents sociaux aux époques et dans les conditions prévues par les dispositions légales et réglementaires et les présents statuts.

B) Les actionnaires ne supportent les pertes qu'à concurrence de leurs apports.

Sous réserve des dispositions légales et réglementaires des présents statuts, aucune majorité ne peut leur imposer une augmentation de leurs engagements. Les droits et obligations attachés à l'action suivent le titre dans quelque main qu'il passe.

La possession d'une action emporte de plein droit adhésion aux décisions des assemblées générales et aux présents statuts.

C) Chaque fois qu'il est nécessaire de posséder un certain nombre d'actions pour exercer un droit quelconque, notamment en cas d'échange, de regroupement, de division, d'attribution de titres, ou lors d'une augmentation ou d'une réduction de capital, d'une fusion, d'une scission ou d'un apport partiel d'actif, d'une distribution ou de toute autre opération, les actionnaires possédant un nombre d'actions inférieur à celui requis ne peuvent exercer leurs droits à l'égard de la Société qu'à la condition de faire leur affaire personnelle de l'obtention du nombre d'actions requis par groupement, achat ou vente de titres ou de droits nécessaires.

Les actions sont indivisibles à l'égard de la Société.

ARTICLE 12. COMPOSITION DU CONSEIL D'ADMINISTRATION

La Société est administrée par un Conseil d'administration composé d'administrateurs élus par l'assemblée générale ordinaire des actionnaires.

Ces administrateurs sont au nombre de trois au moins et dix-huit au plus, sauf dérogation résultant des dispositions légales.

Les administrateurs peuvent être :

- des personnes physiques, ou
- des personnes morales. Dans ce cas, celles-ci doivent, lors de leur nomination, désigner un représentant permanent, soumis aux mêmes conditions et obligations et qui encourt les mêmes responsabilités que s'il était administrateur en son nom propre, sans préjudice de la responsabilité solidaire de la personne morale qu'il représente.

Ces administrateurs sont nommés par l'assemblée générale ordinaire, qui peut les révoquer à tout moment. Chaque administrateur doit être propriétaire, ou devenir propriétaire dans les trois mois de sa nomination, d'au moins 10 actions de la Société sous la forme nominative. Cette disposition ne s'applique pas aux administrateurs représentant les salariés actionnaires et aux administrateurs représentant les salariés.

Les membres du conseil d'administration sont nommés par l'assemblée générale ordinaire pour une durée de six ans ; ils sont rééligibles.

Un administrateur nommé en remplacement d'un autre dont le mandat n'est pas expiré, ne demeure en fonction que pendant le temps restant à courir du mandat de son prédécesseur.

A l'issue de chaque assemblée générale annuelle, le nombre des administrateurs ayant atteint l'âge de soixante-dix ans ne peut dépasser le tiers du nombre total des administrateurs en fonction.

Sauf le cas de cessation du contrat de travail, s'il s'agit d'un administrateur salarié, ou de démission, de révocation ou de décès, les fonctions d'un administrateur prennent fin à l'issue de la réunion de l'assemblée générale ordinaire des actionnaires appelée à statuer sur les comptes de l'exercice écoulé et tenue dans l'année au cours de laquelle expire le mandat de cet administrateur.

En cas de vacance par décès ou par démission d'un ou de plusieurs sièges d'administrateur, le Conseil d'administration peut, entre deux assemblées générales, procéder à des nominations à titre provisoire, qui sont soumises à ratification de la plus prochaine assemblée générale ordinaire.

Tout administrateur s'engage à respecter les obligations qui lui incombent en cette qualité et notamment celles qui sont relatives à la limitation du nombre de mandats sociaux qu'il est autorisé à détenir.

ARTICLE 13. PRESIDENT DU CONSEIL D'ADMINISTRATION

Le Conseil d'administration élit parmi ses membres personnes physiques un président. Il fixe la durée de ses fonctions, qui ne saurait être supérieure à celle de son mandat d'administrateur. Quelle que soit la durée pour laquelle elles ont été conférées, les fonctions du président prennent fin au plus tard à l'issue de la réunion de l'assemblée générale ordinaire des actionnaires appelée à statuer sur les comptes de l'exercice écoulé et tenue dans l'année au cours de laquelle l'intéressé atteint l'âge de soixante-dix ans.

Le président peut être révoqué à tout moment par le Conseil d'administration.

Le Conseil d'administration détermine la rémunération de son président.

Le Conseil est présidé par le président, ou en cas d'absence de ce dernier, par un administrateur choisi par le Conseil au début de la séance.

En cas d'empêchement temporaire ou de décès du président, le Conseil d'administration peut déléguer un administrateur dans les fonctions de président pour une durée limitée. En cas de décès, elle vaut jusqu'à l'élection du nouveau président.

Le président du Conseil d'administration représente le Conseil d'administration. Il organise et dirige les travaux de celui-ci, dont il rend compte à l'assemblée générale. Il veille au bon fonctionnement des organes de la Société et s'assure, en particulier, que les administrateurs sont en mesure de remplir leur mission.

ARTICLE 14. DELIBERATIONS DU CONSEIL D'ADMINISTRATION

Le Conseil d'administration se réunit aussi souvent que l'intérêt de la Société le requiert.

Les administrateurs sont convoqués aux séances du Conseil d'administration par le président, soit au siège social, soit en tout autre endroit indiqué dans la convocation. L'ordre du jour peut n'être arrêté qu'au moment de la réunion. Lorsqu'il ne s'est pas réuni depuis plus de deux mois, le tiers au moins des membres du Conseil d'administration peut demander au président de convoquer celui-ci sur un ordre du jour déterminé. En cas de dissociation des fonctions de directeur général et de président du Conseil d'administration, le directeur général peut également demander au président de convoquer le Conseil d'administration sur un ordre du jour déterminé.

Les convocations sont faites par tout moyen par le Président, même verbalement.

Les délibérations sont prises aux conditions de quorum et de majorité prévues par la loi. En cas de partage des voix, celle du président de séance est prépondérante. Sont réputés présents, dans les limites prévues par la loi, pour le calcul du quorum et de la majorité les administrateurs qui participent à la réunion par des moyens de visioconférence ou par tout autre moyen qui viendrait à être reconnu par la législation en vigueur.

Il est tenu un registre de présence qui est signé par les administrateurs participant à la séance du Conseil d'administration et qui mentionne, le cas échéant, le nom des administrateurs réputés présents.

Le Conseil désigne la personne devant remplir les fonctions de secrétaire, laquelle peut être prise en dehors de ses membres et des actionnaires.

Un administrateur peut donner par écrit mandat à un autre administrateur de le représenter à une séance du Conseil d'administration. Chaque administrateur ne peut disposer, au cours d'une même séance, que d'une seule procuration. Le comité d'entreprise est représenté aux séances du Conseil dans les conditions et selon les modalités prévues par la législation en vigueur.

ARTICLE 15. PROCES-VERBAUX

Les délibérations du Conseil d'administration sont constatées par des procès-verbaux établis sur un registre spécial ou sur des feuilles mobiles numérotées, aux conditions fixées par la législation en vigueur. Outre les indications prescrites par la loi, ces procès-verbaux sont signés par le président de séance et au moins un administrateur ; en cas d'empêchement du président de séance, le procès-verbal est signé par deux administrateurs au moins.

Les copies ou extraits de procès-verbaux des délibérations sont certifiés, soit par le président du Conseil d'administration, soit par le directeur général, soit par un directeur général délégué, soit par l'administrateur délégué temporairement dans les fonctions de président, soit par un fondé de pouvoir habilité à cet effet.

ARTICLE 16. POUVOIRS DU CONSEIL D'ADMINISTRATION

Le Conseil d'administration détermine les orientations de l'activité de la Société et veille à leur mise en œuvre. Sous réserve des pouvoirs expressément attribués aux assemblées générales d'actionnaires et dans la limite de l'objet social, il se saisit de toute question intéressant la bonne marche de la Société et règle par ses délibérations les affaires qui la concernent.

Le Conseil d'administration procède aux contrôles et vérifications qu'il juge opportuns dans la limite de ses fonctions.

Chaque administrateur reçoit toutes les informations nécessaires à l'accomplissement de sa mission et peut se faire communiquer tous les documents qu'il estime utiles à cette fin.

Le Conseil d'administration peut, dans la limite d'un montant total qu'il fixe, autoriser le directeur général à donner des cautions, avals ou garanties au nom de la Société.

Le Conseil d'administration élabore un règlement intérieur afin de préciser et compléter les modalités de son fonctionnement.

ARTICLE 17. COMITES

Le Conseil d'administration peut décider la création de comités chargés d'étudier les questions que lui-même ou son président soumet pour avis à leur examen. Il fixe la composition et les attributions des comités. Les comités ont un pouvoir consultatif et exercent leur activité sous la responsabilité du Conseil d'administration.

Le Conseil d'administration fixe, le cas échéant, le montant de la rémunération des membres des comités.

Les comités peuvent confier certaines missions spécifiques à des tiers. Ils doivent alors en aviser, au préalable, le président du Conseil d'administration de la Société.

La composition, les modalités de fonctionnement et les attributions de ces comités sont fixées par le règlement intérieur du Conseil d'administration.

ARTICLE 18. REMUNERATION DES ADMINISTRATEURS

L'assemblée générale des actionnaires peut allouer aux administrateurs, à titre de jetons de présence, une somme fixe annuelle que cette assemblée détermine sans être liée par des décisions antérieures. Sa répartition entre les administrateurs est déterminée par le Conseil d'administration.

Il peut également être alloué aux administrateurs par le Conseil d'administration, des rémunérations exceptionnelles dans les cas et conditions prévues par la loi.

Le Conseil d'administration peut autoriser le remboursement, sur justificatifs, de dépenses et frais engagés par les administrateurs dans l'intérêt de la Société

ARTICLE 19. CENSEURS

Le Conseil d'administration peut nommer un ou plusieurs censeurs, personnes physiques ou morales choisies parmi ou en dehors des actionnaires. Leur mission est fixée en conformité avec la loi et les statuts par le Conseil d'administration. Le Conseil d'administration détermine la durée de leur mandat, auquel il peut mettre fin à tout moment. Les censeurs sont convoqués aux réunions du Conseil d'administration, auxquelles ils participent avec voix consultative, sans toutefois que leur absence puisse nuire à la validité des délibérations du Conseil d'administration.

Les modalités de la rémunération du ou des censeur(s) sont arrêtées par le Conseil d'administration, qui peut leur reverser une partie des jetons de présence que l'assemblée générale ordinaire des actionnaires a alloués à ses membres.

ARTICLE 20. DIRECTION GENERALE

La direction générale de la Société est assumée, sous sa responsabilité, soit par le président du Conseil d'administration, soit par une autre personne physique, administrateur ou non, nommée et révoquée par le Conseil d'administration et portant le titre de directeur général. Les décisions du Conseil d'administration relatives aux choix entre les deux modalités d'exercice de la direction générale sont prises conformément aux présents statuts. Ce mode de direction demeure en application jusqu'à décision contraire. Ce choix est de la compétence exclusive du Conseil d'administration. Les actionnaires et les tiers sont informés de ce choix dans les conditions légales.

Le directeur général est investi des pouvoirs les plus étendus pour agir en toute circonstance, au nom de la Société. Il exerce ses pouvoirs dans la limite de l'objet social et sous réserve de ceux que la loi attribue expressément aux assemblées générales d'actionnaires et au Conseil d'administration. Il représente la Société dans ses rapports avec les tiers.

Le Conseil d'administration détermine la rémunération et la durée des fonctions du directeur général. Dans l'hypothèse où la direction générale de la Société est assumée par un administrateur, celui-ci est réputé démissionnaire d'office de ses fonctions de directeur général à l'expiration de son mandat d'administrateur

Quelle que soit la durée pour laquelle elles ont été conférées, les fonctions de directeur général prennent fin au plus tard à l'issue de la réunion de l'assemblée générale ordinaire des actionnaires ayant statué sur les comptes de l'exercice écoulé et tenue dans l'année au cours de laquelle le directeur général atteint l'âge de soixante-dix ans.

Lorsque la direction générale de la Société est assumée par le président du Conseil d'administration, les dispositions légales et réglementaires ainsi que celles des statuts relatives au directeur général lui sont applicables.

Le directeur général peut être autorisé à déléguer les pouvoirs qu'il juge convenable dans la limite des dispositions législatives et réglementaires en vigueur.

ARTICLE 21. DIRECTEURS GENERAUX DELEGUES

Sur proposition du directeur général, le Conseil d'administration peut nommer une ou plusieurs personnes physiques chargées d'assister le directeur général, avec le titre de directeur général délégué, dans la limite d'un maximum de cinq directeurs généraux délégués.

En accord avec le directeur général, le Conseil d'administration détermine l'étendue et la durée des pouvoirs conférés aux directeurs généraux délégués qui, à l'égard des tiers, disposent toutefois des mêmes pouvoirs que le directeur général.

Quelle que soit la durée pour laquelle elles ont été conférées, les fonctions de directeur général délégué prennent fin au plus tard à l'issue de la réunion de l'assemblée générale ordinaire des actionnaires ayant statué sur les comptes de l'exercice écoulé et tenue dans l'année au cours de laquelle le directeur général délégué atteint l'âge de soixante-dix ans.

Lorsque le directeur général cesse ou est empêché d'exercer ses fonctions, les directeurs

généraux délégués conservent, sauf décision contraire du Conseil d'administration, leurs fonctions et attributions jusqu'à la nomination du nouveau directeur général.

A l'occasion de la nomination du nouveau directeur général, le Conseil d'administration se prononce sur le maintien ou non des directeurs généraux délégués, sur proposition du nouveau directeur général.

Les directeurs généraux délégués sont révocables à tout moment par le Conseil d'administration, sur proposition du directeur général.

ARTICLE 22. COMMISSAIRES AUX COMPTES

Le ou les commissaires aux comptes titulaires et suppléants sont nommés par l'assemblée générale ordinaire et exercent leur mission de contrôle conformément aux dispositions légales et réglementaires en vigueur.

ARTICLE 23. ASSEMBLEES GENERALES DES ACTIONNAIRES

A) Les décisions collectives des actionnaires sont prises en assemblées générales ordinaires, extraordinaires, spéciales ou mixtes selon la nature des décisions qu'elles sont appelées à prendre.

B) Les assemblées générales sont convoquées et délibèrent dans les conditions posées par la loi. Elles sont réunies au siège social ou en tout autre lieu précisé dans l'avis de convocation.

C) A compter de l'admission des actions de la Société sur le marché réglementé Euronext Paris et tant que les actions sont admises aux négociations sur ce marché réglementé, le droit de participer aux assemblées est subordonné à l'enregistrement comptable des titres au nom de l'actionnaire ou de l'intermédiaire inscrit pour son compte au deuxième jour ouvré précédant l'assemblée à zéro heure, heure de Paris, soit dans les comptes de titres nominatifs tenus par la Société, soit dans les comptes de titres au porteur tenus par l'intermédiaire habilité.

L'inscription ou l'enregistrement comptable des titres dans les comptes de titres au porteur tenus par l'intermédiaire habilité est constaté par une attestation de participation délivrée par ce dernier, en annexe au formulaire de vote à distance ou de procuration ou à la demande de carte d'admission établis au nom de l'actionnaire ou pour le compte de l'actionnaire représenté par l'intermédiaire inscrit. Une attestation est également délivrée à l'actionnaire souhaitant participer physiquement à l'assemblée et qui n'a pas reçu sa carte d'admission le deuxième jour ouvré précédant l'assemblée à zéro heure, heure de Paris.

D) Sur décision du Conseil d'administration, les actionnaires peuvent participer à une assemblée générale par visioconférence ou par des moyens de télécommunication et télétransmission y compris Internet, permettant leur identification dans les conditions prévues par la réglementation applicable en vigueur. Cette décision est communiquée dans l'avis de réunion et/ou de convocation de l'assemblée. Dans ce cas, ces

actionnaires sont réputés présents pour le calcul du quorum et de la majorité de cette assemblée générale.

Les actionnaires peuvent voter par correspondance ou donner procuration conformément à la loi et la réglementation. Les actionnaires peuvent, dans les conditions fixées par la réglementation en vigueur, adresser leur formulaire de vote par correspondance concernant toute assemblée générale, soit sous forme papier, soit, sur décision du Conseil d'administration publiée dans l'avis de réunion et/ou de convocation, par télétransmission dans les conditions fixées par ledit avis. La notification de la désignation du mandataire de vote, de même que la notification de la révocation du mandat de vote, pourront être effectués par voie de formulaire sous forme papier ou électronique.

La saisie et la signature des formulaires électroniques pourront prendre la forme, sur décision préalable du Conseil d'administration, d'un procédé fiable d'identification répondant aux conditions définies à la première phrase du deuxième alinéa de l'article 1316-4 du Code civil, pouvant consister en un identifiant et un mot de passe, ou tout autre moyen prévu par la réglementation en vigueur. La procuration ou le vote ainsi exprimés avant l'assemblée par ce moyen électronique, ainsi que l'accusé de réception qui en est donné, seront considérés comme des écrits non révocables et opposables à tous, étant précisé qu'en cas de cession de titres intervenant avant le troisième jour ouvré précédant l'assemblée à zéro heure, heure de Paris, la Société invalidera ou modifiera en conséquence, selon le cas, la procuration ou le vote exprimé avant cette date et cette heure.

Une feuille de présence dûment émargée par les participants est certifiée exacte par le bureau de l'assemblée générale conformément à la réglementation en vigueur.

E) Les assemblées générales des actionnaires sont présidées par le président du Conseil d'administration, ou, en son absence, par un administrateur désigné par le Conseil d'administration, ou à défaut par toute autre personne qu'elles élisent.

Le bureau de l'assemblée comprend le président désigné comme il est dit ci-dessus et deux scrutateurs (étant les deux membres de l'assemblée générale disposant du plus grand nombre de voix et acceptant cette fonction). Il désigne un secrétaire qui peut être choisi en dehors des actionnaires.

F) Les délibérations des assemblées sont constatées par des procès-verbaux signés par les membres du bureau et établis sur un registre spécial conformément à la loi. Les copies et extraits de ces procès-verbaux sont valablement certifiés dans les conditions fixées par la loi.

ARTICLE 24. EXERCICE SOCIAL - COMPTES ANNUELS

Chaque exercice social a une durée d'une année qui commence le 1^{er} juillet d'une année et s'achève le 30 juin de l'année suivante.

Il est tenu une comptabilité régulière des opérations sociales, conformément aux dispositions législatives et réglementaires en vigueur.

A la clôture de chaque exercice, le Conseil d'administration établit les comptes annuels et, le cas échéant, des comptes consolidés conformément aux dispositions légales et réglementaires en vigueur.

ARTICLE 25. AFFECTATION ET REPARTITION DES BENEFICES

Le bénéfice distribuable est constitué par le bénéfice net de l'exercice, diminué des pertes antérieures et des différents prélèvements prévus par la loi et augmenté du report bénéficiaire.

L'assemblée générale peut décider la mise en distribution de sommes prélevées sur les réserves dont elle a la libre disposition en indiquant expressément les postes de réserves sur lesquels les prélèvements sont effectués.

Après approbation des comptes et constatation de l'existence de sommes distribuables (celles-ci incluant le bénéfice distribuable et éventuellement les sommes prélevées sur les réserves susvisées), l'assemblée générale décide, en tout ou partie, de les distribuer aux actionnaires à titre de dividende, de les affecter à des postes de réserves ou de les reporter à nouveau.

L'assemblée générale a la faculté d'accorder aux actionnaires, pour tout ou partie du dividende mis en distribution, ou des acomptes sur dividende, une option entre le paiement en numéraire et le paiement en actions dans les conditions fixées par la loi. En outre, l'assemblée générale peut décider, pour tout ou partie du dividende, des acomptes sur dividendes, des réserves ou primes mis en distribution, ou pour toute réduction de capital, que cette distribution de dividende ou cette réduction de capital sera réalisée en nature par remise d'actifs de la Société.

Le Conseil d'administration aura la faculté de distribuer des acomptes sur dividende avant l'approbation des comptes de l'exercice, dans les conditions prévues par la loi.

L'assemblée générale extraordinaire peut décider de procéder à une réduction de capital non motivée par des pertes par voie de réduction du nominal de l'action. Le montant de la réduction de capital, soit la différence entre l'ancienne et la nouvelle valeur nominale multipliée par le nombre d'actions existantes, sera inscrit au compte de prime d'émission, étant entendu que cette dernière ne sera pas distribuable. Néanmoins, elle pourra être réincorporée ultérieurement au capital ou servir à amortir des pertes sociales.

Aucune distribution ne peut être effectuée si à la suite de celle-ci les capitaux propres de la Société sont ou deviennent inférieurs à la moitié du capital social augmentée des réserves légales ou statutaires.

ARTICLE 26. DISSOLUTION – LIQUIDATION

L'assemblée générale extraordinaire des actionnaires peut, à toute époque, prononcer la dissolution anticipée de la Société.

A l'expiration de la Société ou en cas de dissolution anticipée, l'assemblée générale des actionnaires règle le mode de liquidation et nomme un ou plusieurs liquidateurs dont elle détermine les pouvoirs et la rémunération et qui exercent leurs fonctions conformément à la loi.

ARTICLE 27. CONTESTATIONS

Toutes contestations et tous litiges susceptibles de surgir pendant la durée de la Société ou après sa dissolution pendant le cours des opérations de liquidation, soit entre les actionnaires, les organes de gestion ou d'administration et la Société, soit entre les actionnaires eux-mêmes, relativement aux affaires sociales ou à l'exécution des dispositions statutaires, seront soumis à la juridiction des tribunaux compétents dans le ressort duquel est situé le siège social de la Société.

* *
*

European Gas

Société par actions simplifiée au capital de 37.000 Euros

Siège social : 3, rue du colonel Moll 75017 Paris

STATUTS

LA SOUSSIGNEE :

- La société European Gas Limited
société de droit australien
dont le siège social est Suite 4, 4 Vantor Avenue, West Perth WA 6005, Australie,
immatriculée en Australie sous le numéro 075 075 760 655

Représentée par Anthony McClure, *director*
dûment habilité aux fins des présentes,

**A ETABLI AINSI QU'IL SUIT LES STATUTS
D'UNE SOCIETE PAR ACTIONS SIMPLIFIEE**

Enregistré à : SIE DE PARIS 17EME LES BATIGNOLLES
Le 28/11/2007 BORDERAU n°2007/1 191 Case n°1 Est 8:190
Enregistrement : 125 € Pénalités :
Total liquidé : cent vingt-cinq euros
Montant reçu : cent vingt-cinq euros
L'Agent

Mathieu ANGLADE
Agent des Impôts

AS4

European Gas

Société par actions simplifiée au capital de 37.000 Euros

Siège social : 3, rue du colonel Moll 75017 Paris

STATUTS

ARTICLE 1
FORME

La société par actions simplifiée (la « Société ») est ici créée et existera entre les propriétaires des actions existantes et de celles qui seraient créées ultérieurement.

Elle sera régie par les lois en vigueur et par les présents statuts.

Elle peut, à tout moment, comprendre un ou plusieurs associés.

ARTICLE 2
OBJET

La Société a pour objet, en France ou à l'étranger :

- la prise de participation minoritaire ou majoritaire, en ce y compris la détention intégrale du capital d'une ou plusieurs sociétés, notamment dans le secteur de l'énergie, par tous moyens et sous quelque forme que ce soit, l'administration, la gestion, le contrôle et la mise en valeur des dites participations,
- la participation directe ou indirecte de la Société dans toutes opérations ou entreprises commerciales ou industrielles,
- la fourniture de prestations de services à ses filiales françaises ou étrangères et plus particulièrement des services concernant la commercialisation, la gestion, la logistique, l'informatique et les télécommunications, l'organisation, la recherche et le développement, et le financement des dites filiales,
- le financement d'autres sociétés du groupe par le biais notamment de centralisation de trésorerie, de prêts intra-groupe, de gestion de trésorerie...

AS4

- toutes opérations industrielles, commerciales, juridiques ou financières, mobilières ou immobilières pouvant se rattacher directement ou indirectement à l'objet social ou à tout objet similaire ou connexe,
- la participation, par tous moyens à toutes entreprises ou sociétés créées ou à créer, pouvant se rattacher à l'objet social, notamment par voie de création de sociétés nouvelles, d'apports, fusions, alliances, groupements d'intérêt économiques ou sociétés en participation,
- toutes opérations quelconques contribuant à la réalisation de cet objet.

ARTICLE 3
DENOMINATION

La Société a pour dénomination sociale : European Gas

Les actes et documents émanant de la Société et destinés aux tiers doivent notamment indiquer la dénomination sociale précédée ou suivie immédiatement et lisiblement des mots « société par actions simplifiée » ou des initiales « S.A.S. », et de l'énonciation du montant du capital social.

ARTICLE 4
SIÈGE SOCIAL

Le siège social est fixé au 3, rue du colonel Moll 75017 Paris.

ARTICLE 5
DURÉE

La durée de la Société est fixée à quatre-vingt dix neuf (99) années à compter de la date de son immatriculation au Registre du Commerce et des Sociétés, sauf les cas de dissolution anticipée ou de prorogation.

ARTICLE 6
APPORTS

Lors de la constitution, il est fait apport à la Société d'une somme de 37.000 euros correspondant à la valeur nominale des actions, toutes de numéraire, composant le capital social, lesdites actions souscrites et libérées par la société European Gas Limited, seule personne morale, signataire des statuts.

AS4

La somme de 37.000 euros, correspondant à la totalité du montant des actions de numéraire souscrites, a été régulièrement déposée à un compte ouvert au nom de la Société en formation à la banque SOCIETE GENERALE 29, boulevard Haussmann 75009 Paris, et le versement du souscripteur a été constaté par un certificat, établi conformément à la loi et délivré par ladite banque le 19 novembre 2007.

ARTICLE 7
CAPITAL SOCIAL

Le capital social est fixé à la somme de 37.000 euros. Il est divisé en 3.700 actions de valeur nominale de 10 euros chacune, toutes de même catégorie.

ARTICLE 8
LIBERATION DES ACTIONS

Les actions souscrites en numéraire lors d'une augmentation du capital social doivent être libérées lors de leur souscription dans les conditions légales.

ARTICLE 9
FORME DES ACTIONS

Les actions sont nominatives.

La propriété des actions résulte de leur inscription au nom du ou des titulaires sur des comptes tenus à cet effet par la Société dans les conditions et suivant les modalités prévues par la loi.

A la demande de l'associé, une attestation d'inscription en compte lui sera délivrée par la Société.

AS4

ARTICLE 10**DROITS ET OBLIGATIONS ATTACHES AUX ACTIONS**

1. Chaque action donne droit, dans les bénéfices, l'actif social et le boni de liquidation, à une part proportionnelle à la quotité du capital qu'elle représente. En outre, elle donne droit de vote et à la représentation dans les décisions collectives des associés dans les conditions légales et statutaires.
2. Le ou les associés ne supportent les pertes qu'à concurrence de leur apport.

Les droits et obligations attachés à l'action suivent le titre dans quelque main qu'elle passe.

La propriété d'une action emporte de plein droit adhésion aux statuts de la Société et aux décisions de l'associé unique ou aux décisions collectives des associés.

ARTICLE 11**DIRECTION ET ADMINISTRATION DE LA SOCIETE****1. Président**

La Société est représentée à l'égard des tiers par un Président (personne physique ou morale, associée ou non) nommé pour une durée illimitée et désigné par l'associé unique ou la collectivité des associés qui fixe, le cas échéant, sa rémunération. Le Président est révocable ad nutum sur décision de l'associé unique ou de la collectivité des associés.

Lorsqu'une personne morale est nommée Président de la Société, les dirigeants de ladite personne morale sont soumis aux mêmes conditions et obligations et encourent les mêmes responsabilités civile et pénale que s'ils étaient Président en leur nom propre, sans préjudice de la responsabilité solidaire de la personne morale qu'ils dirigent.

Le Président est investi des pouvoirs les plus étendus pour agir en toute circonstance au nom de la Société dans la limite de l'objet social sous réserve des pouvoirs expressément attribués par la loi à l'associé unique et aux associés statuant par décision collective.

Dans les rapports avec les tiers, la Société est engagée même par les actes du Président qui ne relèvent pas de l'objet social, à moins qu'elle ne prouve que le tiers savait que l'acte dépassait cet objet ou qu'il ne pouvait l'ignorer compte tenu des circonstances.

2. Directeurs Généraux - Directeurs Généraux Délégués

La Société peut également être représentée à l'égard des tiers par une ou plusieurs personnes autres que le Président, associées ou non, portant le titre de « Directeur Général » ou « Directeur Général Délégué », nommées pour une durée illimitée, et désignées par l'associé unique ou la collectivité des associés, qui fixe, le cas échéant, leur rémunération. Les Directeurs Généraux ou les Directeurs Généraux Délégués sont révocables ad nutum sur décision de l'associé unique ou de la collectivité des associés.

MSM

Les Directeurs Généraux ou les Directeurs Généraux Délégués disposent à l'égard des tiers des mêmes pouvoirs que le Président.

ARTICLE 12**COMMISSAIRE AUX COMPTES**

Le contrôle est exercé par un ou plusieurs commissaires aux comptes titulaires nommés par l'associé unique ou par décision collective des associés, et exerçant leur mission conformément à la loi.

Un ou plusieurs commissaires aux comptes suppléants appelés à remplacer le ou les titulaires en cas de refus, d'empêchement, démission, décès ou relèvement, sont nommés par l'associé unique ou par décision collective des associés en même temps que le ou les titulaires et pour la même durée.

ARTICLE 13**DELEGUES DU COMITE D'ENTREPRISE**

Les délégués du Comité d'entreprise de la Société exercent auprès du Président les droits qui leur sont attribués par l'article L.432-6 du Code du travail.

ARTICLE 14**DECISIONS COLLECTIVES - FORMES ET MODALITES**

Une décision du ou des associés est nécessaire notamment pour les actes et opérations énumérés ci-dessous :

- augmentation, réduction ou amortissement de capital social ;
- transformation, fusion, scission, liquidation ou dissolution ;
- modification des présents statuts ;
- approbation des comptes annuels et affectation des résultats ;
- toute distribution faite à l'associé unique ou aux associés à l'exception des acomptes sur dividendes ;
- nomination du Président, du ou des Directeurs Généraux ou Directeurs Généraux Délégués, des Commissaires aux Comptes titulaires et suppléants, du Liquidateur,
- fixation de la rémunération et révocation du Président, du ou des Directeurs Généraux ou Directeurs Généraux Délégués, du Liquidateur,
- dissolution de la Société, approbation des comptes de liquidation, clôture des opérations de liquidation.

- I. Lorsque la Société ne comporte qu'un associé, l'associé unique détient tous les pouvoirs accordés aux associés par la loi et les présents statuts. L'associé unique ne peut déléguer ses pouvoirs. Sa volonté s'exprime par des décisions enregistrées par ordre chronologique dans un registre coté et paraphé de la même façon que les procès-verbaux d'assemblées et sont signés par ce dernier.
- II. En cas de pluralité d'associés, les décisions de quelque nature qu'elles soient, sont prises soit en Assemblée Générale, soit par consultation écrite, soit par téléconférence

MSM

téléphonique ou audiovisuelle. Elles peuvent également résulter d'un acte sous seing privé constatant les décisions unanimes des associés.

Les droits de vote attachés aux actions sont proportionnels à la quotité de capital qu'ils représentent et chaque action donne droit à son détenteur à une voix.

Les décisions collectives d'associés sont prises à l'initiative du Président ou à la demande d'un associé détenant au moins 10% du capital social (ci-après le « **Demandeur** »). Dans ce dernier cas, le Président, s'il n'est pas associé, en est avisé par tout moyen.

L'ordre du jour en vue des décisions collectives d'associés est arrêté par le Demandeur.

Chaque associé a le droit de participer aux décisions collectives par lui-même ou par un mandataire de son choix, qui peut ou non être un associé. Les mandats peuvent être donnés par tous moyens écrits, en ce compris par télécopie ou transmission électronique. En cas de contestation sur la validité du mandat conféré, la charge de la preuve incombe à celui qui se prévaut de l'irrégularité du mandat.

Les décisions collectives n'entraînant pas modification des statuts sont prises à la majorité des actions ayant le droit de vote.

Les décisions collectives entraînant modification des statuts sont prises à la majorité des deux tiers des actions ayant le droit de vote.

Nonobstant ce qui précède, l'unanimité des associés est requise lorsque l'exige la loi.

Décisions prises en assemblée générale

L'assemblée générale est convoquée par un Demandeur. La convocation est faite par une notification envoyée par tous moyens écrits, en ce compris par télécopie ou par transmission électronique huit jours au moins avant la date de la réunion ; elle indique l'ordre du jour. Cependant, lorsque tous les associés sont présents ou représentés, l'assemblée générale peut se réunir sans convocation préalable.

L'assemblée générale est présidée par le Président de la Société ou, en son absence, par un associé spécialement délégué ou élu à cet effet par l'assemblée.

A chaque assemblée générale est tenue une feuille de présence, et il est dressé un procès-verbal de la réunion, signé (i) par le Président de séance et (ii) par au moins un associé, présent ou le mandataire d'un associé représenté.

Décisions prises par consultation écrite

En cas de consultation écrite (en ce compris toute consultation effectuée par télécopie ou par transmission électronique), le texte des résolutions proposées ainsi que les documents nécessaires sont adressés par le Demandeur à chaque associé et au Président, si celui-ci n'est pas le Demandeur, par tous moyens écrits en ce compris par télécopie ou par transmission électronique.

Les associés disposent d'un délai minimal de huit (8) jours à compter de la réception des projets de résolutions, pour émettre leur vote. Le vote peut être émis par tous moyens

A34

écrits en ce compris par télécopie ou par transmission électronique. Tout associé n'ayant pas répondu dans le délai accordé aux associés pour répondre (s'il n'est pas précisé dans les résolutions, ce délai sera de huit jours) est considéré comme s'étant abstenu. Si les votes de tous les associés sont reçus avant l'expiration dudit délai, la résolution concernée sera réputée avoir fait l'objet d'un vote à la date de réception du dernier vote.

La décision collective des associés fait l'objet d'un procès-verbal établi et signé par le Demandeur auquel est annexée chaque réponse des associés, et qui est immédiatement communiqué à la Société pour être conservé dans les conditions visés ci-après.

A34

Décisions prises par voie de téléconférence téléphonique ou audiovisuelle

Lors des réunions par voie de téléconférence téléphonique ou audiovisuelle, les associés et le Président, s'il n'est pas le demandeur, sont convoqués par le Demandeur, par tous moyens écrits en ce compris par télécopie ou par transmission électronique, deux jours au moins avant la date de la réunion. L'ordre du jour doit être indiqué, ainsi que la manière dont les associés peuvent prendre part à la réunion.

Lorsque les décisions sont prises par voie de téléconférence téléphonique ou audiovisuelle, le Demandeur établit dans un délai de huit (8) jours à compter de la téléconférence, un projet du procès verbal de séance après avoir indiqué :

- l'identité des associés présents ou représentés, en précisant, le cas échéant, les mandats donnés à cet effet. Dans cette hypothèse, les mandats sont annexés au procès-verbal ;
- l'identité des associés absents ;
- le texte des résolutions ;
- le résultat du vote pour chaque délibération.

Le Demandeur en adresse immédiatement une copie par tous moyens écrits, en ce compris par télécopie ou par transmission électronique, à chacun des associés. Les associés ayant pris part à la téléconférence en retournent une copie au Président, dans les huit jours, après l'avoir signée, par tous moyens écrits en ce compris par télécopie ou par transmission électronique.

A réception des copies signées par les associés, le Demandeur établit le procès verbal définitif. Ledit procès verbal dûment signé par le Demandeur, ainsi que la preuve de l'envoi du procès verbal aux associés et les copies renvoyées dûment signées par les associés ainsi qu'il est indiqué ci-dessus sont immédiatement communiqués à la Société pour être conservés comme indiqué ci-après.

- III. Le ou les Commissaires aux Comptes et les délégués du Comité d'Entreprise seront convoqués/invités à l'assemblée générale ou seront informés de la téléconférence téléphonique ou audiovisuelle dans les mêmes conditions que les associés.

En cas de décisions prises par consultation écrite ou par acte constatant les décisions de l'associé unique ou les décisions unanimes des associés, le ou les Commissaires aux Comptes et les délégués du Comité d'Entreprise seront informés, par tous moyens, préalablement à la consultation écrite ou à la signature de l'acte de l'objet de ladite consultation ou dudit acte.

- IV. Quel que soit le mode de consultation, toute décision du ou des associés doit avoir fait l'objet d'une information préalable comprenant tous les documents et informations permettant aux associés de se prononcer en connaissance de cause sur la ou les décisions soumises à leur approbation.
- V. Les décisions de l'associé ou des associés sont constatées par des procès-verbaux ou des actes sous seing privé établis sur un registre spécial ou sur des feuillets mobiles numérotés.

MSM

ARTICLE 15
EXERCICE SOCIAL

L'année sociale a une durée de douze mois. Elle commence le 1^{er} juillet et finit le 30 juin de l'année suivante.

Par exception, le premier exercice débutera à la date de l'immatriculation de la Société au Registre du Commerce et des Sociétés et sera clos le 30 juin 2008.

ARTICLE 16
FIXATION, AFFECTATION ET REPARTITION DES BENEFICES

Le compte de résultat, qui récapitule les produits et charges de l'exercice fait apparaître, par différence, après déduction des amortissements et des provisions, le bénéfice de l'exercice.

Sur le bénéfice de l'exercice diminué, le cas échéant, des pertes antérieures, il est prélevé 5% au moins pour constituer le fonds de réserve légale. Ce prélèvement cesse d'être obligatoire lorsque le fonds de réserve atteint le dixième du capital social. Il reprend son cours lorsque, pour une raison quelconque, la réserve légale est descendue au-dessous de ce dixième.

Le bénéfice distribuable est constitué par le bénéfice de l'exercice diminué des pertes antérieures et des sommes portées en réserve, en application de la loi et des statuts et augmenté du report bénéficiaire.

Ce bénéfice est alloué à l'associé unique ou réparti entre tous les associés proportionnellement au nombre d'actions appartenant à chacun d'eux.

Toutefois, après prélèvement des sommes portées en réserve, en application de la loi, l'associé unique ou la collectivité des associés peut prélever toutes sommes qu'elle juge à propos d'affecter à la dotation de tous fonds de réserves facultatives, ordinaires ou extraordinaires ou de reporter à nouveau.

Les dividendes sont prélevés par priorité sur les bénéfices de l'exercice. L'associé unique ou la collectivité des associés peut, en outre, décider la mise en distribution de sommes prélevées sur les réserves dont elle a la disposition, en indiquant expressément les postes de réserve sur lesquels les prélèvements sont effectués.

Hors le cas de réduction de capital, aucune distribution ne peut être faite à l'associé unique ou aux associés lorsque les capitaux propres sont ou deviendraient, à la suite de celle-ci, inférieurs au montant du capital augmenté des réserves que la loi ou les statuts ne permettent pas de distribuer. L'écart de réévaluation n'est pas distribuable. Il peut être incorporé en tout ou partie du capital.

Les pertes, s'il en existe, sont, après l'approbation des comptes par l'associé unique ou la collectivité des associés, reportées à nouveau pour être imputées sur les bénéfices des exercices ultérieurs jusqu'à extinction.

MSM

ARTICLE 17
CONTESTATIONS

Toutes les contestations qui pourraient s'élever pendant la durée de la Société ou de sa liquidation, soit entre l'associé unique ou les associés et la Société, soit entre les associés eux-mêmes, à propos des affaires sociales, seront jugées conformément à la loi et soumises à la juridiction des tribunaux compétents.

ARTICLE 18

DESIGNATION DU PREMIER PRESIDENT

Est nommé premier Président de la Société, pour une durée illimitée.

Fabrice Toussaint,
Né le 22 septembre 1968 à LAXOU (54),
De nationalité française,
Demeurant 15 rue d'Arras 57600 Forbach (France).

Monsieur Fabrice Toussaint a déclaré accepter le mandat qui vient de lui être confié, et qu'il n'existe de son chef aucune incompatibilité ni aucune interdiction à cette nomination.

154

ARTICLE 19

DESIGNATION DES COMMISSAIRES AUX COMPTES

Sont nommés, pour les six premiers exercices sociaux :

- en qualité de commissaire aux comptes titulaire :

Audit Conseil Expertise S.A. - Membre de PKF International
dont le siège social est situé 46, rue Paul Valéry - 75016 PARIS
- en qualité de commissaire aux comptes suppléant :

Jean-Norbert Muselier
demeurant 71, chemin Charmasson - 13016 MARSEILLE

Audit Conseil Expertise S.A. ainsi que Jean-Norbert Muselier ont déclaré, chacun en ce qui le concerne, accepter le mandat qui vient de lui être conféré et qu'il n'existe de son chef aucune incompatibilité ni interdiction à cette nomination.

Leur mandat viendra à expiration à l'issue de la décision de l'associé unique ou des associés qui sera appelée à statuer sur les comptes du sixième exercice social.

Leur rémunération sera fixée conformément aux dispositions réglementaires en vigueur.

ARTICLE 20

JOUISSANCE DE LA PERSONNALITE MORALE

REPRISE DES ENGAGEMENTS ANTERIEURS A LA SIGNATURE DES STATUTS

ET A L'IMMATRICULATION DE LA SOCIETE AU REGISTRE DU COMMERCE ET DES SOCIETES

La Société ne jouira de la personnalité morale qu'à compter du jour de son immatriculation au Registre du Commerce et des Sociétés.

Toutefois, il a été accompli, dès avant ce jour, pour le compte de la Société en formation, les actes énoncés dans un état annexe N° I, indiquant pour chacun d'eux l'engagement qui en résulterait pour la Société.

Cet état, dressé par la société European Gas Limited représentée par Anthony John McClure, soussigné, a été déposé le même jour au lieu du futur siège social, soit trois jours au moins avant la signature des présents statuts, à la disposition du futur associé qui a pu en prendre connaissance, ainsi que le soussigné le reconnaît. Cet état demeurera annexé aux présentes.

154

L'immatriculation de la Société emportera de plein droit reprise par elle desdits engagements figurant dans les deux états ci-dessus mentionnés.

ARTICLE 21

PUBLICITE

En vue d'accomplir la publicité relative à la constitution de la Société, tous pouvoirs sont donnés à Fabrice Toussaint:

- à l'effet de signer et de faire publier l'avis de constitution dans un journal d'annonces légales dans le département du siège social,
- à l'effet de procéder à toutes formalités en vue de l'immatriculation de la Société au Registre du Commerce et des Sociétés,

et généralement, au porteur d'un original ou d'une copie des présents statuts pour faire les formalités prescrites par la loi.



Fait à Paris
Le 20 novembre 2007
en autant d'exemplaires
que requis par la loi



N° de gestion 2021B00672

Extrait Kbis

EXTRAIT D'IMMATRICULATION PRINCIPALE AU REGISTRE DU COMMERCE ET DES SOCIÉTÉS
à jour au 26 septembre 2022

IDENTIFICATION DE LA PERSONNE MORALE

<i>Immatriculation au RCS, numéro</i>	501 152 193 R.C.S. Metz
<i>Date d'immatriculation</i>	27/04/2021
<i>Transfert du</i>	R.C.S. de Sarreguemines
<i>Date d'immatriculation d'origine</i>	01/02/2010
<i>Dénomination ou raison sociale</i>	LA FRANCAISE DE L'ENERGIE
<i>Forme juridique</i>	Société anonyme à conseil d'administration
<i>Capital social</i>	5 172 813,00 Euros
<i>Adresse du siège</i>	avenue du District ZAC de Pontpierre 57380 Pontpierre
<i>Activités principales</i>	Recherche de gisements de gaz de pétrole et de tous produits combustibles et minerais et holding
<i>Durée de la personne morale</i>	Jusqu'au 26/11/2106
<i>Date de clôture de l'exercice social</i>	30 juin

GESTION, DIRECTION, ADMINISTRATION, CONTRÔLE, ASSOCIÉS OU MEMBRES

Directeur général

<i>Nom, prénoms</i>	FORCINAL Antoine
<i>Date et lieu de naissance</i>	Le 10/03/1982 à MONT ST AIGNAN (76)
<i>Nationalité</i>	FRANCAISE
<i>Domicile personnel</i>	48 rue Charles-quin LUXEMBOURG (LUXEMBOURG)

Administrateur

<i>Nom, prénoms</i>	CHARLIER Christophe
<i>Date et lieu de naissance</i>	Le 24/04/1972 à CHATENAY MALABRY (92)
<i>Nationalité</i>	FRANCAISE
<i>Domicile personnel</i>	27 route de Genève Rolle SUISSE (SUISSE)

Administrateur

<i>Nom, prénoms</i>	LIGER Alain
<i>Date et lieu de naissance</i>	Le 12/02/1951 à MONTEREAU FAULT YONNE (77)
<i>Nationalité</i>	FRANCAISE
<i>Domicile personnel</i>	152 rue Mathieu Laurens 34000 Montpellier

Commissaire aux comptes titulaire

<i>Dénomination</i>	MAZARS SA
<i>Forme juridique</i>	Société anonyme
<i>Adresse</i>	1 rue des Arquebusiers 67000 Strasbourg
<i>Numéro et lieu d'immatriculation</i>	348 600 990

Commissaire aux comptes titulaire

<i>Dénomination</i>	BDO PARIS AUDIT & ADVISORY
<i>Forme juridique</i>	Société à responsabilité limitée
<i>Adresse</i>	43-47 avenue de la Grande Armée 75116 Paris 16
<i>Numéro et lieu d'immatriculation</i>	480 307 131

N° de gestion 2021B00672

Président du conseil d'administration

<i>Nom, prénoms</i>	MOULIN Julien
<i>Date et lieu de naissance</i>	Le 12/12/1977 à PARIS (75)
<i>Nationalité</i>	FRANCAISE
<i>Domicile personnel</i>	SW7 4 AA 56 Gloucester Road Londres (ROYAUME-UNI)

RENSEIGNEMENTS RELATIFS A L'ACTIVITE ET A L'ETABLISSEMENT PRINCIPAL

<i>Adresse de l'établissement</i>	avenue du District ZAC de Pontpierre 57380 Pontpierre
<i>Activité(s) exercée(s)</i>	Recherche de gisements de gaz de pétrole et de tous produits combustibles et minerais et holding
<i>Date de commencement d'activité</i>	07/12/2020
<i>Origine du fonds ou de l'activité</i>	Transfert d'établissement (origine hors ressort) Transfert d'établissement (origine hors ressort) - de 1 Avenue Saint Rémy 57600 FORBACH à Avenue du District - ZAC de PONTPIERRE 57380 PONTPIERRE
<i>Mode d'exploitation</i>	Exploitation directe

OBSERVATIONS ET RENSEIGNEMENTS COMPLEMENTAIRES

- *Mention* Précédemment immatriculée au RCS de SARREGUEMINES

Le Greffier



FIN DE L'EXTRAIT

Après en avoir délibéré, le conseil d'administration décide, à l'unanimité des administrateurs présents et représentés, d'opter pour le cumul des fonctions de Président du conseil d'administration et de Directeur général.

QUATRIEME DECISION

Nomination du Président-directeur général du Conseil d'administration

Le président de séance indique que les administrateurs doivent procéder à la nomination du Président-directeur général de la Société. Le président de séance rappelle que, conformément à la réglementation et aux statuts de la Société, le Président-directeur général doit être une personne physique.

Il est proposé que M. Julien Moulin, qui exerçait la fonction de Président de la Société dans sa forme société par actions simplifiée, soit nommé en qualité de Président-Directeur général.

Après en avoir délibéré, le conseil d'administration décide, à l'unanimité des administrateurs présents et représentés, Monsieur Julien Moulin s'abstenant de prendre part au vote, de nommer :

- **M. Julien Moulin** né le 12 décembre 1977 à Paris 14^{ème}, de nationalité française, demeurant 40G Cornwall Gardens, SW74AA, Londres (Royaume Uni),

en qualité de Président-directeur général de la Société. Ce mandat aura la même durée que celle de son mandat d'administrateur.

M. Julien Moulin, Président-directeur général, représentera le conseil d'administration de la Société et assumera sous sa responsabilité, la direction générale de la Société (sous sa forme de société anonyme).

A ce titre et conformément à la loi, il disposera des pouvoirs les plus étendus pour représenter la Société, contracter en son nom et l'engager pour tous les actes et opérations entrant dans son objet social, sous réserve des pouvoirs que la loi ou les statuts attribuent expressément aux assemblées d'actionnaires, au conseil d'administration et à ses comités.

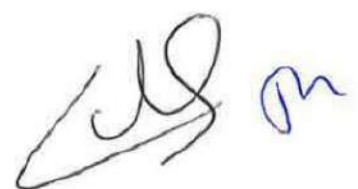
CINQUIEME DECISION

Nomination du Directeur général délégué de la Société

Le Président indique que les administrateurs doivent procéder à la nomination du Directeur-général délégué de la Société. Le Président rappelle que, conformément à la réglementation et aux statuts de la Société, le Directeur Général doit être une personne physique.

Monsieur Julien Moulin, en qualité de Président-directeur général, propose que soit nommé en qualité de Directeur général délégué M. Antoine Forcinal, qui exerce actuellement les fonctions de directeur des opérations de la Société.

Après en avoir délibéré, le conseil d'administration décide, à l'unanimité des administrateurs présents et représentés, de nommer :





Demande d'octroi d'un Permis Exclusif de Recherches de Mines dit « Permis des Trois-Évêchés »

Pièce N°2 : Mémoire technique

Document associé à l'article 4 de l'Arrêté du 28 juillet 1995

Demande de PER M dit « Permis des Trois-Évêchés »

Table des matières

Glossaire et abréviations	5
Avant-propos	6
1 Introduction	7
2 Etat des connaissances sur l'hydrogène naturel	8
3 Le bassin houiller lorrain	9
3.1 Description générale	9
3.2 Contexte géologique	10
4 Travaux réalisés dans le périmètre du permis sollicité	13
4.1 Historique de l'exploitation minière	13
4.2 Historique du CBM (coal bed methane) en Lorraine	13
4.3 Etudes justifiant la définition du périmètre sollicité	15
4.3.1 Etudes et données disponibles	15
4.3.2 Modèles géologiques réalisés par la Société	21
4.3.3 Etude globale de la zone Ouest du périmètre sollicité, dite « La Grande Garde »	25
4.3.4 Travaux de forages	26
4.3.5 Analyses de laboratoire.....	27
4.3.6 Certifications	30
4.3.7 Mesure d'hydrogène naturel dans le puits FOLS-1A - Projet Regalor	31
5 Justification du périmètre du permis de recherches sollicité	33
6 Un PER au cœur de l'écosystème H₂ du Grand Est	35
Bibliographie	38

Liste des figures

Figure 1 : Demande de permis M « des Trois-Évêchés » et permis H détenus ou demandés par FDE.....	7
Figure 2 : Schéma structural global du bassin houiller lorrain (Donsimoni, 1981)	9
Figure 3 : Carte paléo-structurale de la France au Carbonifère (Donsimoni, 1981)	10
Figure 4 : Colonne lithostratigraphique anté-Buntsandstein de la zone ouest du bassin lorrain (Moselle).....	12
Figure 5: Sondages CBM réalisés en Lorraine	14
Figure 6 : Répartition des puits de mines (HBL), forages pétroliers et puits FDE dans la région	16
Figure 7 : Exemple des données brutes de puits disponibles dans la zone	17
Figure 8 : Carte structurale de la veine de charbon 15 dans la zone de Folschviller.....	17
Figure 9: Plan de position des lignes sismiques	18
Figure 10 : Exemple de coupes sismiques (1954) numérisées	19
Figure 11: Carte géologique de la mine nord de Faulquemont (étage -1400m)	19
Figure 12 : Carte structural du bassin houiller lorrain, Donsimoni, 1981	20
Figure 13: Ecorché du Permien sur le bassin houiller (Donsimoni, 1981)	20
Figure 14 : corrélation des données de puits et modélisation associée.....	21
Figure 15 : Workflow type généralement utilisé pour la réalisation d'un modèle géologique 3D	21
Figure 16 : Limites des principaux modèles géologiques 3D réalisés	22
Figure 17 : Modèles géologiques 3D réalisés entre 2012 et 2015.....	23
Figure 18 : Modèle géologique 3D de la « zone projet » sous les dépôts du Permien (Beicip, 2015)	23
Figure 19 : Vue 3D du modèle « Bleue Lorraine » (Sud Longeville).....	24
Figure 20 : Modèle volumétrique de base créé sur la zone de concession	24
Figure 21 : Carte de prospectivité régionale des charbons.....	25
Figure 22 : Analyse des fractures (a) exemple de fracturation dans un échantillon ; (b) exemple d'organisation des fractures en deux familles sub-perpendiculaires.....	29

Figure 23 : Système de fractures naturelles visualisé en 3D (veine 11 du puits de TRIT-1 à gauche ; veine 15 du puits de CBR-1 à droite).....	30
Figure 24 : Dispositif de mesures installé sur le puits FOLS-1A (source : Regalor)	32
Figure 25: Corrélation des veines de charbons sur les puits FDE.....	34
Figure 26 : Délimitation du permis de recherches M « des Trois-Évêchés ».....	35
Figure 27 : Situation de la demande de permis « des Trois-Évêchés » dans l'écosystème H ₂ du Grand Est (source : Grand Est, janvier 2023)	36
Figure 28 : Projet de réseau de transport d'H ₂ MosaHYc (source : Grande Region Hydrogen, 2023)	36

Liste des tableaux

Tableau 1 : Récapitulatif des forages FDE.....	27
Tableau 2 : compositions du gaz sur les puits FOLS-1A et CBR-1	28

Glossaire et abréviations

- BRGM : Bureau de Recherche Géologique et Minières
- CBM : “Coal Bed Methane”, désignation internationale du gaz de charbon
- Cleat : désigne une famille de fractures naturelles présentes dans le charbon, souvent parallèle à la direction de contrainte maximale
- CNRS : Centre National de la Recherche Scientifique
- CT scan : Computed tomography, imagerie par tomographie
- Eclipse : Logiciel de modélisation et de simulation réservoir, propriété de la compagnie Schlumberger
- EGL : European Gas Limited
- Formation (géologique ou lithostratigraphique) : Désigne un ensemble de strates regroupées sur la base de leur lithologie et de leurs relations spatiales et temporelles (stratigraphie)
- Gamma Ray : Diagraphie de puits qui sert à mesurer la radioactivité naturelle des formations traversées
- GPCI : Geneva Petroleum Consultant International
- H₂ : Hydrogène
- HBL : Houillères du Bassin de Lorraine
- IFP EN : Institut Français de Pétrole et des énergies nouvelles
- LAS : Log ASCII Standard
- FDE : La Française de l'Énergie
- mD : Millidarcy, unité de la perméabilité nommée après le scientifique Henry Darcy
- PERH : Permis exclusif de recherche d'hydrocarbures
- PERM : Permis exclusif de recherche de mines
- Petrel : logiciel de modélisation géologique 3D, propriété de la compagnie Schlumberger
- RCAL : “Routine core Analysis”, Analyses standard sur carottes effectuées en laboratoire
- SCAL : “Special core Analysis”, Analyses spéciales sur carottes effectuées en laboratoire
- SNPA : Société nationale des pétroles d'Aquitaine
- SPE : “Society of Petroleum Engineers”

Avant-propos

La société FDE présente une demande de permis exclusif de recherches de mines dit « Permis des Trois-Évêchés », en application des dispositions de l'Arrêté du 28 juillet 1995 et du décret 2006-648 du 2 juin 2006 relatifs aux titres miniers. La présente pièce n°2 de la demande de permis correspond au mémoire technique tel que défini dans l'Article 4 de l'arrêté du 28 juillet 1995. Il a pour objectif de justifier les limites du permis sollicité compte tenu de la constitution géologique de la zone et des résultats des travaux et études réalisées.

1 Introduction

Le permis sollicité est situé dans le bassin houiller lorrain dont le charbon a été activement exploité pendant plus d'un siècle et demi. Ce bassin a fait l'objet de nombreux travaux de recherches (forages, acquisitions sismiques, modèles géologiques 3D, etc.), pour l'exploitation du charbon dans un premier temps puis, plus récemment, pour l'exploitation du gaz de couche de charbon.

Dans ce cadre, en 2002, la société britannique nommée Heritage Petroleum plc a demandé plusieurs permis exclusifs de recherches en Lorraine et, avant leur attribution à la fin de 2004, s'est associée à European Gas Limited (EGL) pour les explorer. En 2007, EGL fait l'acquisition de la totalité des actions d'Heritage Petroleum, puis dépose plusieurs demandes de permis de recherches (Figure 1) et réalise dans les années qui suivent des sondages de reconnaissance verticaux (DIEB-S1, FOLS-1A), ainsi que trois puits déviés multi-drains dans des couches de charbons (FOLS-2, TRIT-1, CBR-1) ; une première en Europe de l'Ouest. Les architectures de ces derniers sont innovantes et adaptées pour l'exploitation du gaz de couche de charbon en Lorraine, contrairement aux travaux réalisés dans les années 90.

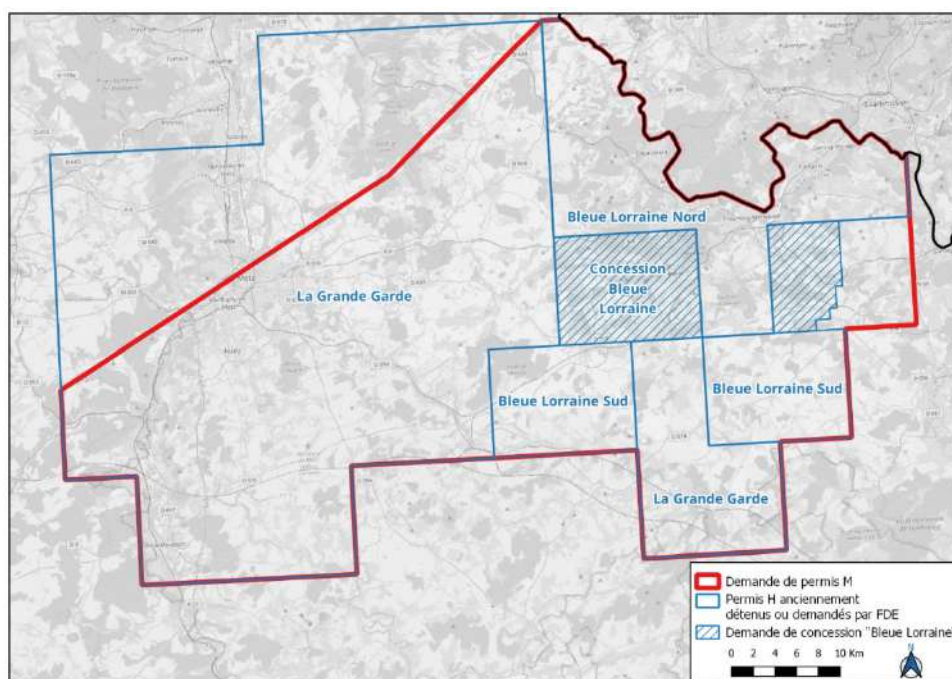


Figure 1 : Demande de permis M « des Trois-Évêchés » et permis H détenus ou demandés par FDE

EGL, devenu La Française de l'Énergie (FDE) en 2015, a ensuite demandé d'autres permis exclusifs de recherches en Lorraine afin de consolider les objets géologiques reconnus et interprétés sur le permis *Bleue Lorraine*, et renforcer son positionnement en tant qu'acteur spécialiste du gaz de couche de charbon. CBR-1, le dernier forage réalisé par la société en 2017, est un puits multi-drains qui a bénéficié des retours d'expérience des forages précédents et a permis de produire en continue, pendant plus de 30 semaines, du gaz composé à plus de 90% de méthane.

En 2022, dans le cadre du projet de recherches Regalor mené en collaboration avec l'Université de Lorraine et le CNRS, un programme innovant de mesures déployé sur le puits FOLS-1A a permis de quantifier avec précision d'importantes concentrations d'hydrogène (H₂) naturel (dit « hydrogène blanc ») dissout dans l'aquifère du Carbonifère lorrain. Ces concentrations permettent à FDE d'envisager une future exploitation commerciale d'hydrogène naturel dans le bassin houiller lorrain, zone qu'elle a d'ores et déjà largement étudié dans le cadre de ces travaux menés depuis 2004 pour l'exploitation du gaz de couche charbon.

Ainsi, FDE souhaite obtenir un permis de recherches de mines pour l'hydrogène naturel et les substances connexes, correspondant en grande partie aux surfaces des permis qu'elle a demandé et/ou obtenu (Figure 1) et sur lesquelles elle a d'ores et déjà réalisé de nombreux travaux et études géologiques (cf. §4).

Les paragraphes qui suivent présentent l'état des connaissances actuelles relatives à la formation de l'hydrogène naturel, les caractéristiques géologiques du bassin houiller lorrain, ainsi que les travaux réalisés à ce jour par FDE justifiant la délimitation du périmètre du permis sollicité.

2 Etat des connaissances sur l'hydrogène naturel

Les travaux réalisés ces dernières années marquent le début d'un changement de paradigme pour l'hydrogène naturel (Martinez et al., 2019). Alors qu'il était considéré autrefois que la présence d'hydrogène naturel était anecdotique et confinée à des environnements très spécifiques, les travaux récents des chercheurs ont démontré, au contraire, que sa présence dans le milieu naturel est très fréquente, en quantité non négligeable.

Tout a commencé avec la découverte de fumée le long des fonds marins et des dorsales médio-océaniques dans les années 1970 (« fumeurs noirs » ou « fumeurs blancs », Welhan et Craig, 1979) qui a incité la communauté scientifique à s'intéresser à la composition et au potentiel de ce gaz et essayer de comprendre sa genèse. En effet, la présence de systèmes volcaniques induit une circulation hydrothermale et, à haute température, met en contact l'eau de mer avec des roches réduites du manteau terrestre, les péridotites. Ces roches s'oxydent au contact de l'eau de mer et produisent de l'hydrogène lorsqu'elles sont réduites : l'oxydation des minéraux riches en Fe^{2+} dans ces roches réduit l'eau pour produire de l' H_2 . Ce processus est bien documenté dans le contexte de la serpentinisation des péridotites au niveau des dorsales océaniques (Marcaillou et al., 2011 ; Charlou et al., 2002). Cependant, ces « fumeurs » ont l'inconvénient d'être généralement situés en eaux profondes, très éloignés des côtes.

Dans un contexte continental, d'autres environnements géologiques ont été étudiés, notamment les grands massifs terrestres de péridotite, exposés à des contextes tectoniques particuliers induisant leur altération par les eaux météoriques (Monnin et al., 2014 ; Chavagnac et al., 2013). Des flux d'hydrogène naturel ont été identifiés au niveau des ophiolites d'Oman, de Nouvelle-Calédonie, des Philippines et de Turquie (Vacquand et al., 2018 ; Deville et Prinzhofer, 2016), à l'ouest de la Russie (Larin et al., 2014), dans le golfe de la Caroline à l'est des États-Unis (Zgonnik et al., 2015), le Kansas (Guélard et al., 2017) et le Brésil (Prinzhofer et al., 2019).

Enfin, au Mali, de l'hydrogène naturel a été découvert par hasard dans un forage d'eau. Ce puits localisé à Bourakébougou (60 km au Nord-ouest de Bamako), qui produit de l' H_2 à 96 % de pureté, est en production depuis maintenant cinq ans. Cette découverte a démontré, entre autre, que la production d'hydrogène naturel à long terme est possible (Prinzhofer et al., 2018).

Il existe plusieurs processus impliqués dans la production d'hydrogène dans le milieu naturel :

- La radiolyse de l'eau, c'est-à-dire la dissociation des molécules d'eau sous l'action de la désintégration radioactive U, Th et K ;
- Le dégazage du magma ;
- Les réactions de l'eau sur les surfaces minérales lors des fractures minérales (cataclases) dans les failles tectoniques ;
- L'action hydrothermale ou conversion de minéraux riches en fer (avec oxydation de Fe^{2+} en Fe^{3+}) ;
- L'activité bactérienne souterraine.

Dans le contexte océanique, les réactions d'altération des minéraux riches en fer ont été bien caractérisées et sont maintenant acceptées comme étant à l'origine de la production d' H_2 observée (Cannat et al., 2010 ; Worman et al., 2016).

Dans le contexte continental, dans les régions où la présence de roches mafiques/ultramafiques (présentes sur le fond marin) n'est à priori pas connue, la génération d'hydrogène est probablement due à l'hétérogénéité des formations présentes. Certains membres de la communauté scientifique pensent que l'altération est également le premier mécanisme abiotique capable de produire des flux d' H_2 significatifs à de grandes échelles spatiales, suivi de la radiolyse, qui superpose souvent l'altération aux roches précambriennes et à la croûte continentale (Sherwood Lollar et al., 2014). De multiples lithofaciès et faciès minéraux ont été invoqués comme dans le cas, par exemple, des intrusions granitiques alcalines de Lovozero, Khibiny (péninsule de Kola, Russie), Ilimaussaq (Groenland) et Strange Lake (Canada) (Potter et al., 2013). Il est également possible qu'un granite fortement alcalin, comme celui identifié au Kansas, soit responsable de la forte production d' H_2 dans cette région (Guélard, 2017). Au Mali, la roche mère n'est pas encore identifiée.

Au niveau des bassins sédimentaires, il existe plusieurs sources potentielles d'hydrogène comme par exemple certains carbonates riches en fer (sidérite : $FeCO_3$, Milesi et al., 2015) ou bien la décomposition prématurée de la matière organique. Dans ces contextes, l'estimation des flux globaux pertinents n'est

pas simple, car les points d'émission ne sont pas facilement identifiables comme dans les contextes marins, contrairement aux fumeurs. Néanmoins, des mesures ponctuelles dans certaines zones productives ont pu montrer des flux allant de 600 kg/jour (Brésil : Prinzhofer et al., 2019) jusqu'à 2400 kg/jour (Moscou/Verevskoye, Larin et al., 2014). A noter que ces processus d'altération abiotique et de réaction fluide/roche entrent également en concurrence avec de nombreux mécanismes biologiques souterrains qui peuvent consommer l'H₂ produit lors de la méthanogenèse ou contribuer directement ou indirectement à la production d'H₂.

Les études et travaux réalisés par FDE dans le bassin minier lorrain dans le cadre de d'exploration/production de gaz de couche de charbon - présentés dans les parties suivantes - peuvent être utilisés pour identifier les zones géologiquement favorables pour la formation d'hydrogène naturel, dans la continuité de la découverte réalisée dans le puits FOLS-1A en 2022 (cf. §4.3.7).

3 Le bassin houiller lorrain

3.1 Description générale

Le bassin houiller lorrain date du Carbonifère (300 Millions d'années). Il s'étend de la Sarre Allemande, où le charbon affleure, jusqu'en Meuse, où des séries charbonneuses ont été reconnues à plus de 1100 m de profondeur verticale (Forage de Gironville, SNPA, 1963).

Le bassin s'étend sur une superficie d'environ 140 km de long pour 70 à 80 km de large (Figure 2). Il est limité au Nord par la faille de Metz jusqu'au saillant de Saint-Mihiel. Sa limite Sud, déduite à la fois des données de géophysique et de forages, peut être tracée avec plus de précision ; elle correspond à une ligne passant approximativement par Gironcourt et Sarrebourg, proche de la faille de Vittel. Enfin, sa limite occidentale coïncide avec le grand accident de la vallée de la Marne connu en surface et confirmé par la gravimétrie.

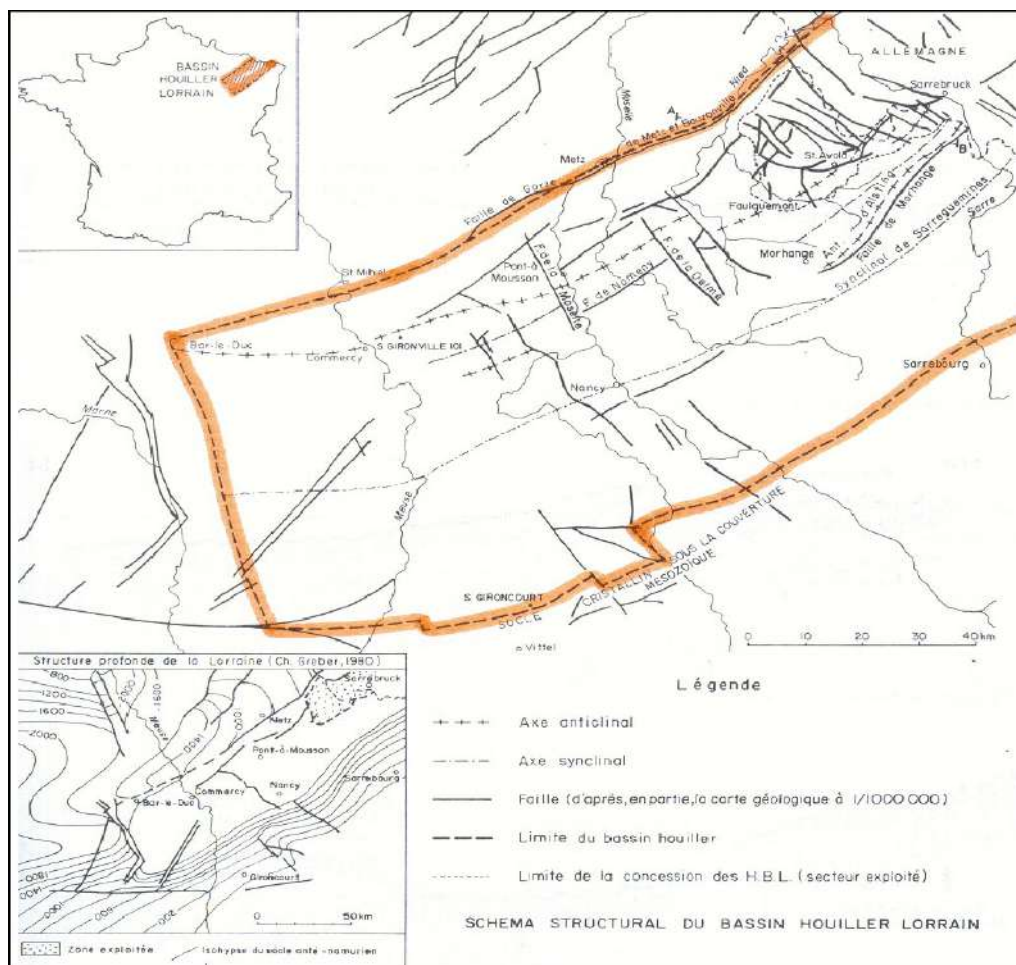


Figure 2 : Schéma structural global du bassin houiller lorrain (Donsimoni, 1981)

Le charbon lorrain, composé essentiellement de houille (flambants et gras), était reconnu pour ses excellentes propriétés pétrophysiques (bonne maturité, faible taux de cendres, haut pouvoir calorifique), l'épaisseur pluri-métrique des veines, mais aussi par la présence du grisou qui causa de nombreux accidents au cours des activités minières.

3.2 Contexte géologique

Le bassin sarro-lorrain, tel qu'appelé dans son ensemble, s'est superposé à la zone cristalline externe dévonienne (dite « Mittel Deutsche Schwelle ») qui borde la zone interne de la chaîne hercynienne, avec le massif des Vosges comme témoin. Ce bassin est séparé de l'avant pays nord hercynien par la zone rhéno-hercynienne représentée par le massif du Hunsrück et le massif des Ardennes (Figure 3).

Les terrains houillers du Carbonifère sont définis en Lorraine par le Westphalien et le Stéphanien (Figure 4). Ils présentent une structure fortement plissée et faillée, formant de grands anticlinaux et synclinaux, orientés nord-est / sud-ouest, c'est-à-dire parallèlement à l'axe Sarrebruck – Freyming Merlebach – Saint-Avold. Ces déformations sont les conséquences de l'orogénèse hercynienne. Ils sont coiffés par le Permien qui repose en discordance angulaire, lui-même surmonté par les formations du Secondaire.

Au début du Carbonifère Supérieur, la zone cristalline externe, du fait d'un comportement subsident (enfoncement progressif du substratum), s'est transformée en une vaste dépression intra-montagneuse de type « pull-apart », à sédimentation molassique limno-fluviale, entre les Vosges au Sud et le Hunsrück au Nord. Les séries houillères du Westphalien et du Stéphanien s'y sont développées sur une période d'environ 30 millions d'années (de -320 à -290), et sur une épaisseur de plusieurs milliers de mètres.

Cet apport de matériaux était constitué de sédiments provenant de l'érosion des massifs montagneux bordant le bassin, les Vosges au Sud et Hunsrück au Nord. L'érosion lente a permis le dépôt de matériaux fins, d'argiles et de grès fins. Ils sont alternés avec des épisodes torrentiels qui ont déposé des matériaux nettement plus grossiers, tels que les bancs de conglomérats qui alternent avec les niveaux argilo-charbonneux.

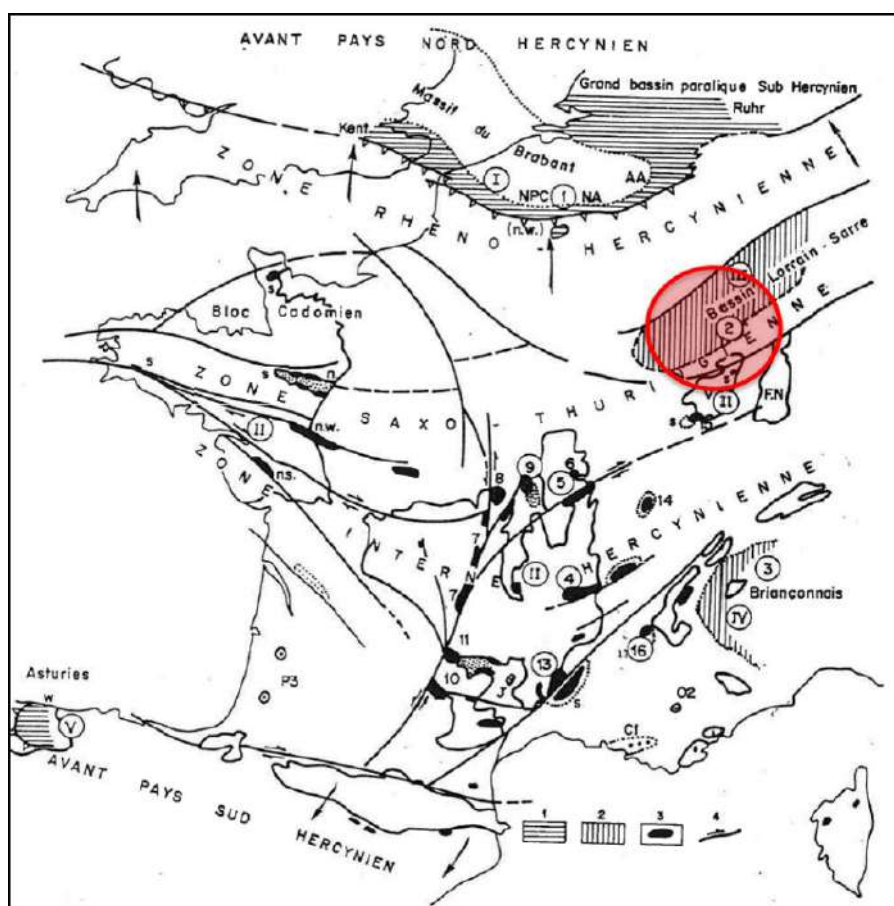


Figure 3 : Carte paléo-structurale de la France au Carbonifère (Donsimoni, 1981)

Des forêts se développèrent sur les terrains émergés, semblables à de vastes ensembles marécageux. Les battements du niveau de l'eau se sont superposés au phénomène général de subsidence et ont conduit à la formation de puissantes séries houillères, de couleur dominante grise, où alternent les couches de charbon de quelques centimètres à plusieurs mètres d'épaisseur, avec les sédiments stériles argileux, gréseux ou conglomératiques.

Durant l'âge Stéphanien, le remplissage du bassin s'est poursuivi sous un régime de lac plus profond, nettement plus pauvre en couches de charbon, mais permettant encore l'accumulation de plus de 1500 mètres de sédiments, plus fins et à dominante argileuse. Le lac s'est comblé peu à peu du côté français, et la sédimentation s'est poursuivie en Allemagne jusqu'à la fin de l'Autunien (Permien Inférieur), où la subsidence était toujours active.

L'ensemble de ces terrains a subi plusieurs phases de plissements dont la phase paroxysmale, qui a provoqué la formation des grands anticlinaux et synclinaux allongés Nord-Est / Sud-Ouest plongeant vers le Sud-Ouest : se manifestent ainsi l'anticlinal de Merlebach, le synclinal de Marienau, l'anticlinal de Simon-Cocheren et plus à l'Est l'anticlinal d'Alsting, reconnu par les reconnaissances géophysiques menées par les compagnies pétrolières. Cette grande phase tectonique paroxysmale est appelée la phase saalienne, dernier évènement majeur de l'orogénèse hercynienne.

Pendant le Permien, une importante distension a remodelé le bassin : les failles majeures d'axe Est-Ouest ont rejoué en failles normales, dont les rejets peuvent varier de plusieurs centaines de mètres. Cet évènement s'est poursuivi jusqu'au Saxonien, qui a enregistré des sédimentations différentielles sur les failles ayant rejouées (sédimentation syntectonique).

A la même époque, une puissante érosion due à un régime torrentiel particulièrement violent, qui dura plusieurs millions d'années, a érodé et transformé l'ensemble du paysage du grand Est lorrain en une vaste pénéplaine. Ce nouveau régime sédimentaire a permis le dépôt variable (de quelques mètres à plusieurs dizaines de mètres) de galets et de sables plus ou moins grossiers, qui donnèrent naissance au conglomérat très résistant du Permien saxonien, formant à l'heure actuelle une « dalle », étanche d'un point de vue sédimentaire, entre l'aquifère triasique et le houiller.

Le régime fluvial qui s'est mis en place à la fin du Permien et au Trias Inférieur, nettement plus calme, a déposé une importante couche de sable (200 à 250 m environ), bien calibré, de couleur rouge à ocre, plus ou moins ferrugineux avec quelques minces couches d'argiles qui témoignent d'épisodes de crues. Il est devenu par la suite l'aquifère régional alimentant les ressources en eau potable de la région.

L'étude stratigraphique sur le Westphalien a démontré que le bassin a connu différentes sédimentations progradantes, liée à l'eustatisme du bassin, et délimité par les différents faisceaux : Steinbesch, Tritteling, Laudrefang, Conglomérats de Merlebach, etc.

Ces faisceaux voient donc leur sédimentation varier au cours de l'évolution du bassin. On dénote ainsi des périodes calmes, marquées par des dépôts argileux et charbonneux, contrastant avec des régimes fluviaux voire torrentiels, caractérisés par des dépôts à hautes énergies comme du grès ou conglomérat, qui ont tendance à éroder les couches sous-jacentes.

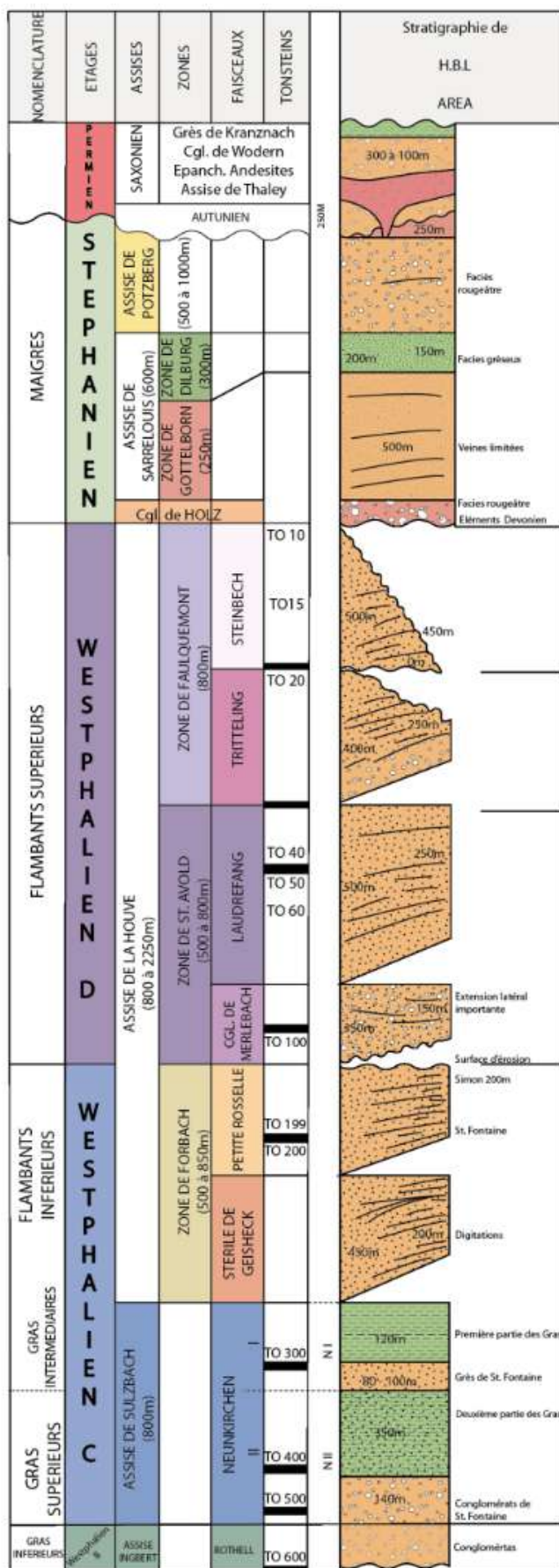


Figure 4 : Colonne lithostratigraphique anté-Buntsandstein de la zone ouest du bassin lorrain (Moselle)

4 Travaux réalisés dans le périmètre du permis sollicité

4.1 Historique de l'exploitation minière

Le bassin a fait l'objet d'une intense exploitation industrielle minière à partir de la deuxième moitié du XIX^{ème} siècle, jusqu'en 2004. La perte du bassin de la Sarre en 1815, où le charbon affleurant était déjà exploité, a entraîné la recherche du prolongement de ce gisement en territoire français dès 1816. D'importantes difficultés techniques et financières expliquent que l'exploitation du bassin lorrain n'a démarré véritablement qu'après 1850, aux alentours de Forbach. La région, annexée par l'Allemagne de 1870 à 1918, a vu sa production se développer rapidement, notamment grâce à la modernisation des équipements. La production était alors d'environ 3 millions de tonnes par an.

La reconnaissance de l'extension Ouest du bassin Sarro-Lorrain a été initiée par les allemands avant la première guerre mondiale où des formations charbonneuses ont été identifiées à l'Ouest des exploitations minières dans la zone d'Arriance et Boulay. Parallèlement, du côté français, des sondages de reconnaissance ont permis de découvrir des faisceaux charbonneux dans la zone de Pont-à-Mousson dès 1908.

L'exploitation a repris pendant l'Entre-deux-guerres, avec la réalisation de 318 sondages dans le but d'obtenir de nouvelles concessions. L'extension des concessions s'est développée principalement autour des gisements de Forbach, Merlebach et La Houve. Pendant la Deuxième Guerre mondiale, les houillères lorraines sont occupées par les troupes allemandes.

A partir de 1946, les premières années sont consacrées au dénoyage des puits, à la reconstruction, et à la modernisation des exploitations. L'essor de l'après-guerre conduit l'extension des exploitations vers le Sud-Ouest, matérialisée par les sièges de Faulquemont et Folschviller. La production dépassait alors 15 millions de tonnes par an. De nombreuses campagnes sismiques ont également été réalisées (recherches sur le sel, le charbon et les hydrocarbures) ; 340 km de lignes sont réparties sur le bassin et les différentes concessions minières. Ces campagnes ont notamment permis d'identifier une continuité des structures anticlinales de la zone minière vers l'ouest, jusqu'à la faille de la Marne, extension maximale du bassin à l'Ouest.

Le déclin du charbon commença à partir des années 1970, à cause notamment de la concurrence des nouvelles énergies telles que le gaz et le nucléaire. Ainsi, de nombreux blocs géologiques ont été identifiés pour l'industrie minière, mais leur exploitation n'a pas pu voir le jour. La dernière mine de Lorraine en activité, la Houve, ferma en 2004. La dernière mine du côté allemand, à Sarrelouis, ferma en 2012.

Au total, plus de 600 puits stratigraphiques miniers sont répertoriés sur le bassin lorrain. Beaucoup ont été carottés, et sont décrit avec suffisamment de détails pour être utilisés en modélisation 3D (cf. 4.3.2).

4.2 Historique du CBM (coal bed methane) en Lorraine

Dans les années 80 et 90, des sociétés américaines se sont intéressées au potentiel CBM (ou « gaz de couche de charbon ») du bassin et ont entrepris plusieurs sondages avec les techniques disponibles à l'époque (Figure 5) :

➤ WINDSOR et ENRON

1. FQT-1, Faulquemont-1, 1988, 1554 m, vertical ;
2. FVR-1, Folschviller-1, 1988, 899 m, vertical ;
3. VMT-1, Valmont-1, 1988, 1100 m, vertical ;
4. BNG-1, Bening-1, 1993, 1406 m, vertical ;
5. DBL-1, Deibling-1, 1993, 1311 m, vertical ;
6. FLT-1 et FLT-1A, Flérange-1, 1994, 1600 m, vertical.

Ces sociétés ont focalisé leurs recherches autour des concessions minières, mais aussi sur l'exploration de l'anticlinal d'Alsting à travers les sondages BNG-1 et DBL-1, jusqu'alors uniquement décelé par une acquisition gravimétrique à grande échelle dans les années 1980 (anomalie de Bouguer). La totalité de ces forages a rencontré les niveaux charbonneux ciblés. Des tests de pressions et de fracturation ont été mis en œuvre. Selon les rapports de fin de sondage encore disponibles, les résultats des tests sur ces puits verticaux n'ont pas donné de résultats probants : au regard des connaissances actuelles, ces

ouvrages n'ont pas été optimisés lors de leur réalisation et n'ont donc pas permis d'obtenir des résultats qualitatifs. Ces forages ont, comme la quasi-totalité dans la région, rencontré des pertes lors de la traversée du Buntsandstein. Ces zones fragiles n'ayant pas été isolées par un cuvelage intermédiaire, ces pertes de fluides se sont souvent poursuivies jusque dans le Carbonifère, et les tests n'ont pu être menés dans de bonnes conditions. De plus, la santé financière de la société ENRON à cette époque a définitivement mis un terme aux explorations lorraines.

➤ CONOCO

1. CMN-1, Chaumont-1, 1995, 1890 m, vertical ;
2. LRT-1, Lorette-1, 1995, 1843 m, vertical ;
3. SUY-1, Saulcy-1, 1994, 1999 m, vertical.

Cette société américaine a quant à elle recherché le potentiel gazeux dans le prolongement occidental supposé du bassin. Les forages LRT-1 et SUY-1 ont bel et bien rencontré du charbon, mais appartenant aux étages les plus matures (Westphalien C et B), directement en discordance sur le Trias. Le forage CMN-1 n'a quant à lui rencontré que du Westphalien pratiquement stérile en charbon : en effet, l'enfouissement à l'Ouest de la discordance permo-triasique sur le Carbonifère n'a permis de rencontrer le toit du Westphalien C qu'à partir de 1000 m de profondeur, soit deux fois plus profondément que les autres forages. Le Westphalien D a été complètement érodé, ce qui laisse présager que ce forage est situé sur un horst, ou bien proche de la charnière d'un anticlinal. CONOCO s'est par la suite détournée de cette ressource, préférant stratégiquement se concentrer sur d'autres réservoirs.

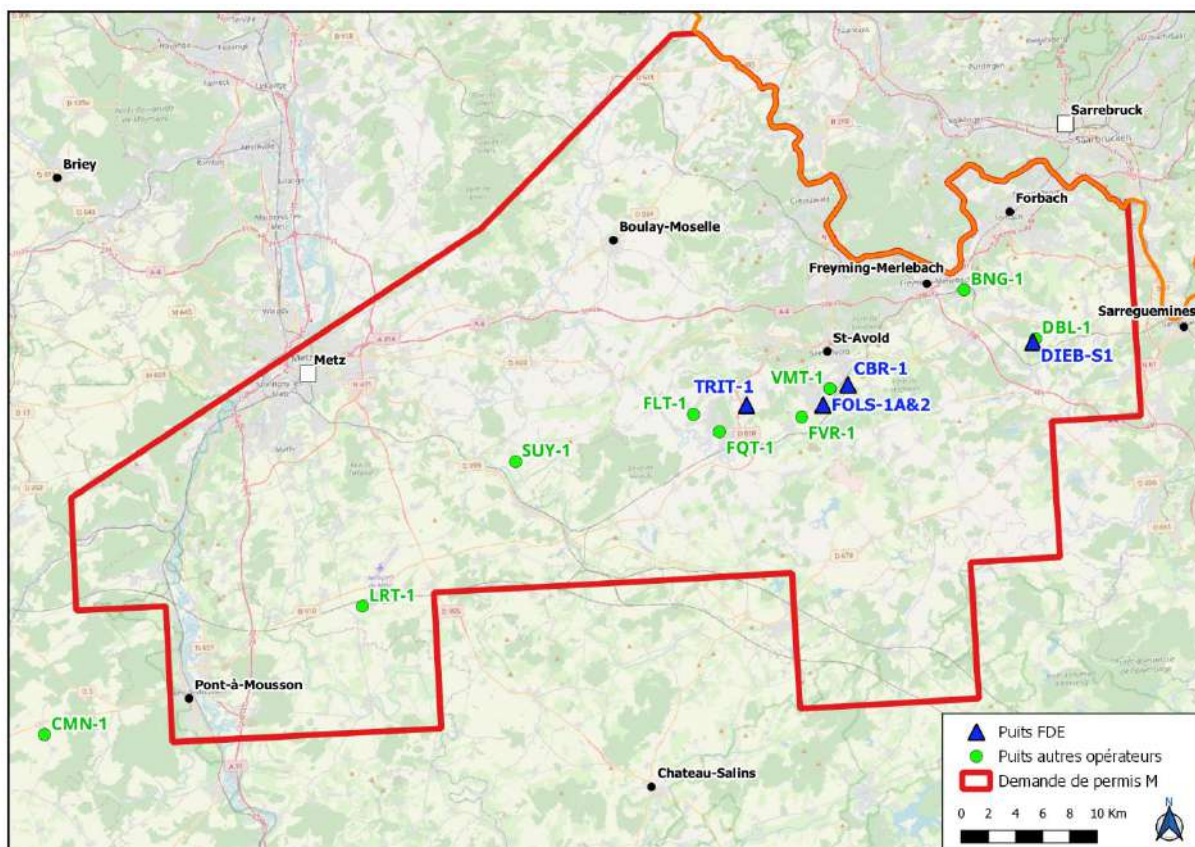


Figure 5: Sondages CBM réalisés en Lorraine

A noter que les carottes issues des trois forages CONOCO sont désormais conservées à la carothèque de FDE, à Pontpierre

➤ La Française de l'Énergie

FDE s'est engagée dans l'exploration du gaz de charbon à partir de 2004, et a entrepris le forage de plusieurs puits, verticaux et horizontaux, dont certains comprennent plusieurs drains. Par rapport à ces prédécesseurs, FDE a pu bénéficier de l'importante évolution technologique de ces deux dernières décennies, notamment en termes d'architecture de puits, de réalisation des drains latéraux et de performances des pompes, et de retours d'expériences. La société, s'appuyant également sur une

expertise plus aboutie, a engagé beaucoup d'études sur l'exploration du bassin, telles que la modélisation 3D, les analyses en laboratoire, le retraitement de lignes sismiques sur l'anticlinal d'Alsting et la réalisation de 5 forages.

Les forages réalisés par FDE sont les suivants :

- DIEB-S1, Diebling S-1, 2006, 1422 m, vertical;
- FOLS-1A et FOLS-2, Folschviller-1A et 2, 2007, 1306 m MD¹ et 1404 m MD, multilatéral ;
- TRIT-1, Tritteling-1, 2014, 1525 m MD, multilatéral ;
- CBR-1, Lachambre-1, 2017, 1967 m MD, multilatéral.

DIEB-S1 était un sondage d'exploration sur l'anticlinal d'Alsting. La récupération des carottes a permis de caractériser les charbons (teneur en gaz, perméabilité, fracturation naturelle, etc.) et d'établir avec plus de précision la stratigraphie de cette zone qui a pu être corrélée avec le bassin houiller.

FOLS-2 a été le premier puits à produire du gaz de charbon en France ; FOLS-1A était le puits stratigraphique, situé sur la même plateforme.

TRIT-1 totalise 6 km de longueur de forage, dont près de 3,5 km cumulés de latéraux répartis en quatre drains principaux déviés. Il a été le premier puits CBM d'Europe de l'Ouest à comporter autant de latéraux dans une couche de charbon (1,5 km de latéraux forés dans du charbon pur) ; il a par ailleurs démontré que les techniques de forage, de plus en plus avancées, peuvent permettre le forage de plusieurs drains latéraux à partir d'un même puits.

CBR-1 totalise 1,7 km cumulés de latéraux. D'une architecture améliorée par rapport aux précédentes campagnes, ce puits a permis une production continue de gaz pendant 31 semaines (53 semaines cumulées) en phase de test de production, avec un pic de production supérieur à 1'000 Nm³/j.

Une description plus précise des forages réalisés par la est présentée dans la partie 4.3.4.

4.3 Etudes justifiant la définition du périmètre sollicité

4.3.1 Etudes et données disponibles

Afin de connaître le sous-sol et d'exploiter le charbon, les Houillères du Bassin Lorrain (HBL) ont forés de nombreux puits dans la région dont les premiers sondages datent du XIX^{ème} siècle. Ces données ont été réutilisées par les compagnies pétrolières prospectant le CBM, qui ont à leur tour foré des puits avec des techniques modernes plus abouties.

Les données sont disponibles sous plusieurs formats :

- Données de puits et diagraphies (format image ou LAS) ;
- Cartes et coupes géologiques (format papier et format numérique en vecteur ou en raster) ;
- Profils et coupes sismiques (format papier et numérique) ;
- Travaux des mines : cartes, coupes, rapports (format papier ou numérique).

Plusieurs études sont également disponibles. La synthèse géologique du bassin lorrain, réalisée par Donsimoni en 1981, décrit le contexte structural et sédimentaire du bassin en synthétisant toutes les données disponibles à l'époque des Houillères du Bassin de Lorraine. Bien que de nouvelles acquisitions ont été réalisées depuis (lignes sismiques de 1982, forages récents), cet ouvrage constitue une référence majeure pour la compréhension du bassin et de son évolution au cours du temps.

En 1995, après la campagne de forage de CONOCO, la société a dressé un mémoire sur le potentiel CBM en France (CONOCO, 1995, « *The France CBM experience* »). Elle y décrit notamment les détails des opérations de forages et d'analyse laboratoire, et des propositions d'axes d'études.

En 2015, le projet indépendant « GazHouille », regroupant 10 laboratoires dont ceux de l'Université de Lorraine à Nancy, a publié un mémoire sur le projet d'exploitation du gaz de charbon en Lorraine et son intégration dans le territoire lorrain (Gazhouille, 2015, « *Le projet d'exploitation du gaz de charbon en Lorraine et son intégration dans le territoire* »). Il y décrit notamment les particularités pétrophysiques et structurales du bassin qui favorisent le développement d'un réseau de fractures naturelles dans les

¹ « *measured depth* » ou « *profondeur foreur* » : longueur mesurée le long du puits

terrains carbonifères, représentant un probable chemin de migration de l'hydrogène naturel, de sa zone de formation vers les aquifères du Carbonifère.

Suite au projet Gazhouille, le projet de recherches Regalor a été lancé en 2018, pour une durée de 4 ans. Ce projet porté par le laboratoire GeoRessources de l'Université de Lorraine et le CNRS, en partenariat avec FDE, est soutenu pour le Fonds Européen de Développement Régional et la Région Grand-Est. Dans ce cadre, 4 thèses et 4 post-doc ont été réalisés afin, notamment, de caractériser le contexte géologique régional du bassin houiller, et ses implications sur la formation et la distribution de la ressource gazière, ainsi que son exploitation. Les recherches menées au cours de ce projet ont permis d'identifier un potentiel en hydrogène naturel dans le puits FOLS-1A, et plus généralement sur l'ensemble du bassin minier lorrain (§4.3.7).

➤ Données de forage

La densité des puits de mines (forages HBL) délimite les zones où le charbon était le plus intéressant pour l'industrie minière, c'est-à-dire des veines de charbon de qualité, épaisses, et peu profondes. L'anticlinal de Merlebach, limite géologique et économique de l'industrie minière, est clairement reconnu par un axe Nord-Est / Sud-Ouest, passant de Faulquemont à Forbach, dont le plongement important de 30° vers le Sud-Est ne rend plus le charbon accessible, trop profond pour les technologies de l'époque.

Par ailleurs, une quarantaine de forages d'exploration de gaz et de pétrole a été forée sur le bassin houiller lorrain. Au total, plus de 600 puits ont été forés dans le périmètre du permis sollicité (Figure 6).

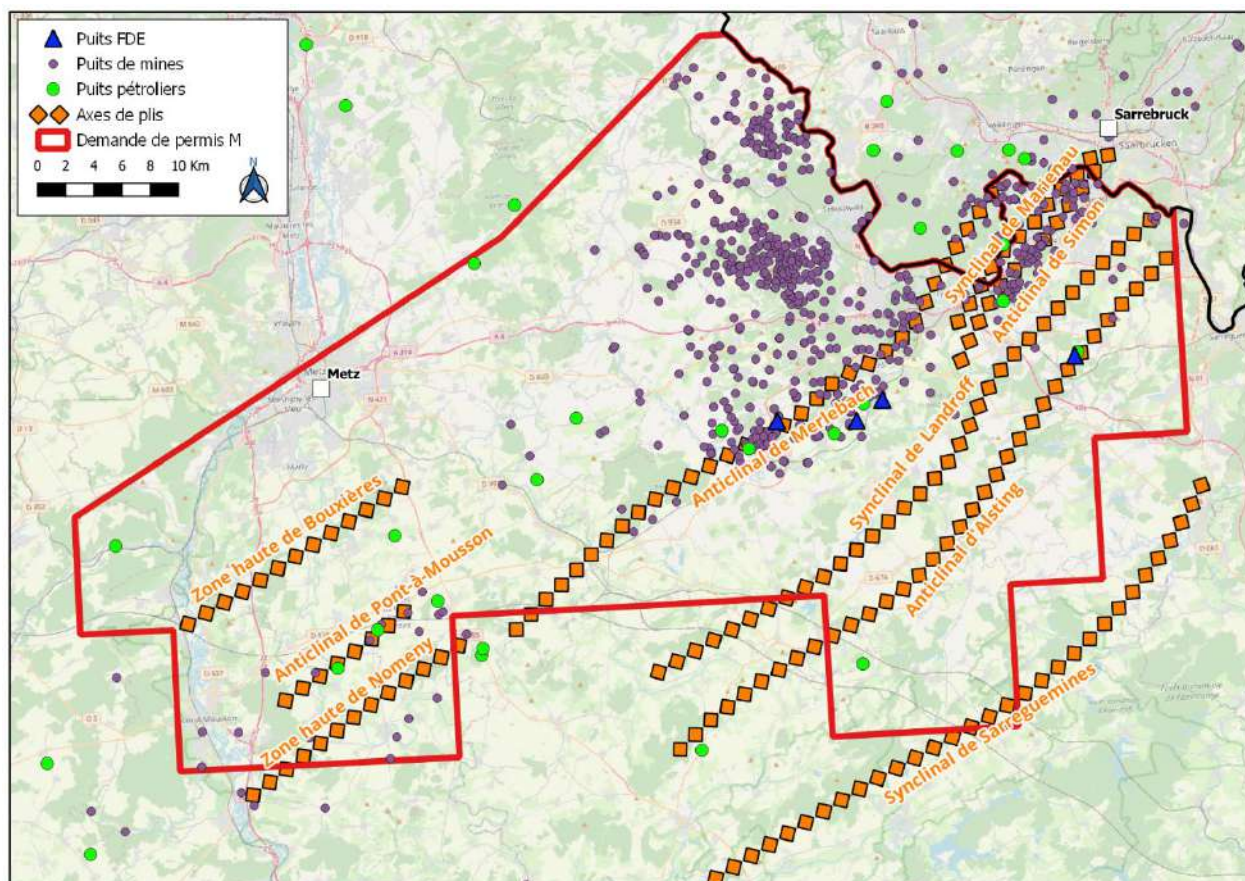


Figure 6 : Répartition des puits de mines (HBL), forages pétroliers et puits FDE dans la région

Les forages stratigraphiques des HBL comportent des logs lithologiques détaillés (Figure 7), souvent accompagnées d'études paléobotanique ou palynologique, et des rapports de forages. Ces données sont répertoriées et disponibles dans la Banque de données du Sous-Sol du BRGM. Les forages les plus récents, notamment les forages pétroliers, comportent en plus des informations numériques (majoritairement par une acquisition de diagraphies gamma ray, densité).

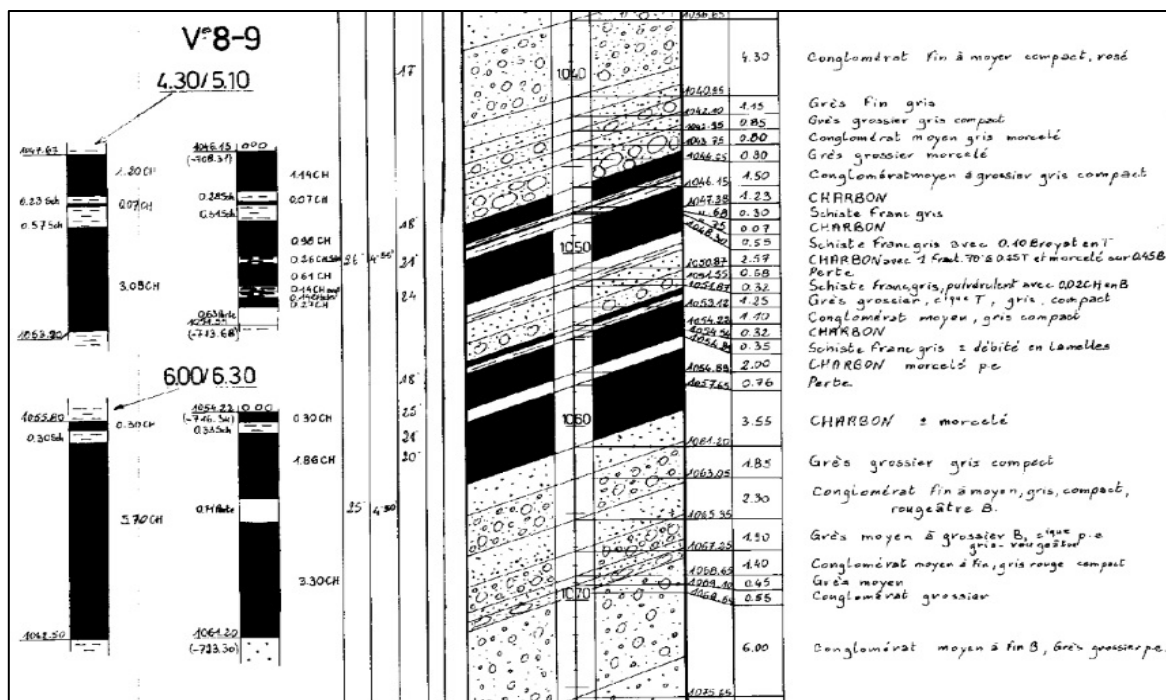


Figure 7 : Exemple des données brutes de puits disponibles dans la zone

Les forages FDE, plus récents, possèdent un ensemble de données plus complet (imageries de puits, densité porosité, sonique, résistivité, gamma ray).

➤ Données minières

Les plans de mines et les études associées (pendage géologique, épaisseur et variations latérales des veines, structurale) sont une source d'information très importante, précise, qui peut être exploitée et extrapolée aux environs. La Figure 8 est un exemple des données brutes disponibles. Elle présente l'exploitation de la veine 15 sur le siège de Folschviller, renseignant son épaisseur, son pendage et ses profondeurs, ses variations latérales, la présence des failles, les venues d'eau et de gaz observées.

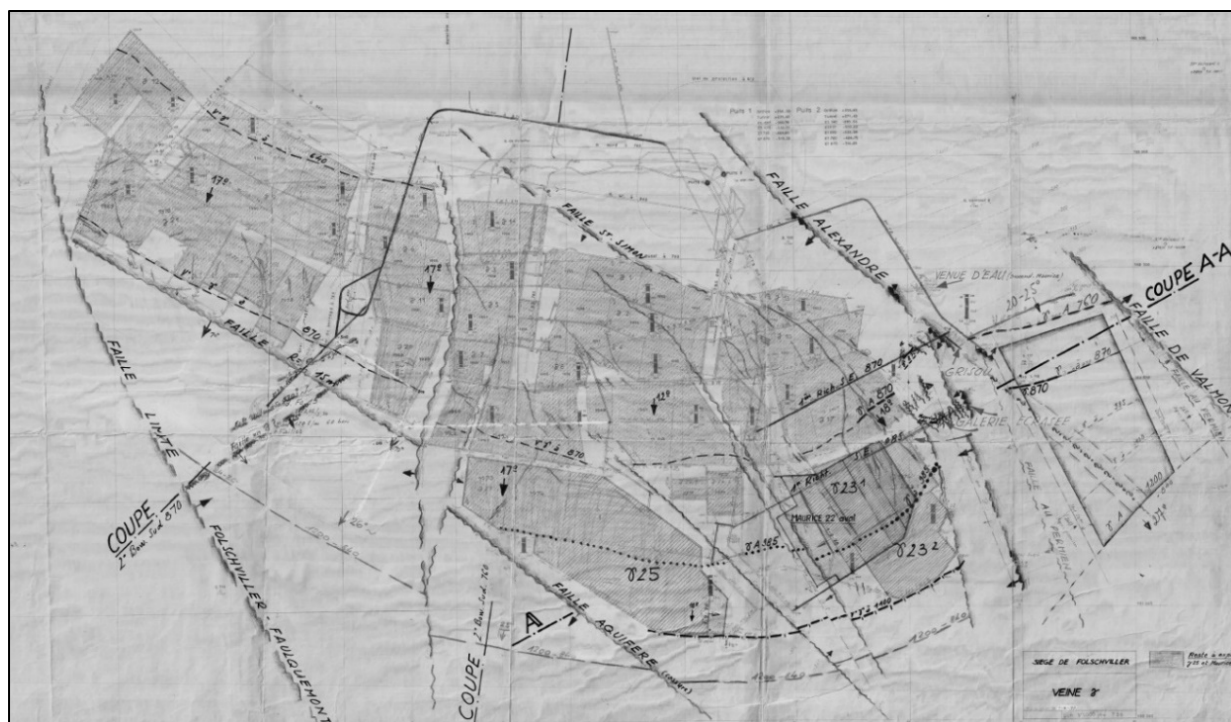


Figure 8 : Carte structurale de la veine de charbon 15 dans la zone de Folschviller

➤ Données sismiques

La quasi-totalité du périmètre du permis sollicité est couverte par des lignes sismiques.

Des lignes sismiques, tirées de 1954 à 1956 (Figure 9), ont mis en évidence les grands traits structuraux du bassin. De qualité limitée, il faudra attendre 1979 pour que de la sismique réflexion, plus précise, soit tirée, principalement axée sur les dernières zones exploitées ou en étude (secteur la Houve, Merlebach, Faulquemont et la partie Sud de l'anticlinal d'Alsting).

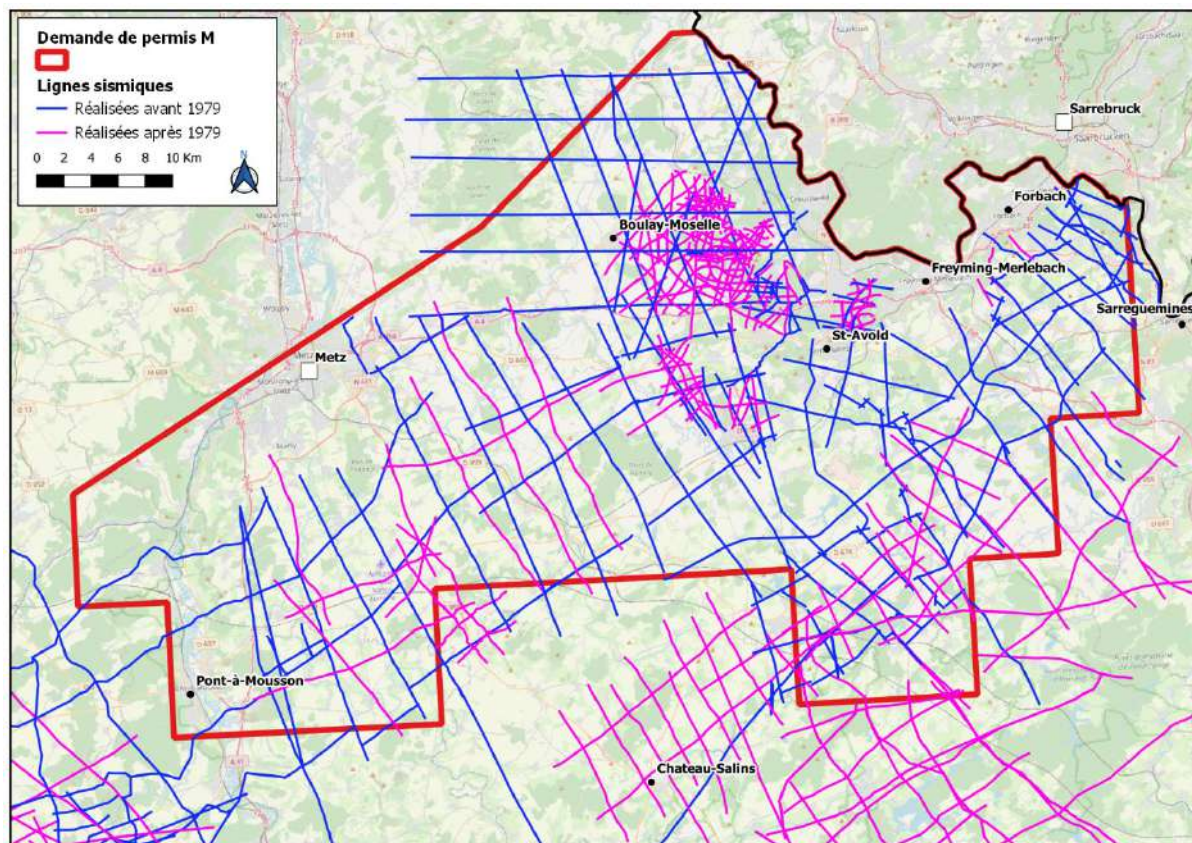


Figure 9: Plan de position des lignes sismiques

Les anciennes coupes sismiques permettent de distinguer plusieurs horizons remarquables, dessinant les principales structures géologiques. Ces informations s'avèrent particulièrement utiles dans les zones pour lesquelles la quantité de données de forage disponibles est limitée.

Le premier horizon identifiable correspond à la discordance Permien-Carbonifère, présente sur tout le bassin. Elle se caractérise par le changement brutal du pendage, où le Permien subhorizontal, exclusivement du Saxonien en France, repose-en discordance sur les formations plissées du Carbonifère.

Le second horizon se traduit par une zone muette souvent discernable entre la discordance Permien-Carbonifère, et les formations plus argilo-charbonneuses, qui ont une meilleure réponse sur ces profils sismiques. Ainsi, comme illustré sur la Figure 10, la zone muette correspond au Stéphien, où le premier réflecteur est associé aux premières veines de charbons. Dans certaines zones où les formations les plus anciennes au cœur des plissements sont proches de la discordance, cet horizon est plutôt attribué aux épisodes stériles du Westphalien, tel que le Conglomérat de Merlebach.

Ces lignes sismiques permettent aussi d'avoir une image globale des traits structuraux qui caractérisent ce bassin, marqué par des failles dont les rejets peuvent atteindre plusieurs centaines de mètres. L'interprétation des failles entre ces lignes sismiques a permis l'élaboration d'un schéma structural global. Ces acquisitions sismiques sont donc très importantes pour la compréhension du bassin.

Des acquisitions sismiques ont aussi été réalisées à partir des années 80 (75 km de profil, Figure 9), où les avancées technologiques ont permis d'avoir une bien meilleure résolution. C'est ainsi que certaines zones comme Tritteling ont pu bénéficier d'une image plus détaillée, avec des cartes de profondeurs des veines interprétées.

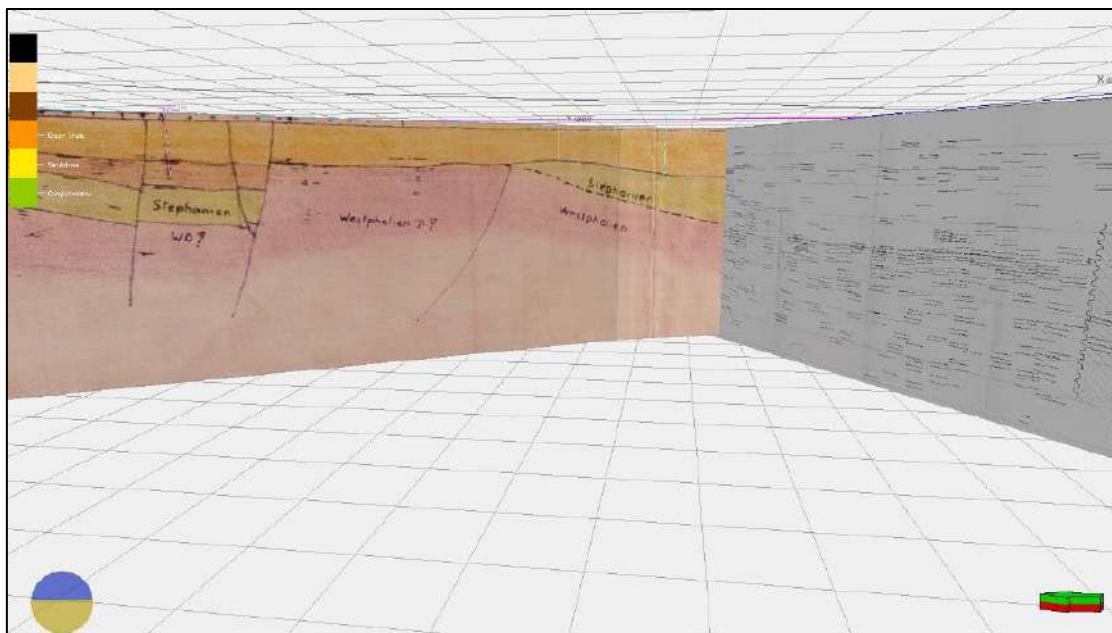


Figure 10 : Exemple de coupes sismiques (1954) numérisées

La figure ci-dessus représente l'intégration dans le logiciel de modélisation 3D (Petrel) des coupes sismiques numérisées (1954) et l'interprétation géologique associée. Elle permet de discerner la zone muette du Stéphanien, souvent identifiable, et de localiser les zones charbonneuses sous-jacentes.

➤ Cartes et coupes géologiques

Les interprétations réalisées ont abouti à la réalisation de cartes et de coupes (Figure 11). Les HBL ont ainsi pu interpréter différents blocs géologiques, qui ont par la suite été infirmés ou confirmés par les avancements des travaux miniers de l'époque, ou les forages contemporains à ces études.

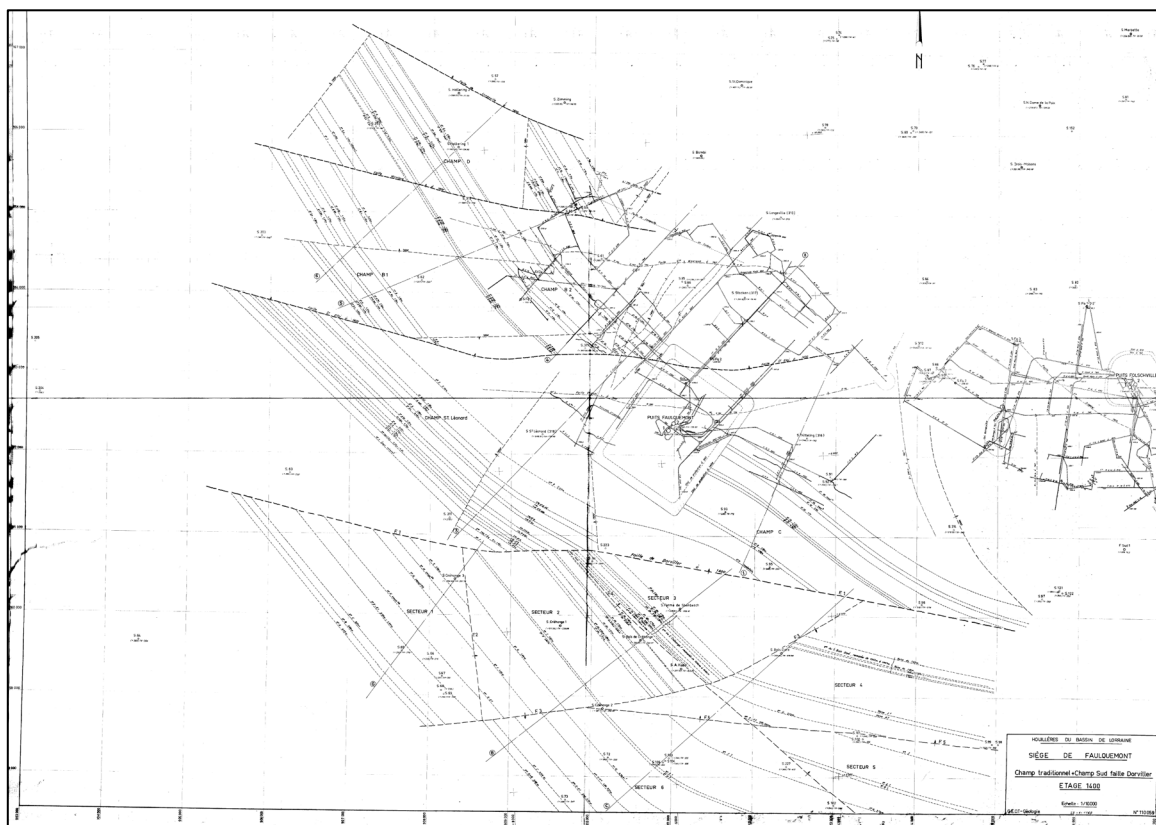


Figure 11: Carte géologique de la mine nord de Faulquemont (étage -1400m)

La carte ci-dessous représente la carte structurale du bassin houiller réalisé par Donsimoni en 1981. On remarque notamment que les anticlinaux principaux, d'axe Nord-Est / Sud-Ouest, ont été remaniés par les failles normales et décrochantes, conséquence de l'extension du bassin en « pull apart ».

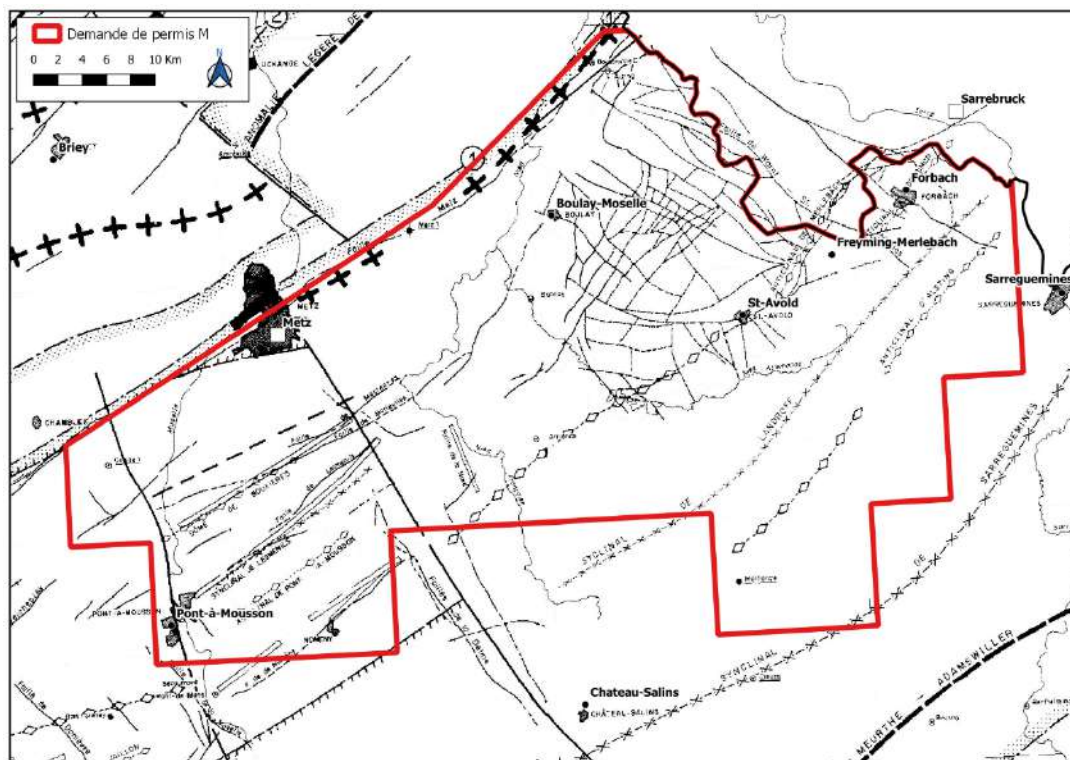


Figure 12 : Carte structurale du bassin houiller lorrain, Donsimoni, 1981

A noté qu'un écorché du Permien et des différentes formations du Carbonifère, a également été réalisé par Donsimoni en 1981 sur la zone d'exploitation du charbon.

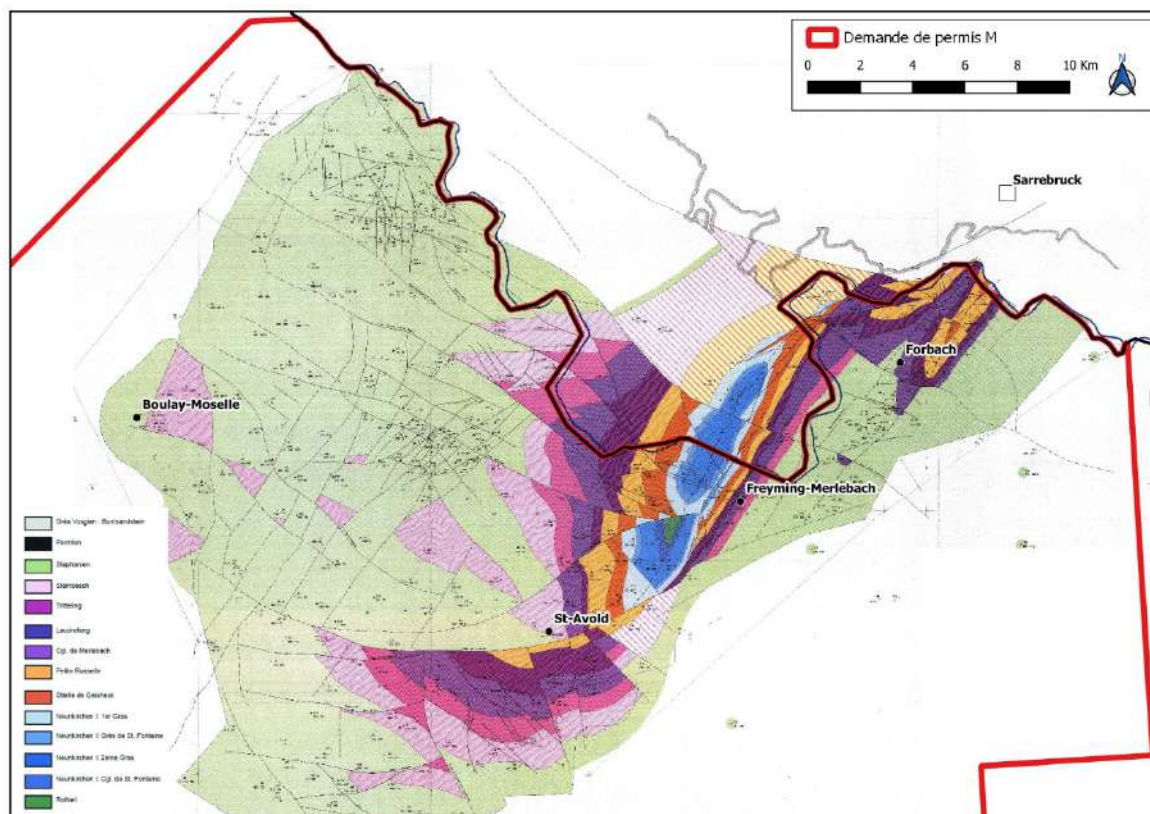


Figure 13: Ecorché du Permien sur le bassin houiller (Donsimoni, 1981)

4.3.2 Modèles géologiques réalisés par la Société

➤ Généralités

A partir de 2012, FDE a entrepris la modélisation en 3D du bassin. Les données d'archives, une fois numérisées, ont été intégrées, les données de puits ont été associées aux données sismiques et aux interprétations de géologie structurale (cartes et coupes) pour créer un modèle du sous-sol en 3 dimensions couvrant la plupart des Permis Exclusifs de Recherches détenus par la société. Un travail important a été réalisé pour homogénéiser les corrélations des veines sur le bassin afin d'obtenir une interprétation cohérente à échelle régionale. En effet, la majeure partie des données de puits des HBL avaient plusieurs nomenclatures, qui étaient différentes suivant les concessions et suivant les géologues.

Le schéma structural a lui aussi dû être repensé. La majorité des découvertes et des principes géologiques ont eu lieu en particulier depuis l'entre-deux-guerres. Ainsi, certaines hypothèses et corrélations structurales émises sont depuis devenues obsolètes et ont dû être corrigées.

Les surfaces remarquables, comme les horizons carbonneux, ont ensuite été corrélés et modélisés (Figure 14).

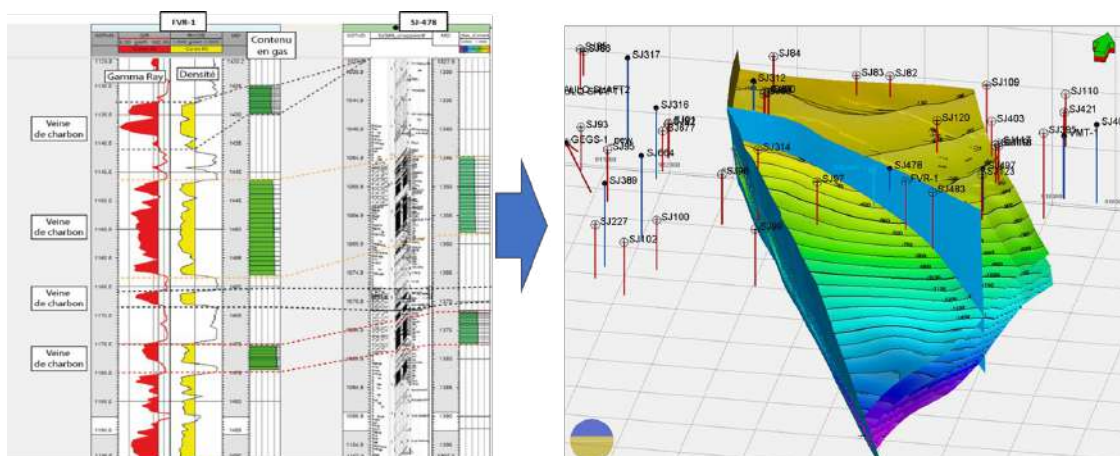


Figure 14 : corrélation des données de puits et modélisation associée

Les cellules des modèles ont été peuplées spatialement en utilisant différentes variables : faciès, pression et température, densité, porosité, teneur en gaz, etc. Ces données ont alors été extrapolées des puits à l'ensemble de la zone, selon des algorithmes statistiques adaptés.

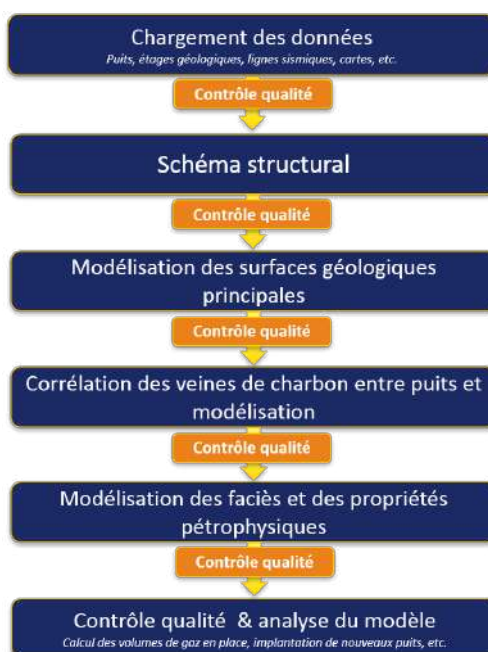


Figure 15 : Workflow type généralement utilisé pour la réalisation d'un modèle géologique 3D

La figure ci-dessous présente les différents modèles géologiques statiques 3D réalisés afin de caractériser le bassin houiller. Ces derniers couvrent entièrement la moitié Est du périmètre sollicité. Les réalisations les plus importantes sont présentées dans les parties suivantes.

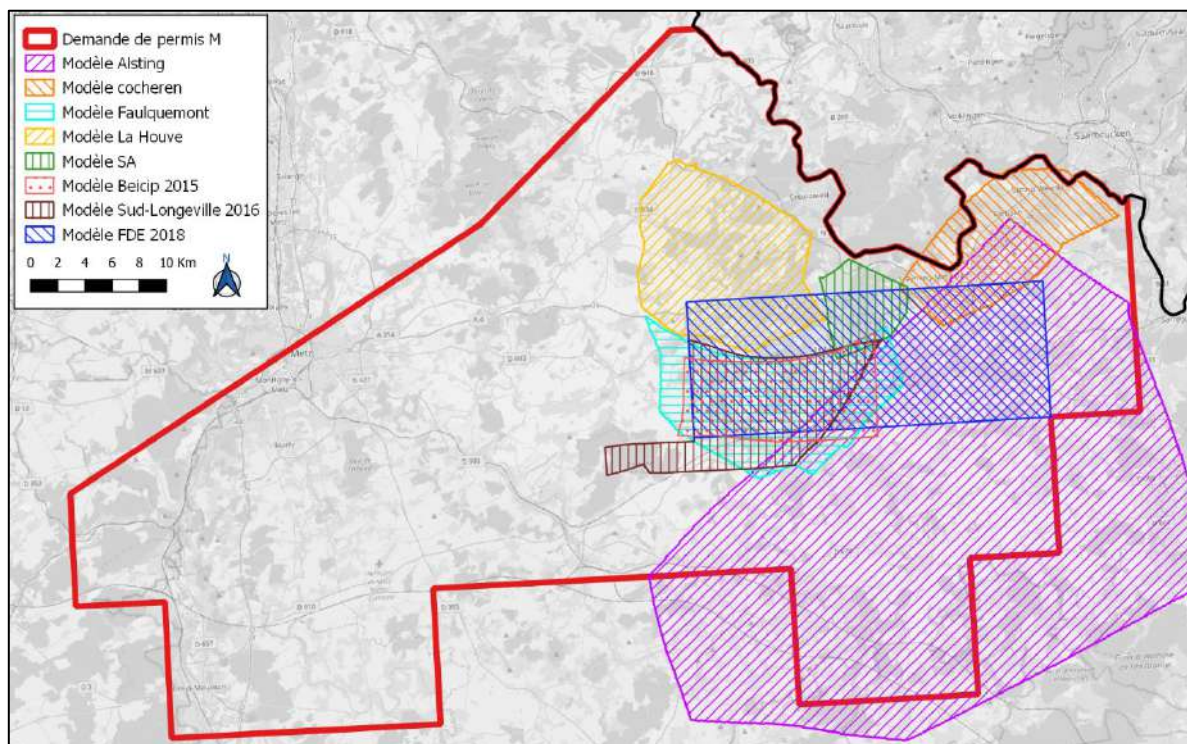


Figure 16 : Limites des principaux modèles géologiques 3D réalisés

A noter que si ces modèles ont été initialement réalisés dans le cadre du développement du gaz de couche de charbon, ils sont également pertinents pour l'évaluation du potentiel en hydrogène naturel dans les zones étudiées. En effet, les caractéristiques géologiques du bassin houiller, et en particulier des terrains carbonifères, représentent l'enjeu majeur pour la caractérisation du potentiel en gaz de charbon, mais également en hydrogène naturel.

➤ Modèles Alsting, Cocheren, Faulquemont, La Houve, SA - 2012-2015

Les cinq premiers modèles réalisés entre 2012 et 2015 avaient pour but d'offrir une vision large échelle du bassin houiller, et de définir les zones prioritaires à considérer pour le développement du gaz de charbon (Figure 17). Ces modèles ont permis de caractériser les principaux objets géologiques structurant le bassin, notamment les failles majeures et les axes des plis. Les principaux horizons géologiques ont également été modélisés (Buntsandstein, Stéphanien, Westphalien C et D).

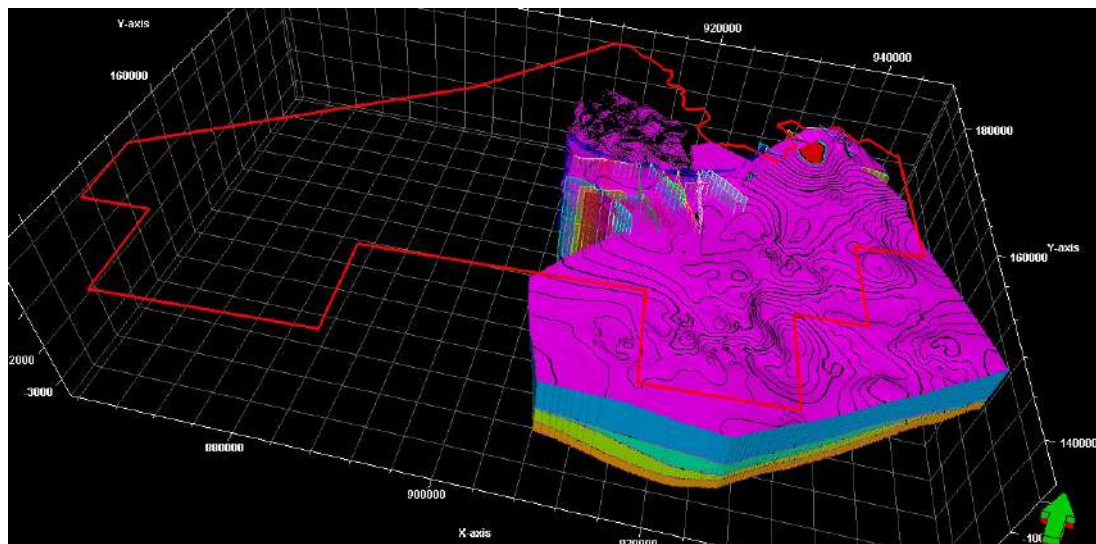


Figure 17 : Modèles géologiques 3D réalisés entre 2012 et 2015

Les modèles structuraux ont été optimisés pour comprendre et interpréter l'histoire géologique de la région, et permettre une extrapolation des données aux zones dépourvues d'information.

Ces travaux ont ensuite été repris et affinés pour la réalisation des modèles plus détaillés présentés dans les parties suivantes.

➤ **Modèle Beicip, 2015**

Dans le cadre de la certification de ressources et réserves réalisée en 2015 par le Beicip (IFP Energies Nouvelles), un modèle géologique a été construit en collaboration avec FDE.

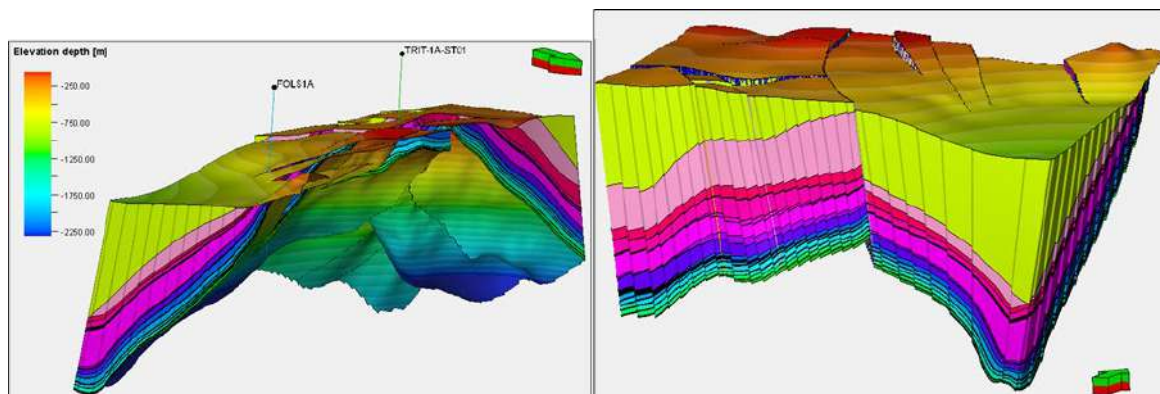


Figure 18 : Modèle géologique 3D de la « zone projet » sous les dépôts du Permien (Beicip, 2015)

Il s'agit d'un modèle volumétrique dont la finalité était de connaître et de certifier le potentiel de la zone située au sud de la faille de Longeville.

Le modèle structural a tout d'abord été totalement revu sur la base d'une compilation des propriétés géométriques fournies par la bibliographie (HBL, Donsimoni, puits, mines). Les principales failles et surfaces géologiques ont été modélisées en intégrant l'ensemble des données apportant des informations sur la géométrie des couches (études sismiques et géologiques, marqueurs stratigraphiques, etc.). La combinaison de ces différentes sources d'information et la séquence de construction des surfaces géologiques permettent de minimiser les incertitudes.

Dans un premier temps, les formations dans lesquelles se sont développées les veines de charbon ont été modélisées (Stéphaniens, Westphaliens et faisceaux le composant). Dans un second temps, les surfaces intermédiaires délimitant les toits et bases de chaque veine ont été construites. Au total, dix veines de charbon ont été modélisées, de la veine 7 (Formation de Tritteling), jusqu'à la veine 19 (base de la Formation de Laudrefang). Pour chacune de ces deux étapes, plusieurs tests ont été réalisés sur le séquençage de la construction des horizons principaux afin de s'assurer de leur cohérence les uns par rapport aux autres.

Enfin, les propriétés pétrophysiques (faciès, contenu en cendre, humidité, densité et contenu en gaz) ont été modélisées. A la fin de cette étape, les données nécessaires au calcul des volumes en place de gaz sont disponibles en chaque cellule du modèle 3D.

Ce modèle, réalisé par les experts indépendants du Beicip, a permis de certifier des réserves et des ressources dans la zone « *Sud Longeville* » située dans le périmètre de la concession *Bleue Lorraine*.

➤ **Modèle Sud-Longeville, 2016**

En 2016, le modèle Beicip a été repris, mis à jour et étendue vers le sud, dans la partie du Nord du permis de recherches « *Bleue Lorraine Sud* » détenu par FDE (Figure 1). La société Schlumberger a été mandatée pour valider avec les équipes de FDE la précision du modèle, ainsi que la distribution des propriétés pétrophysiques.

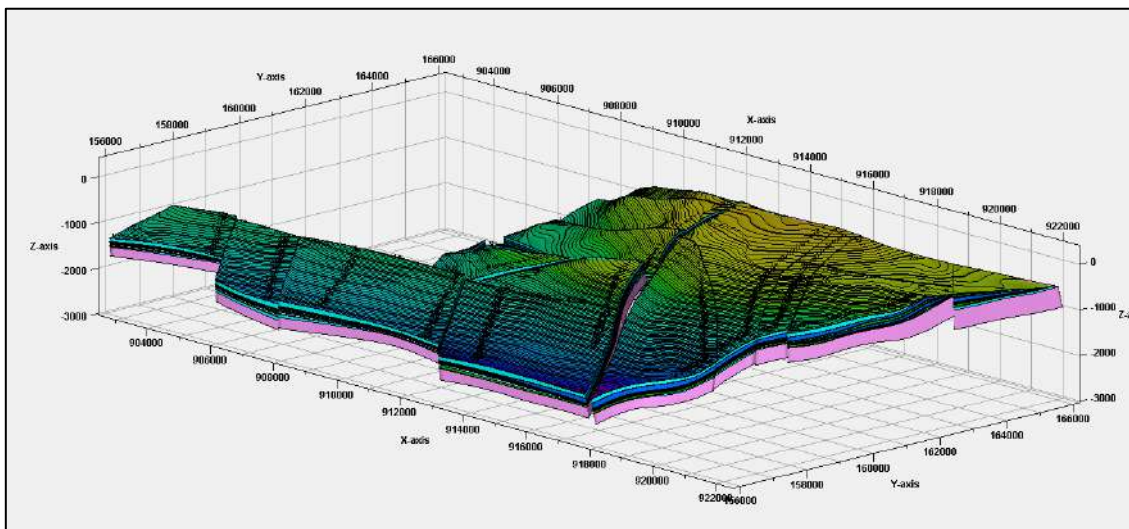


Figure 19 : Vue 3D du modèle « *Bleue Lorraine* » (Sud Longeville)

➤ **Modèle FDE, 2018**

En début d'année 2018, les travaux de modélisation existants sur le permis *Bleue Lorraine* ont tous été concaténés dans un seul modèle correspondant aux limites de la concession demandée, afin de réaliser la certification des ressources et réserves nécessaires à l'élaboration du plan de développement (Figure 20).

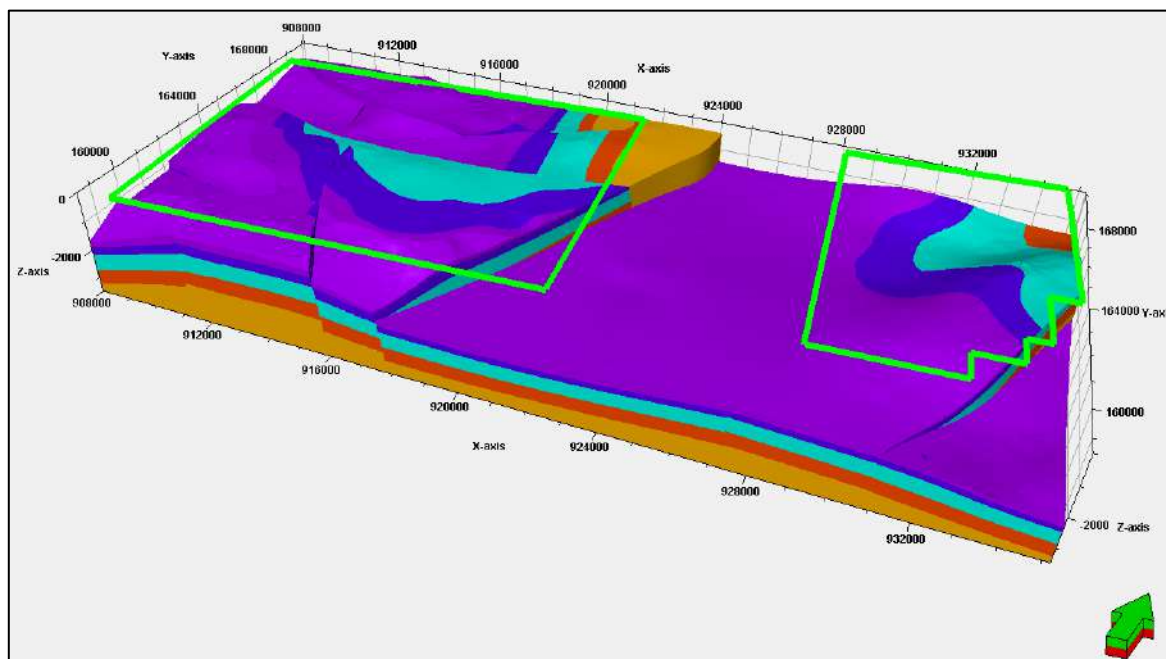


Figure 20 : Modèle volumétrique de base créé sur la zone de concession

Ce modèle, a été réalisé avec l'aide d'un modéleur expert de la société GPCI. Une nouvelle méthode de modélisation (*Volume-Based Modeling – VBM*) a été utilisée pour permettre notamment une meilleure prédiction de l'évolution latérale de l'épaisseur des veines de charbon.

Une attention toute particulière a été portée sur les incertitudes et les analyses de sensibilités. Un contrôle qualité minutieux, consistant en la validation de nombreux critères géostatistiques, a été réalisé afin d'obtenir un modèle, le plus précis possible, sur lequel une nouvelle certification de ressources et réserves a été menée.

Ce modèle géométrique a été transmis à la société MHA Petroleum Consultants pour validation dans le cadre d'une certification. Des modélisations dynamiques 3D, avec le logiciel ECLIPSE, ont ensuite été mises en œuvre pour les prédictions de productions par puits. A noter que ces modélisations dynamiques pourront être adaptées dans le cadre d'une éventuelle production d'hydrogène naturel.

4.3.3 Etude globale de la zone Ouest du périmètre sollicité, dite « La Grande Garde »

Dans le cadre de sa demande de permis de recherches d'hydrocarbures dit « Permis La Grande Garde » (Figure 1), FDE a réalisé une étude préliminaire du potentiel de gaz de couche de charbon basée sur l'analyse des lignes sismiques disponibles dans cette partie du bassin, et sur les interprétations sédimentologiques des carottes récupérées sur les puits forés par CONOCO dans les années 90 (Chaumont-1, Lorettes-1 et Saulcy-1) ; ces carottes sont désormais conservées dans la carothèque de FDE, à Pontpierre. Une carte de prospectivité des charbons a été construite à l'échelle régionale (Figure 21). Les principales structures géologiques y ont également été reportées.

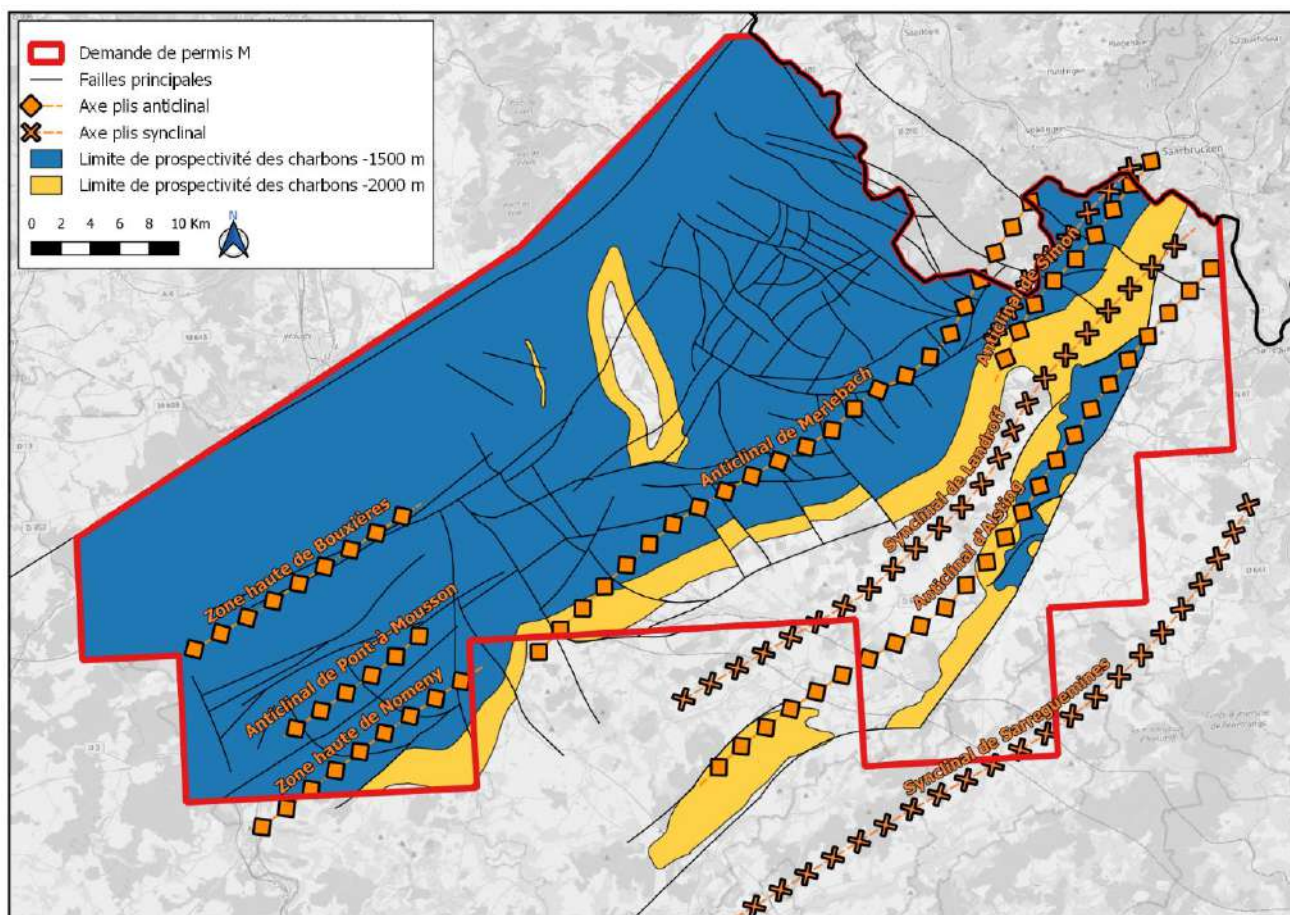


Figure 21 : Carte de prospectivité régionale des charbons

La zone de « La Grande Garde » a été jugée très prometteuse dans la mesure où elle est traversée dans sa partie sud, par deux anticlinaux majeurs (anticlinal de Pont-à-Mousson et dôme de Bouxières), au cœur desquels sont exhumées des formations charbonneuses du Westphalien B, C et D, initialement plus enfouies donc probablement plus matures. En outre, les premières analyses sédimentologiques

réalisées sur les carottes de charbon des puits CONOCO montrent que les charbons du Westphalien D déjà identifiés et étudiés sur les autres permis lorrains de FDE sont corrélables avec ceux identifiés sur la zone dite de «La Grande Garde», ce qui confirme un environnement de dépôt homogène à large échelle.

4.3.4 Travaux de forages

A ses débuts, en 2006-2007, FDE a exploré deux zones distinctes : le flanc sud de l'anticlinal de Merlebach, à l'extrémité de la mine de Folschviller, à travers le puits de Folschviller (FOLS-1A), et l'anticlinal d'Alsting, à travers le forage de Diebling (DIEB-S1) :

- FOLS-1A a confirmé la présence d'au moins 4 veines suffisamment épaisses (supérieure à 2 m) et de qualité pour le qualifier de réservoir potentiel. Le forage dévié FOLS-2 comporte plusieurs latéraux dans les veines 15 et 18-19, qui seront par la suite testés et produiront les premiers volumes de gaz de charbon de France. Des concentrations très importantes en H₂ ont par ailleurs été mesurées sur le puits FOLS-1A en 2022 (§4.3.7).
- DIEB-S1 a confirmé la présence de l'anticlinal d'Alsting, jusqu'à présent seulement supposé par des études géophysiques et quelques puits stratigraphiques, mais sans réelles certitudes sur l'identification des formations géologiques. Les carottes et les études associées ont démontré une très bonne qualité des veines, une fracturation naturelle très présente dans les charbons et une teneur en gaz supérieure à 10 m³/tonne.

En 2013-2014, les forages Tritteling (TRIT-1) et Pontpierre (PTP-1) sont entrepris :

- TRIT-1 est situé proche de la mine de Faulquemont, dans une zone où une campagne sismique réflexion a été réalisée en 1982 (Campagne FQT), bénéficiant ainsi d'un bon contrôle géologique. Ce forage, dans la continuité de FOLS-1A et FOLS-2, a permis de démontrer la possibilité de forer des latéraux dans le charbon d'au moins 1 km d'envergure chacun, et de mieux caractériser la géologie du bassin.
- Dans le cadre de la campagne de TRIT-1, la partie supérieure du forage de PTP-1 a été réalisée jusqu'à 175 m, soit dans le Muschelkalk, formation géologique située juste au-dessus de l'aquifère régional des Grés Vosgiens (Buntsandstein).

En 2017, le forage de CBR-1 a été entrepris. L'architecture a été largement optimisée afin de faciliter la production. Il comprend une section stratigraphique déviée à 45°, avec 4 latéraux dans la veine 15 d'une longueur cumulée de 1 700 m. D'autres veines prometteuses ont été rencontrées (veines 14, 18-19) et étudiées, permettant d'étendre l'extension latérale des réservoirs avec les travaux précédents de FOLS-1A. En effet, les analyses laboratoires ont montré une qualité de gaz cohérente avec les valeurs connues par ailleurs, ainsi qu'un réseau de fractures développé pour les veines similaires, ce qui permet d'affirmer que l'ensemble du charbon subit les mêmes déformations, et que ce ne sont pas des phénomènes locaux (proximité de failles). Les essais de production sur la veine 15 ont permis de produire du gaz de charbon de manière continue sur une période de 31 semaines, avec un pic de production supérieur à 1000 Nm³/j, démontrant ainsi la commercialité du projet lorsque l'on considère une architecture de puits de développement et le plan de développement envisagé.

Le tableau ci-dessous récapitule les travaux de forage réalisés par FDE :

Puits forés	Date	Type de puits	Etat	Réservoir identifié	Réservoir testé	Carottes et analyses
DIEB-S1	2006	Vertical, stratigraphique	Fermeture définitive	Veine 11, 14, 15, 18-19, veines de Petite Rosselle	-	476 m de Carbonifère carottés 30 échantillons prélevés et analysés
FOLS-1A	2006	Vertical, stratigraphique	Mis en sommeil	Veine 8-9, 14, 15, 18-19	-	564 m de Carbonifère carottés 115 échantillons prélevés et analysés
FOLS-2	2007	Multilatéral	Mis en sommeil	-	Veine 15, 18-19	-
TRIT-1	2014	Subvertical, stratigraphique + Multilatéral	Mis en sommeil	Veine 8-9, 11	Veine 11	Veines 8-9 et 11 carottées Analyse de désorption sur carotte
PTP-1	2014	Vertical (top hole)	Mis en sommeil, forage prévu	-		-
CBR-1	2017	Dévié, stratigraphique + Multilatéral	Test de production en cours	Veine 14, 15, 18-19	Veine 15	Veines 15 et 18-19 carottées Analyse de désorption sur carotte

Tableau 1 : Récapitulatif des forages FDE

4.3.5 Analyses de laboratoire

Afin de caractériser les terrains carbonifères, des mesures in situ ainsi que des études en laboratoire à partir des carottes prélevées sur les différents forages, ont été réalisées. Les tests de laboratoire comprennent :

- L'analyse de la qualité du gaz ;
- Analyse pétrophysique (« proximate analysis ») ;
- Des analyses de désorption (courbe de Langmuir) ;
- Des analyses de porosité/perméabilité (RCAL- « Routine Core Analysis ») et des analyses spéciales (SCAL - « Special Core Analysis ») telle que la détermination de la pression capillaire eau/gaz, de la mouillabilité et compressibilité des charbons ;
- Des études de caractérisation du système de fractures naturelles à échelles macroscopique et microscopique.

Si ces analyses ont été réalisées initialement dans le cadre du projet de production de gaz de couche de charbon, la caractérisation précise des charbons est essentielle, ces derniers représentant un chemin de migration préférentiel pour l'hydrogène naturel (§4.3.7). Par ailleurs, une comparaison des caractéristiques des charbons prélevés sur différents puits est fondamentale pour préciser les environnements de dépôt à large échelle.

Ces différentes analyses et leurs résultats sont résumés dans les paragraphes qui suivent.

➤ Analyse de la qualité du gaz de couche de charbon

La composition du gaz de couche de charbon produit lors des essais, et capté en surface, a été analysée sur les puits de Folschviller et de Lachambre. La composition du gaz produit sur ces deux ouvrages est comparable, avec un taux de méthane supérieur à 90 %, et une absence de sulfure de dihydrogène.

Le Tableau 2 résume les compositions principales du gaz produit en surface.

Éléments	FOLS-1A	CBR-1
CH ₄ (%)	95.8	93.14
C ₂ H ₂ (%)	0.48	2.70
N ₂ (%)	2.65	2.81
O ₂ (%)	0.0	0.36
CO ₂ (%)	1.05	0.72

Tableau 2 : compositions du gaz sur les puits FOLS-1A et CBR-1

En 2022, des mesures géochimiques réalisées dans le puits FOLS-1A dans le cadre du projet Regalar, en circuit fermé (milieu à l'équilibre) et à travers la sonde « sysmog », ont révélé la présence de quantités importantes d'hydrogène naturel (cf. §4.3.7). Des traces d'éthane, de propane et d'éthylène (gaz connexes) ont également été mesurées. Les améliorations prévues qui seront apportées à la sonde « sysmog » (cf. pièce 4 « Programme prévisionnel des travaux ») permettront d'identifier et de caractériser de manière plus précise ces gaz connexes à l'hydrogène naturel.

➤ Analyses pétrophysiques des charbons et isothermes de désorption

A partir des charbons carottés sur les puits, plusieurs échantillons par veine et par puits ont été analysés afin de connaître leurs caractéristiques pétrophysiques. Les paramètres analysés sont les suivants :

- Densité ;
- Composition du gaz désorbé ;
- Composition du gaz résiduel ;
- Compositions pétrophysiques (taux de cendres, humidité, matières volatiles et taux de carbones) ;
- Maturité (vitrinite reflectance) ;
- Teneur en gaz total.

Ces données permettent également de déterminer des paramètres fondamentaux tels que la capacité de stockage du gaz dans les charbons, la saturation en gaz du charbon, la pression critique de désorption, le facteur de récupération du gaz et la quantité de gaz relâché en fonction de la pression.

➤ Mesures de porosité mercure et perméabilité gaz (RCAL)

Les mesures de porosité mercure ont été réalisées sur les carottes des puits. Elles ont été interprétées comme représentatives de valeurs de porosité totale (porosité de fracture + porosité de matrice) compte tenu du caractère « déstressé » des échantillons ramenés en conditions de surface. La gamme des porosités totales est assez homogène et comprise entre 3 et 6 % dans la tranche de profondeurs 800-1400 m.

Des mesures de perméabilité absolue gaz ont été effectuées sur 47 échantillons de veines prélevés sur les puits de Tritteling, Folschviller et Lachambre. Ces mesures montrent que la perméabilité de matrice est comprise entre 0,1 et 1,0 mD et la perméabilité de fracture entre 1 mD et 10 mD. C'est principalement cette dernière, correspondant à la perméabilité effective, qui contribue à la circulation des gaz et de l'eau.

➤ Analyses spéciales (SCAL)

Des analyses spéciales (SCAL) ont également été réalisées afin de déterminer certains paramètres réservoirs, notamment les pressions relatives en conditions « *steady state* » et « *unsteady state* », pression capillaire eau/gaz, mouillabilité et compressibilité des charbons. L'objectif des analyses SCAL est de déterminer la relation entre les différents fluides présents dans les charbons et leur interaction avec le milieu. Pour cela, des tests vont simuler en laboratoire différentes conditions de pression,

température et saturation des fluides sous différents régimes (stable pour « *steady state* » et instable pour « *unsteady state* »).

Un autre paramètre étudié dans le cadre des analyses SCAL est le coefficient de compressibilité. Le charbon étant un réservoir naturellement fracturé, un changement des conditions de température et de pression va induire des réajustements à l'échelle de la matrice et des espaces interstitiels. Ces ajustements vont impacter les conditions d'écoulement des fluides dans le milieu et par conséquent la production d'eau et de gaz en surface.

➤ Caractérisation du système de fractures naturelles des charbons

Les charbons contiennent des fractures naturelles de petite échelle (appelées « cleats ») qui ont un rôle clé dans la circulation des gaz car elles forment les seuls réseaux perméables de ces formations. L'étude des cleats à l'échelle macroscopique a débuté en 2015, par le BeicipFranlab sur les carottes des puits de Tritteling et de Folschviller, dans le cadre de la certification de réserves (cf. §4.3.6). Les objectifs de l'étude étaient les suivants :

- Confirmer l'organisation spécifique du réseau de fractures naturelles dans les veines de charbon identifiées sur les puits ;
- Caractériser leurs propriétés géométriques (nombre de familles, longueurs, espacements, hauteurs) et leur distribution (fréquence, paramètres influents) ;
- Comparer les résultats obtenus entre veines d'un même puits, et entre veines de puits différents afin de tirer des enseignements sur la distribution de la fracturation dans les charbons du bassin houiller lorrain et l'homogénéité de l'environnement de dépôt.

Cette étude a été étendue en 2017 aux carottes de charbon des veines du puits CBR-1, afin de confirmer les caractéristiques du réseau de fractures déjà observées sur les charbons des premiers sondages FDE analysés (Figure 22). La société Geokrak a été mandatée dans ce cadre.

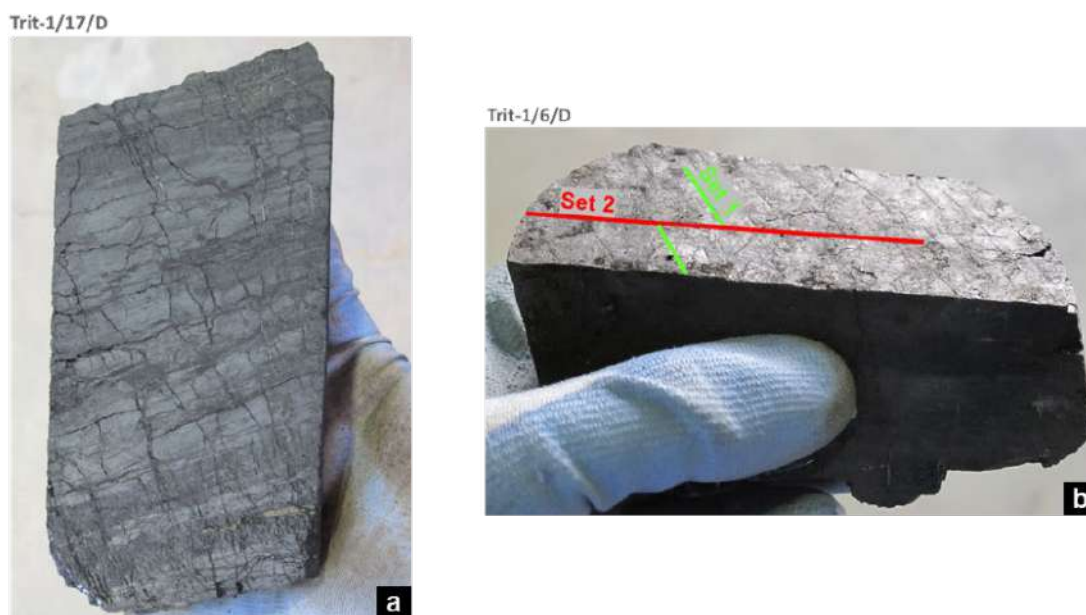


Figure 22 : Analyse des fractures (a) exemple de fracturation dans un échantillon ; (b) exemple d'organisation des fractures en deux familles sub-perpendiculaires

En parallèle à l'étude macroscopique du réseau de cleats des charbons lorrains, une analyse à l'échelle microscopique des carottes de la veine 11 du puits de Tritteling a été réalisée en 2015 par le Dr Vitaliy Pryvalov du laboratoire GeoRessources (Université de Lorraine). Dans ce but, les carottes de charbon ont été passées dans un scanner (CT-scan) afin d'observer en 3D les réseaux de fractures naturelles. Une étude similaire a également été entreprise par la société Geokrak, en 2017, sur les carottes issues de la veine 15 du puits CBR-1 (Figure 23).

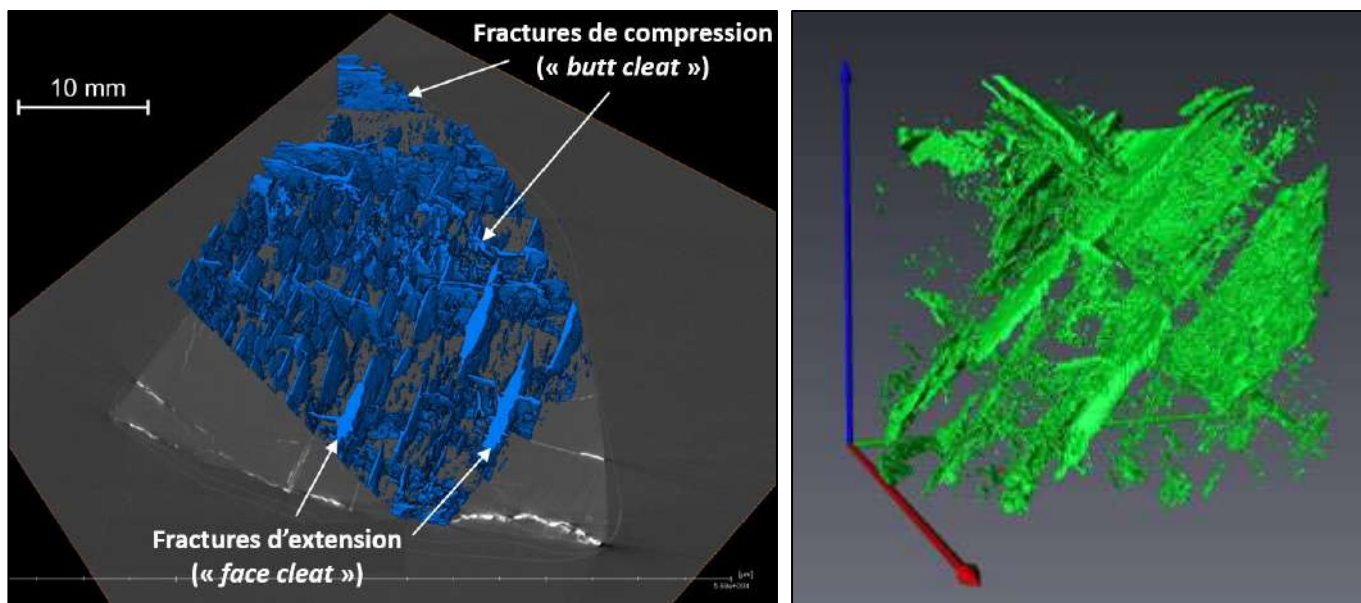


Figure 23 : Système de fractures naturelles visualisé en 3D (veine 11 du puits de TRIT-1 à gauche ; veine 15 du puits de CBR-1 à droite)

Les études de la fracturation naturelle à l'échelle macroscopique et microscopique menées en 2015 et 2017 ont révélé l'existence systématique de réseaux de fractures naturelles ouvertes conductrices dans les veines de charbon étudiées. Deux familles de fractures, quasi-perpendiculaires entre elles, sont également toujours identifiées. Celles-ci peuvent être reliées à l'histoire géologique du bassin lorrain : la première famille de fractures correspond aux phases d'extension du bassin lorrain (« *face cleats* »), et la seconde aux phases de compression (« *butt cleats* ») (Pryvalov, 2015). Cette organisation est très favorable puisqu'elle promeut une bonne connectivité des réseaux fracturés, c'est-à-dire une bonne perméabilité de fracturation, d'autant plus que les fractures détectées ne présentent pas de minéralisation complète. Ces réseaux ont des propriétés extrêmement comparables entre veines d'un même puits, ou de puits différents éloignés de plusieurs kilomètres (DIEB-S1, FOLS-1, TRIT-1 et CBR-1), tous situés dans le périmètre du permis sollicité. La présence des fractures dépend ainsi uniquement de la qualité du charbon (pureté et maturité), ce qui de ce fait confirme la continuité des caractéristiques structurales des veines de charbon à grande échelle.

4.3.6 Certifications

Le potentiel en gaz de couche de charbon disponible dans la zone d'étude « *Bleue Lorraine* » a été certifié à trois reprises, en 2012 et 2015 par BeicipFranlab (IFP Energies Nouvelles), et en 2018 par MHA. Ces certifications de réserves et ressources, réalisées par des sociétés indépendantes, obéissent au standard le plus reconnu à travers le monde : le PRMS (« *Petroleum Resources Management System* ») publié par la SPE (« *Society of Petroleum Engineers* »).

A noter également qu'un audit des ressources en gaz a été réalisé en 2016 par BeicipFranlab sur une zone plus large regroupant les permis de recherches H « *Bleue Lorraine* », « *Bleue Lorraine Nord* » et « *Bleue Lorraine Sud* » (Figure 1).

Ces certifications s'appuient sur l'ensemble des informations disponibles au moment de leur rédaction (bibliographie, résultats des essais de production, modélisation 3D, analyses laboratoires, etc.) qui sont étudiées et validées par les certificateurs. Ainsi, ces certifications et audits valident la pertinence des données disponibles et la cohérence des modèles géologiques et réservoirs réalisés par FDE sur le bassin houiller lorrain.

4.3.7 Mesure d'hydrogène naturel dans le puits FOLS-1A - Projet Regalor

Initié par la région Lorraine en 2018, Regalor est un projet de recherche scientifique porté par les équipes du laboratoire universitaire GeoRessources (Université de Lorraine – CNRS), en partenariat avec FDE et les chercheurs de 4 laboratoires de l'université. Les objectifs de ce projet étaient, entre autres, la réalisation de modèles hydro-géologiques régionaux du bassin houiller lorrain et le développement d'outils de monitoring biogéochimique in-situ en continu.

Le projet Regalor repose en partie sur la mise à disposition par FDE d'un site pilote expérimental sur lequel a été déployé l'ensemble des systèmes métrologiques de mesures et de surveillance des différents compartiments : géosphère (0 à -1000 m), biosphère (0 à +10 m) et proche atmosphère (+10 à +2000 m). Après l'analyse des sites disponibles, de leur accessibilité ainsi que de l'architecture et des dimensions des ouvrages en place, le puits FOLS-1A a été retenu.

Un dispositif expérimental pour l'analyse des gaz du sous-sol a été conçu et fabriqué sur mesure par la société Solexperts en collaboration avec l'université de Lorraine. Cette sonde « Sysmog », de par son petit diamètre et sa composition, peut atteindre des profondeurs cibles de plus de 1000 m et véhiculer les fluides jusqu'en surface. Une fois échantillonnés, la composition de ces derniers est mesurée par spectroscopie infrarouge. Ce dispositif, qui permet de mesurer, en continu, les concentrations de gaz en mode statique et dynamique, a par ailleurs fait l'objet d'un dépôt de brevet. Les principaux objectifs de ces mesures sont les suivants :

- Quantifier in situ et en continu l'évolution des concentrations en gaz présents (CH₄, CO₂, O₂, N₂, H₂...) à différentes profondeurs, jusqu'à -1092 m ;
- Effectuer ces mesures en régime statique d'équilibre et en régime dynamique (circulation d'eau/agitation mécanique en circuit fermé) ;
- Connaître l'évolution des gradients de concentration de ces gaz en fonction de la profondeur.

L'ensemble du système de surveillance grande profondeur mis en place dans le puits de FOLS-1A est composé des principaux éléments suivants (Figure 24) :

- Une sonde de mesure gaz fonctionnant indifféremment en milieu saturé ou non jusqu'à des profondeurs de -1100 m ;
- Un module de contrôle et de circulation des gaz positionné en surface ;
- Un ensemble de capteurs spectroscopiques de type Infrarouge et Raman fibré, dédié à l'analyse des gaz issus de la sonde gaz ;
- Un ensemble de capteurs physicochimiques intégré à la sonde gaz (T°, pression, débit) ;
- Des capteurs gaz (CH₄, CO₂, O₂, N₂, H₂...) destinés à mesurer les concentrations au niveau de l'atmosphère immédiat du système de mesure ;
- Une interface utilisateur pour le transfert et le traitement de l'ensemble des données mesurées par le dispositif.



Figure 24 : Dispositif de mesures installé sur le puits FOLS-1A (source : Regalor)

Ces mesures effectuées dans le puits FOLS-1A ont démontré la présence de concentrations importantes d'hydrogène dissous dans l'aquifère du Carbonifère lorrain. Le dispositif d'échantillonnage régulier et en circuit fermé permet d'atteindre l'équilibre du milieu et de s'affranchir des effets anthropiques.

Les concentrations mesurées dans le puits FOLS-1A sont fournis dans un document à part, classé confidentiel.

En résumé, cette première utilisation de la sonde *Sysmog* dans le puits FOLS-1A a permis de montrer que les fluides des formations carbonifères dans le bassin houiller lorrain sont enrichis en H₂ naturel, avec une concentration importante qui croît avec la profondeur. La probable genèse de cet hydrogène est liée à un processus d'hydrolyse des minéraux présents dans les couches profondes du Carbonifère en lien avec la formation des carbonates ferreux (cf. §2). La présence de ces minéraux est intrinsèquement liée à un environnement de dépôt favorisant la formation des couches riches en charbon. L'histoire tectonique joue donc un rôle clé dans le processus de formation de l'hydrogène favorisant ainsi la circulation des fluides entre les couches, catalysant ainsi ces réactions. Le charbon

lorrain, naturellement fracturé, représente également un chemin de migration préférentiel pour cet hydrogène naturel.

Cette découverte, une première dans le bassin houiller lorrain à cette échelle, représente un potentiel de développement majeur justifiant la poursuite des travaux d'exploration dans le cadre d'un permis de recherches.

5 Justification du périmètre du permis de recherches sollicité

Les travaux réalisés sur le bassin minier par les HBL, les sociétés Windsor, Enron, Conoco, et plus récemment par FDE, ont permis de démontrer une homogénéité de l'environnement de dépôt des terrains carbonifères à l'échelle des zones étudiées par ces dernières.

Cette continuité du dépôt sédimentaire carbonifère se traduit tout d'abord par les observations faites sur les 600 puits forés par les HBL tout au long de l'histoire du bassin minier. Les veines principales, facilement identifiables par leur structure et leurs caractéristiques pétrophysiques, se retrouvent sur la quasi-totalité des ouvrages. En outre, les veines les plus importantes exploitées par les HBL étaient continues et homogènes à l'échelle des concessions, et peuvent être corrélées d'une exploitation à une autre.

Plus récemment, ces mêmes veines ont pu être identifiées avec précision sur les puits réalisés par FDE, pourtant éloignés les uns des autres de plusieurs kilomètres. Les travaux de modélisations géologiques 3D qui intègrent la totalité des informations recueillies au fil des travaux, permettent également de confirmer ces propriétés. Les informations ponctuelles (puits) et linéaires (lignes sismiques) introduites dans les modèles sont propagées en trois dimensions, permettant ainsi de visualiser et de valider, à une échelle régionale, la cohérence géologique et structurale de la représentation du sous-sol envisagée. Les épisodes d'érosions localisés affectant quelques charbons, ou la variation latérale de certaines veines, sont capturés dans les modèles géologiques. Initialement basées uniquement sur les résultats des puits HBL et sur les anciennes lignes sismiques avant d'être affinées au fur et à mesure des forages réalisés par FDE, les prédictions géologiques établies à partir des modèles 3D réalisés se sont avérées être proches de la réalité. En outre, la représentation du sous-sol, telle qu'envisagée par FDE, a également été validée à plusieurs reprises par les travaux menés par des certificateurs indépendants validant ainsi la représentation du sous-sol.

Les études de corrélations stratigraphiques (Figure 25) et de modélisations géologiques ont validé la continuité du dépôt sédimentaire carbonifère, qui représente la source probable du gisement d'hydrogène naturel identifié sur le puits FOLS-1A. Bien que ce fait était connu depuis les activités minières, les récents travaux permettent d'étendre cette continuité au moins jusqu'à l'anticlinal d'Alsting au Sud et à l'anticlinal de Pont-à-Mousson à l'Ouest (§ 4.3.2 & 4.3.3).

Enfin, les analyses pétrophysiques et structurales réalisées en laboratoires sur les carottes prélevées sur les puits confirment une homogénéité des caractéristiques des veines de charbon d'un puits à l'autre. Les études relatives à la fracturation naturelle du charbon, réalisées par plusieurs sociétés indépendantes en 2015 et 2017 à différentes échelles sur les forages de la société, montrent que la présence et les caractéristiques des fractures, homogènes à grande échelle, sont indépendantes de la profondeur ou de la géographie.

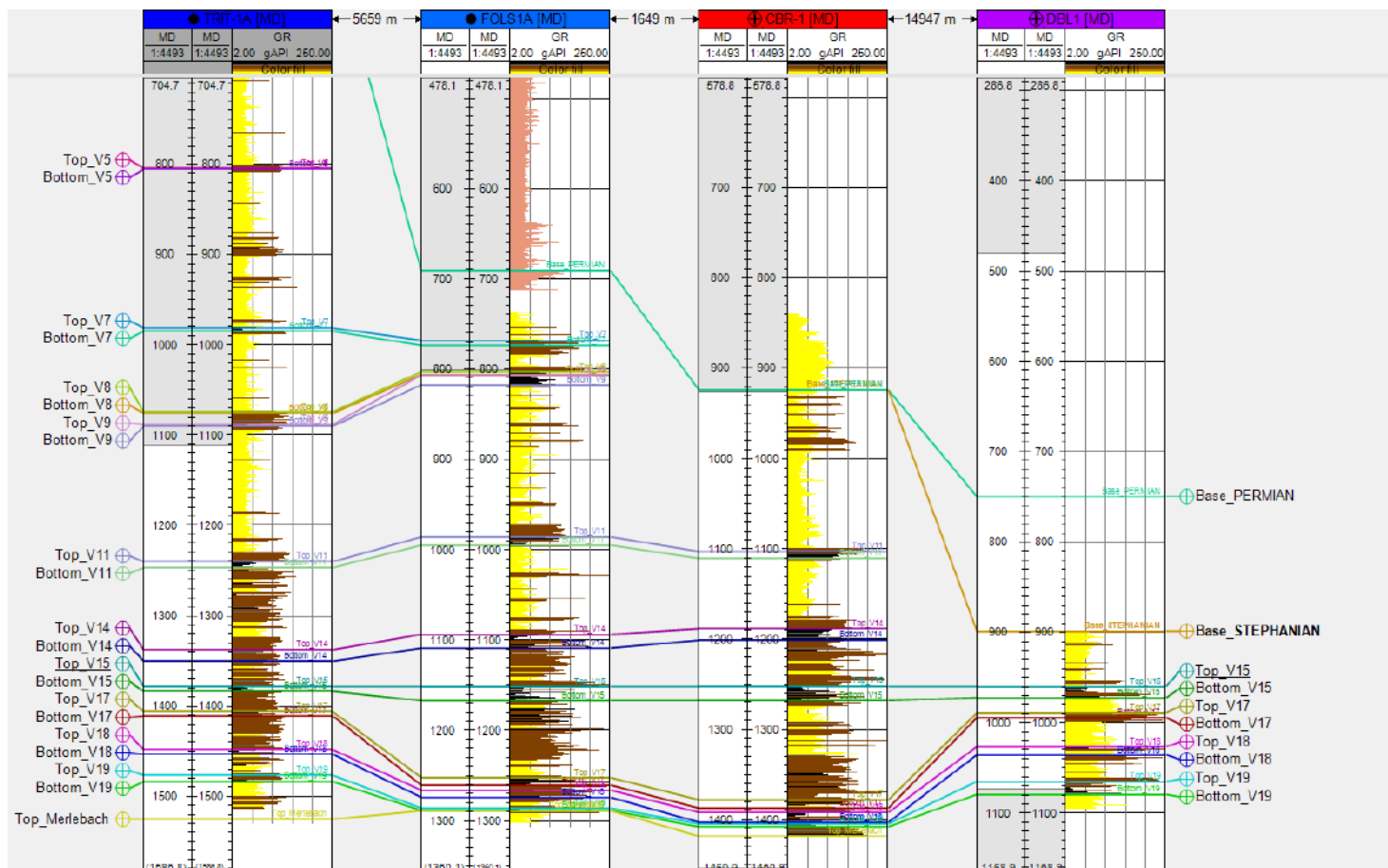


Figure 25: Corrélation des veines de charbons sur les puits FDE

Dans ce contexte, la présence avérée d'hydrogène naturel dans le puits FOLS-1A permet d'envisager un potentiel plus important, à plus large échelle. En effet, cet hydrogène est le produit d'une réaction REDOX impliquant les couches profondes du Carbonifère, catalysé par une circulation de fluides hydrothermales avant de remonter dans les aquifères carbonifères par l'intermédiaire des failles et des veines de charbon, chemins de migration préférentiels pour cet hydrogène naturel (§4.3.7). Ainsi, l'environnement de dépôt et l'histoire tectonique du bassin jouent un rôle clé dans le processus de formation de l'hydrogène et de sa migration.

Ayant été démontré dans les paragraphes précédents une homogénéité certaine de l'environnement de dépôt et du schéma structural à l'échelle des zones étudiées par FDE ces 20 dernières années, le permis de recherches M sollicité, d'une surface de 2'254 km², correspond aux périmètres des permis de recherches H demandés ou obtenus par FDE, limités au Nord par la faille de Metz, frontière géologique du bassin houiller (Figure 26). La définition précise du périmètre et la cartographie associée sont présentées dans la pièce 3 « Mémoire cartographique » du présent dossier.

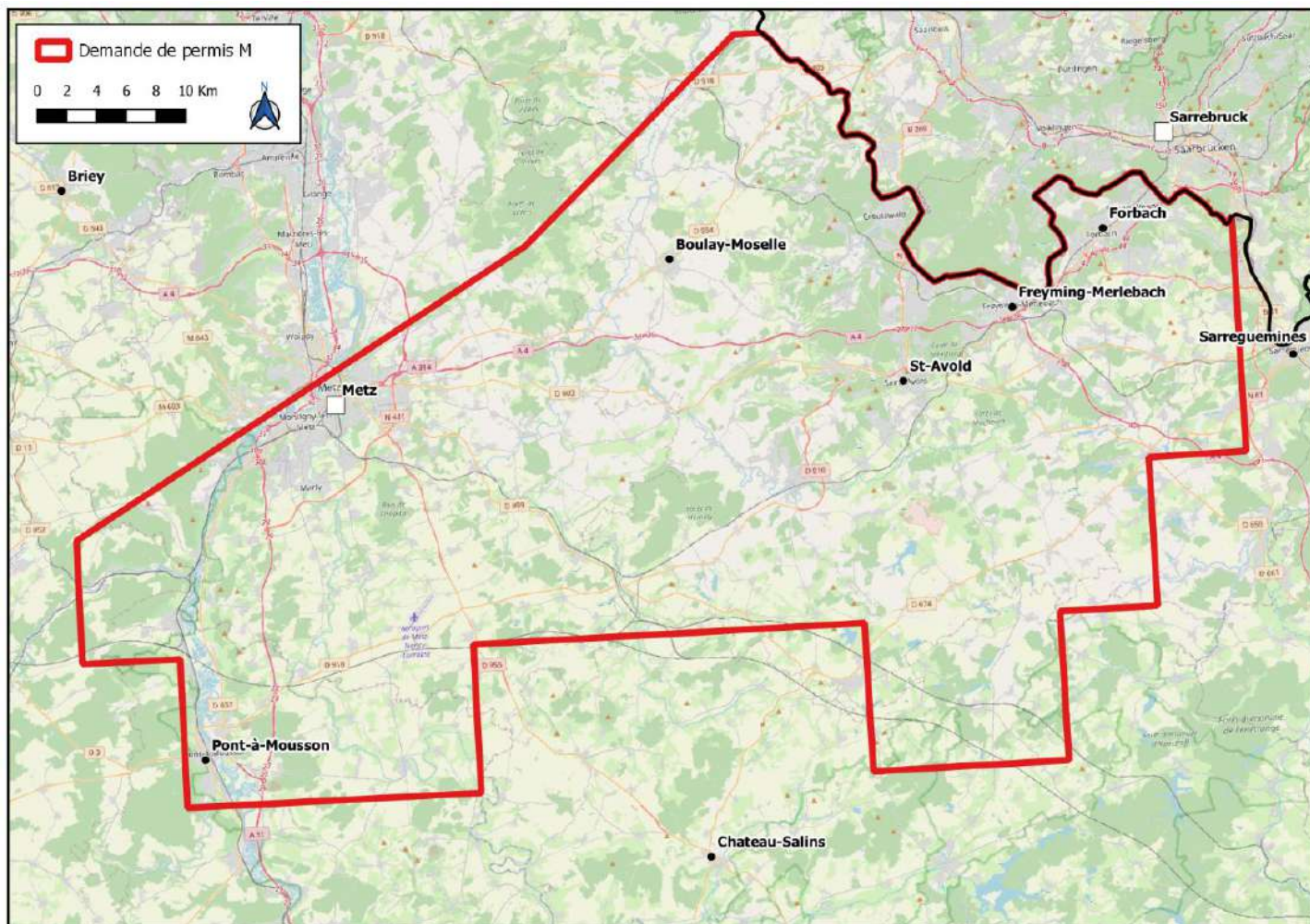


Figure 26 : Délimitation du permis de recherches M « des Trois-Évêchés »

6 Un PER au cœur de l'écosystème H₂ du Grand Est

Outre les aspects géologiques du bassin houiller lorrain largement développés dans les parties précédentes, le permis de recherches sollicité s'inscrit pleinement dans l'écosystème hydrogène de la région Grand Est (Figure 27).

Est notamment inclus dans le périmètre du permis le projet MosaHYc porté par GRTgaz et CREOS, qui consiste à développer une infrastructure de transport d'hydrogène de 70 km, transfrontalier entre trois pays (France, Allemagne, Luxembourg ; Figure 28). La conversion en cours de deux canalisations de gaz existantes permettra de transporter 20'000 m³/h d'hydrogène. Celles-ci pourraient être à termes reliées au site de stockage d'H₂ de Storengy en cours de développement à Cerville, dans l'agglomération de Nancy. Les opérateurs de ce futur réseaux garantissent un accès facile à ce dernier pour les producteurs souhaitant s'y raccorder.

Une production d'hydrogène naturel en Moselle Est permettrait également de répondre dès à présent à un besoin de plus en plus important, illustré par exemple par le projet de reconversion à l'hydrogène de la flotte de bus et de camion-bennes de l'Eurométropole de Metz ; les premiers bus devraient être opérationnels dès 2025. Les stations hydrogène vont également se multiplier de manière significative à court et moyens termes, plusieurs projets étant d'ores et déjà à l'étude ou en construction.

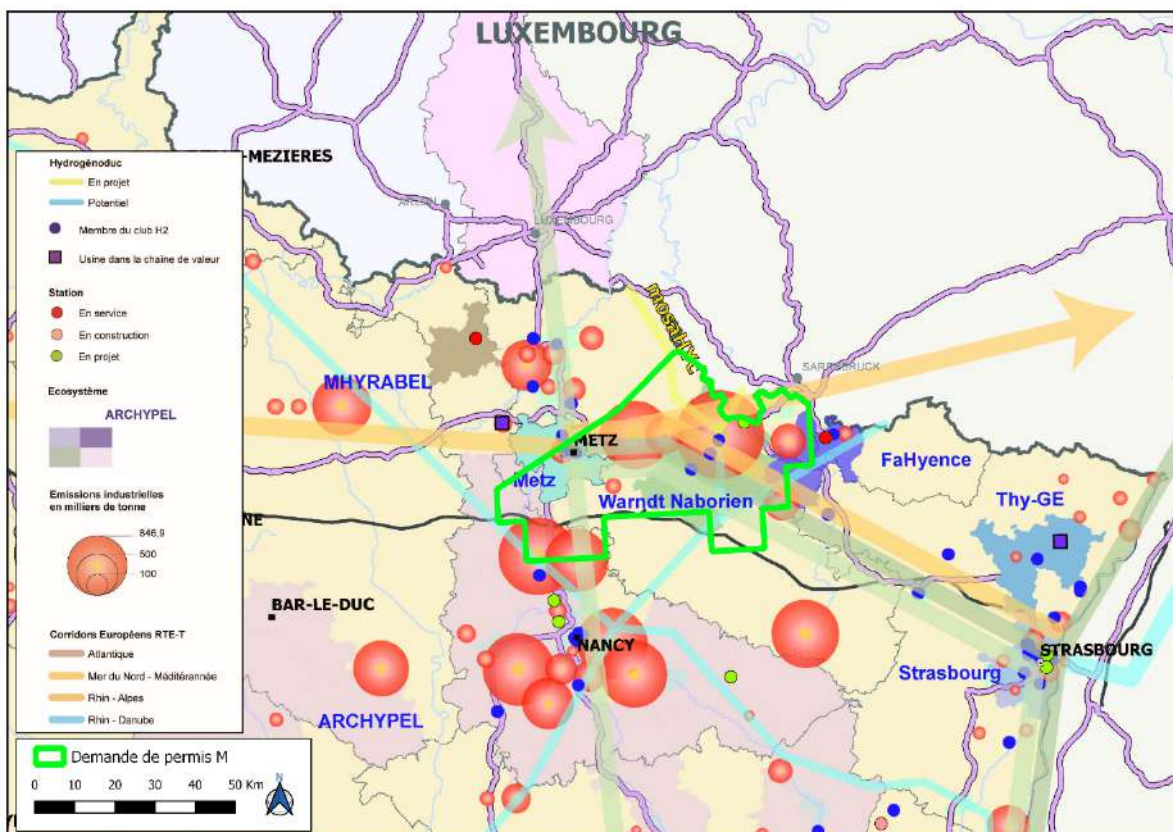


Figure 27 : Situation de la demande de permis « des Trois-Évêchés » dans l'écosystème H₂ du Grand Est (source : Grand Est, janvier 2023)

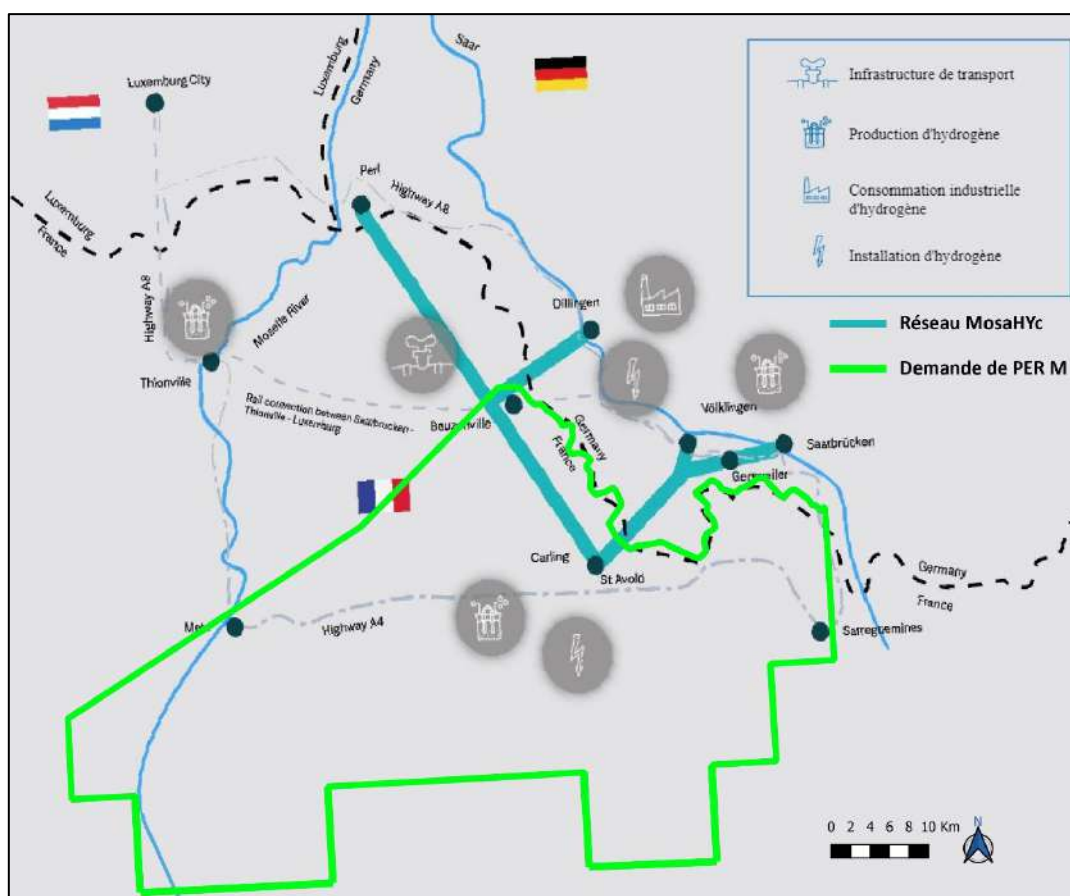


Figure 28 : Projet de réseau de transport d'H₂ MosaHYc (source : Grande Region Hydrogen, 2023)

Par ailleurs, FDE fait d'ores et déjà partie depuis plusieurs années du projet DINAMHySE, qui ambitionne d'impulser et d'accélérer le développement d'une filière hydrogène en région Grand Est. Ce consortium, constitué notamment d'ENGIE, EDF, John Cockerill et l'Université de Lorraine, est actif sur toute la chaîne de valeur, de la production, au stockage, en passant par les usages mobilités, stationnaires et industriels.

Les applications de l'hydrogène sont en effet multiples (mobilités, production et stockage d'énergies, applications industrielles, etc.), ce qui fait de cette ressource un vecteur clé pour décarboner les territoires. L'utilisation de l'hydrogène comme source d'énergie fait d'ailleurs l'objet d'une stratégie d'accélération spécifique dans le cadre du plan d'investissement « France 2030 » de 54 milliards d'euros, qui a notamment comme objectif de soutenir la transition écologique. L'hydrogène a en effet été retenu parmi les solutions ambitionnées pour agir significativement sur la diminution des émissions de CO₂ à l'atmosphère dans les 5 prochaines années.

Une production d'hydrogène naturel dans le bassin houiller lorrain, valorisé localement grâce à l'écosystème régional en plein essor, s'inscrit pleinement dans la stratégie de développement de solutions énergétiques à empreinte carbone réduite, valorisées en circuit-court, proposée par FDE depuis plusieurs années.

Bibliographie

- BeicipFranlab, 2012. Audit de l'estimation des ressources de gaz dans le périmètre du Permis Exclusif de Recherches dit « Permis Bleue Lorraine »
- BeicipFranlab, 2015. Mise à jour de l'audit des ressources en gaz de trois Permis Exclusif de Recherches situés en Lorraine
- BeicipFranlab, 2015. Rapport de la Personne Compétente
- Conoco, 1995. The France CBM experience
- Donsimoni, 1981. Le bassin houiller lorrain – Synthèse géologique. BRGM
- Gazhouille, 2015. Le projet d'exploitation du gaz de charbon en Lorraine et son intégration dans le territoire
- Geokrak, 2017. Comparison of cleat measurement and CT scanning on selected core samples
- GPCI, 2018. Geological modeling of *Bleue Lorraine* permit
- MHA, 2018. Rapport de la Personne Compétente
- Pryvalov, V., 2015. Natural fracture and cleat patterns in coalbeds as reservoirs of the Lorraine basin. GeoResources
- Isabelle Moretti, Angélique Dagostino, Julien Werly, Carlos Ghost, Diane Defrenne, et al.. Lhydrogène naturel, un nouveau pétrole ?. 2018. fihal-02191071f
- Vincent Milesi, François Guyot, Fabrice Brunet, Laurent Richard, Nadir Recham, Marc Benedetti, Julien Dairou, Alain Prinzhofer, Formation of CO₂, H₂ and condensed carbon from siderite dissolution in the 200–300°C range and at 50MPa, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, Volume 154, 2015, Pages 201-211, ISSN 0016-7037.
- Welhan J. A. and Craig H. (1979). Methane and hydrogen in East Pacific Rise hydrothermal fluids. *Geophys. Res. Lett.* 6, 829–831.
- Marcaillou C., Munoz M., Vidal O., Parra T., Harfouche M. (2011). Mineralogical evidence for H₂ degassing during serpentinization at 300°C/300 bar. *Earth and Planetary Science Letters*, 303, 281-290.
- Charlou J.L., Donval J.P., Fouquet Y., Jean-baptiste P. and Holm, N. (2002). Geochemistry of high H₂ and CH₄ vent fluids issuing from ultramafic rocks at the Rainbow hydrothermal field (36°14'N, MAR). *Chemical Geology* 191, 345–359.
- Monnin C., Chavagnac V., Boulart C., Ménez B., Gérard M., Gérard E., Pisapia C., Quéméneur M., Erauso G., Postec A., Guentas-Dombrowski L., Payri C., and Pelletier B. (2014). Fluid chemistry of the low temperature hyperalkaline hydrothermal system of Prony Bay (New Caledonia). *Biogeosciences*, 11, 5687-5706.
- Chavagnac, V., Monnin C., Ceuleneer G., Boulart C., and Hoareau G. (2013), Characterization of hyperalkaline fluids produced by low-temperature serpentinization of mantle peridotites in the Oman and Ligurian ophiolites, *Geochem. Geophys. Geosyst.*, 14, 2496–2522.
- Chavagnac V., Ceuleneer G., Monnin C., Lansac B., Hoareau G., and Boulart C. (2013), Mineralogical assemblages forming at hyperalkaline warm springs hosted on ultramafic rocks: A case study of Oman and Ligurian ophiolites, *Geochem. Geophys. Geosyst.*, 14, 2474–2495.
- Deville E. and Prinzhofer A. (2016) The origin of N₂-H₂-CH₄-rich natural gas seepages in ophiolitic context: a major and noble gases study of fluid seepages in New Caledonia. *Chem. Geol.* 440, 139–147.
- Vacquand C., Deville E., Beaumont V., Guyot F., Sissmann O., Pillot D., Arcilla C. and Prinzhofer A. (2018). Reduced gas seepages in ophiolitic complexes: Evidences for multiple origins of the H₂- CH₄-N₂ gas mixtures. *Geochimica Cosmochimica Acta* 223, p. 437-461.
- Zgonnik V., Beaumont V., Deville E., Larin N., Pillot D. and Farrell K. (2015). Evidences for natural hydrogen seepages associated with rounded subsident structures: the Carolina bays (Northern Carolina, USA). *Prog. Earth Planet. Sci.* 2, 31. <https://doi.org/10.1186/s40645-015-0062-5>.

Larin N., Zgonnik V., Rodina S., Deville E., Prinzhofer A. and Larin V. (2014). Natural molecular hydrogen seepage associated with surficial rounded depressions on the European craton in Russia. *Natural Resources Res.*, 24, 369-383.

Guelard J., (2017) Caractérisation des émanations de dihydrogène naturel en contexte intracratonique : exemple d'une interaction gaz/eau/roche au Kansas. Thèse de l' Université Pierre et Marie Curie - Paris VI.

Prinzhofer A., Cissé C. S. T., and Diallo A. B. (2018). Discovery of a large accumulation of natural H₂ hydrogen in Bourakebougou (Mali). *International Journal of Hydrogen Energy*

Cannat M., Fontaine, F. and Escartin X. (2010). Serpentinization and Associated Hydrogen and Methane Fluxes at Slow Spreading Ridges, *Geophysical Monograph Series*.

Worman S. L., Pratson L.F., Karson J.A. and Klein E.M. (2016). Global Rates and distribution of H₂ gas produced by serpentinization within oceanic lithosphere, *Geophys. Res. Lett.*, 43, 6435–6443, doi:10.1002/2016GL069066.

Sherwood Lollar B., Onstott T.C., Lacrampe-Couloume G., Ballentine C.J. (2014). The contribution of the Precambrian continental lithosphere to global H₂ production. *Nature* 516, 379–382.

Potter J., Salvi S., Longstaffe F.J. (2013). Abiogenic hydrocarbon isotopic signatures in granitic rocks: Identifying pathways of formation. *Lithos*, 183-183, 114-124

Guelard J., (2017) Caractérisation des émanations de dihydrogène naturel en contexte intracratonique : exemple d'une interaction gaz/eau/roche au Kansas. Thèse de l' Université Pierre et Marie Curie - Paris VI.

Milesi V., Guyot F., Brunet F., Richard L., Recham N., Benedetti M., Dairou J., Prinzhofer A. (2015). Formation of CO₂, H₂ and condensed carbon from siderite dissolution in the 200-300°C range and at 50 MPa. *Geochim. Cosmochim. Acta* 154, 201-211.

Martinez I., Moretti I., Deville E. (2019), H₂ Naturel, GP2 de l'ancre. 1-8. www.allianceenergie.fr



Demande d'octroi d'un Permis Exclusif de Recherches de Mines dit « Permis des Trois-Évêchés »

Pièce N°3 : Documents cartographiques

Document associé à l'article 6 de l'Arrêté du 28 juillet 1995

Liste des pièces annexes :

Carte du périmètre au 1:100.000ème

Carte des servitudes

Demande de PER M dit « Permis des Trois-Évêchés »



Demande d'octroi d'un Permis Exclusif de Recherches de Mines dit « Permis des Trois-Évêchés »

Pièce N°4 : Programme des travaux envisagé

Document associé à l'article 11 de l'Arrêté du 28 juillet 1995

Demande de PER M dit « Permis des Trois-Évêchés »

Table des matières

Avant-propos	5
1 Introduction.....	7
2 Evaluation du potentiel H ₂	7
2.1 Mesures in-situ sur les puits existants.....	7
2.2 Etudes des mécanismes de formation, de transfert et de production de l'H ₂ dans le contexte du bassin minier lorrain	8
2.3 Modèle géologique 3D	9
3 Site pilote de production d'hydrogène naturel	9
4 Etudes des aspects exploitation et valorisation de l'hydrogène naturel	10
5 Forage d'un puits pilote ou complétion d'un puits existant et essai de production (optionnel)	10
6 Certification de réserves (optionnel)	10
7 Projets de recherches.....	10
8 Engagement financier par année	11

Liste des figures

Figure 1 : Sonde Sysmog	7
Figure 2 : Unités de workover sur les puits CBR-1 et FOLS-1A	8
Figure 3 : Carothèque FDE.....	8
Figure 4 : Limites des principaux modèles géologiques 3D réalisés.....	9

Liste des tableaux

Tableau 1 : Échelonnage du programme de travaux prévisionnel	11
Tableau 2 : Budget du programme de travaux ferme	11
Tableau 3 : Budget du programme de travaux optionnel	11

Avant-propos

La société FDE présente une demande de permis exclusif de recherches de mines dit « *Permis des Trois-Évêchés* », en application des dispositions de l'arrêté du 28 juillet 1995 et du décret 2006-648 du 2 juin 2006 relatifs aux titres miniers. La présente pièce n°4 de la demande de permis correspond au programme des travaux envisagés, tel que défini dans l'article 11 de l'arrêté du 28 juillet 1995. Elle a pour objectif de présenter les études et travaux prévus dans le cadre de la première période de validité de 5 ans du permis de recherches sollicité, l'échelonnement de ces derniers ainsi que l'engagement financier associé.

1 Introduction

Suite à l'identification de concentrations importantes d'hydrogène naturel dans le puits FOLS-1A (cf. Pièce 2 « Mémoire technique »), FDE souhaite poursuivre ses travaux d'exploration dans le cadre d'un permis de recherches de mines, dit « Permis des Trois-Évêchés », sollicité pour une durée de 5 ans.

Ce nouveau permis recouvre le périmètre des permis de recherches d'hydrocarbures qu'elle a obtenu ou sollicité ces 20 dernières années pour l'exploration du gaz de couche de charbon. Ainsi, le programme prévisionnel de travaux consiste à s'appuyer sur les puits, études et modèles 3D réalisés par la société dans le cadre de l'exploration du gaz de couche de charbon pour évaluer le potentiel en hydrogène naturel sur le périmètre du permis sollicité.

Une partie des travaux réalisés dans le cadre du permis des Trois-Évêchés pourrait se faire avec l'implication de l'Université de Lorraine et du CNRS notamment, dans la suite du projet Regalor.

Suite à cette évaluation, un site pilote de production d'hydrogène naturel pourra alors être défini, dans l'optique d'une certification indépendante de réserves et d'une demande de permis d'exploitation.

Le programme prévisionnel est présenté plus en détails dans les paragraphes suivants.

2 Evaluation du potentiel H₂

2.1 Mesures in-situ sur les puits existants

Le premier objectif du programme de travaux envisagé est de caractériser précisément le potentiel en hydrogène naturel dans le périmètre du permis sollicité. Pour cela, de nouvelles mesures in situ, sur le modèle de celles réalisées sur le puits FOLS-1A en 2022, seront mises en œuvre sur les autres puits forés par FDE : FOLS-2, TRIT-1 et CBR-1.

En amont de cette campagne de mesure, la sonde *Sysmog* (Figure 1), développée par Solexperts et l'Université de Lorraine dans le cadre du projet de recherches Regalor, sera optimisée. La gamme de gaz analysée sera élargie afin de mieux caractériser les substances connexes, les capteurs gaz seront améliorés (précision de la mesure au ppm pour chaque gaz), et la complétion de la sonde pour les analyses et les prélèvements gaz/eau sera optimisée.



Figure 1 : Sonde Sysmog

Les puits de TRIT-1 et CBR-1 devront faire l'objet d'un workover afin d'adapter leur complétion actuelle pour la descente de la sonde et la réalisation des mesures (tiges et/ou tubage à retirer ; Figure 2).



Figure 2 : Unités de workover sur les puits CBR-1 et FOLS-1A

2.2 Etudes des mécanismes de formation, de transfert et de production de l'H₂ dans le contexte du bassin minier lorrain

Parallèlement aux nouvelles mesures in-situ qui seront analysées et interprétées en considérant le contexte géologique local de chaque puits, une série d'études géosciences sera réalisée afin de mieux définir les mécanismes de formation de l'hydrogène naturel dans le contexte du bassin houiller lorrain, via la réalisation d'analyses isotopiques notamment. Des études sur les carottes des puits Conoco, FDE et/ou du puits de Gironville permettront quant à elles de caractériser la diagénèse (minérale et organique) et son lien avec la formation d'hydrogène naturel.



Figure 3 : Carothèque FDE

Des études laboratoires sur la diffusion et l'adsorption de l'hydrogène en fonction du milieu, ainsi que sur l'influence d'un milieu hétérogène sur la concentration en H₂, seront menées afin de caractériser les mécanismes de transfert de l'hydrogène dans les terrains carbonifères.

Enfin, des études de simulation de production d'hydrogène naturel seront réalisées, à travers la relation entre sidérite/hydrogène/eau et son évolution en fonction de la température du milieu, de la pression et du pH notamment.

2.3 Modèle géologique 3D

FDE dispose d'ores et déjà de plusieurs modèles géologiques 3D qui couvrent la moitié Est du permis sollicité. Ces modèles 3D seront concaténés, puis étendus sur la moitié Ouest du permis, sur la zone dite de « La Grande Garde » (Figure 4), sur laquelle la société a déjà cartographié les principales structures géologiques et évalué la prospectivité des charbons et leur potentiel en gaz. L'extension du modèle 3D s'appuiera notamment sur les données issues des puits existants, qui seront associées aux données sismiques disponibles sur cette zone (environ 150 puits et 940 km de sismiques). Les interprétations de géologie structurale, reprises notamment sur les cartes et les coupes issues de précédents travaux, seront également considérées. Un travail important sera mené pour corrélérer les principales structures et étages géologiques sur l'ensemble de la zone considérée.

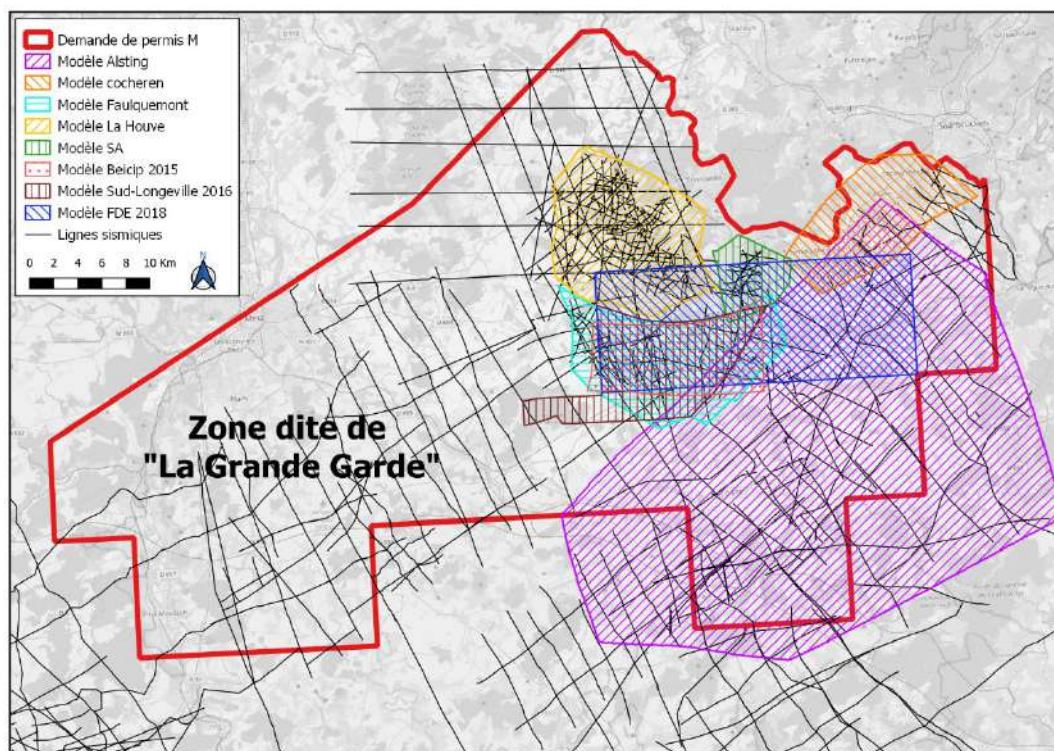


Figure 4 : Limites des principaux modèles géologiques 3D réalisés

Ce modèle régional permettra d'avoir une représentation cohérente et consolidée des caractéristiques géologiques du bassin houiller. La mise en relation entre ce modèle et les résultats obtenus dans le cadre des différentes études décrites précédemment, permettra de définir les zones présentant le meilleur potentiel en hydrogène naturel.

3 Site pilote de production d'hydrogène naturel

Sur la base des résultats des études présentées précédemment, et suite à l'extension des modèles géologiques 3D existants sur la zone Ouest du permis sollicité, un site pilote de production d'hydrogène naturel sera identifié.

Il pourra s'agir de la réutilisation d'un puits existant, ou du forage d'un nouveau puits. Une demande d'autorisation d'ouvertures de travaux miniers pourra alors, le cas échéant, être introduite pour développer

ce site. Dans ce cadre, un programme de forage sera défini (architecture de puits, complétion, programme de diagraphies et de carottage, etc.).

4 Etudes des aspects exploitation et valorisation de l'hydrogène naturel

Les aspects liés à l'exploitation feront également l'objet d'études, notamment en ce qui concerne le système de captage, les options de valorisation et l'économicité du projet.

Des études seront spécifiquement menées sur le développement d'une sonde membranaire permettant la séparation in-situ de l'hydrogène des autres fluides, mais également sur le système de métrologie et la complétion de production les mieux adaptés.

Les compétences de Cryo Pur, filiale de FDE, en matière d'épuration et de liquéfaction des gaz, seront mises à contribution pour définir le process à déployer en surface en phase exploitation.

Enfin, une étude de marché sera menée pour définir une stratégie de valorisation en fonction des besoins régionaux en hydrogène.

5 Forage d'un puits pilote ou complétion d'un puits existant et essai de production (optionnel)

Dans le cas où l'arrêté préfectoral autorisant la réalisation d'un nouveau puits est obtenu avant la fin de la première période de validité du permis de recherches, les travaux de forage pourront être lancés. Au préalable, des appels d'offre seront lancés pour la construction de la plateforme de forage, la réalisation du forage et des essais de production. Ce forage fera l'objet d'un carottage des terrains du Carbonifère, pour analyses laboratoires (cf. §2.2), et d'un programme complet de diagraphies. Il sera complété afin de réaliser des essais de production d'hydrogène.

Si la solution retenue pour le site pilote est la réutilisation d'un puits existant, ce dernier fera l'objet d'un programme de workover, et éventuellement d'un approfondissement. La complétion actuellement en place sera retirée, et une nouvelle complétion adaptée et un système de monitoring seront mis en place dans ce dernier.

Des essais de production pourront alors être réalisés, pour une durée probable de quelques mois. Différents systèmes métrologiques et de séparation in-situ de l'hydrogène pourront alors être testés et comparés (cf. §4).

6 Certification de réserves (optionnel)

Si les essais de production s'avèrent positifs, une évaluation précise du potentiel valorisable sera réalisée, sur la base d'un modèle dynamique, puis certifiée de manière indépendante par une société tierce. L'économicité du projet pourra alors être validée, et un permis d'exploitation déposé.

7 Projets de recherches

Une partie des travaux présentés dans les parties précédentes pourrait également servir de support pour des travaux de recherches additionnels menés dans le cadre d'un nouveau projet de recherches en collaboration avec l'Université de Lorraine et le CNRS dans la continuité du projet Regalor, mené entre 2018 et 2022, qui a notamment permis de réaliser les mesures d'hydrogène naturel dans le puits FOLS-1A.

La série d'études concernant les mécanismes de formation, de transfert et de production d'hydrogène en surface (cf. §2.2) pourrait notamment faire l'objet de thèses ou de post-doc.

Les projets de recherches pouvant être développés en parallèle des travaux de FDE permettront notamment d'approfondir les problématiques de genèse, de réactivité et de transfert de l'hydrogène natif en milieu naturel, en particulier dans un contexte charbonneux. Des recherches économiques, environnementales et sociétales d'une production d'hydrogène sur le territoire mosellan pourront être menées de la même manière que pour le projet Regalor.

8 Engagement financier par année

L'échelonnage du programme de travaux prévisionnel, ainsi que le budget associé, sont présentés dans les Tableau 1, Tableau 2 et Tableau 3, ci-dessous :

		Années				
		1	2	3	4	5
Evaluation du potentiel H ₂	Optimisation de la sonde de mesure <i>Sysmog</i>					
	Intervention sur les puits existants, prélèvements in-situ et analyses laboratoires					
	Extension du modèle géologique 3D sur la zone dite de « La Grande Garde »					
	Etudes sur la formation, la migration et la production en surface d'H ₂					
	Analyses des carottes (FDE/CONOCO/Gironville)					
Site pilote	Identification d'un site pilote (nouveau forage ou reprise d'un puits existant)					
	Rédaction et dépôt d'une DAOTM pour le développement d'un site pilote					
Exploitation	Développement d'un système de captage d'hydrogène					
	Etudes de marché, des options de valorisation et de l'économicité du projet					

Tableau 1 : Échelonnage du programme de travaux prévisionnel

Programme de travaux ferme (k€)	Année 1	Année 2	Année 3	Année 4	Année 5
Frais de personnels FDE/Cryo Pur	47	60	39	307	167
Opérations	246	-	-	-	-
Analyses laboratoires	25	40	40	-	-
Logiciels	25	25	25	-	-
Prestataires	432	210	330	-	-
Total programme ferme annuel (k€)	776	335	454	307	167
Engagement financier ferme sur 5 ans (k€)	2'039				

Tableau 2 : Budget du programme de travaux ferme

Programme de travaux optionnel (k€)	Année 1	Année 2	Année 3	Année 4	Année 5
Frais de personnels FDE/Cryo Pur	-	-	-	-	44
Opérations	-	-	-	400	5'700 ¹
Analyses laboratoires	-	-	-	-	-
Logiciels	-	-	-	-	-
Prestataires	-	-	-	-	170
Total programme ferme annuel (k€)	-	-	-	400	5'914

Tableau 3 : Budget du programme de travaux optionnel

L'engagement financier ferme pour la première période de validité de 5 ans du permis de recherches des Trois-Évêchés s'élève à **2 039 000 €**.

¹ Forage d'un puits pilote, complétion et essai de production