



NEH

LE PROJET

LiCHEN



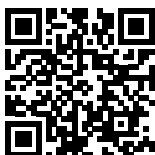
Création d'une unité de capture de CO₂
et de production de carburant d'aviation durable
à Etagnac et Saillat-sur-Vienne.

DOSSIER DE LA CONCERTATION PRÉALABLE

14 AVRIL > 22 JUIN 2025



Étagnac / Saillat-sur-Vienne



Toutes les informations sur
concertation-lichen.eu



Sommaire

Édito	4
Le mot des garants de la CNDP	5
1. Une concertation préalable avec garants sous l'égide de la CNDP	8
1.1 À quoi sert la concertation préalable ?	9
1.2 Les garants de la concertation	10
1.3 Le périmètre de la concertation	11
1.4 Les modalités : comment vous informer et vous exprimer ?	12
2. Le projet LiCHEN en bref	16
2.1 Les enjeux du projet	20
2.2 Les chiffres du projet	20
3. Présentation des maîtres d'ouvrage et du fournisseur de CO₂ biogénique principal du projet	22
3.1 Verso Energy	23
3.2 RTE - Réseau de transport d'électricité	26
3.3 Sylvamo, fournisseur du CO ₂ biogénique	28
4. Le contexte du projet LiCHEN	30
4.1 Réchauffement climatique et CO ₂	31
4.2 Les solutions pour un plus avenir propre	34
4.3 Le contexte réglementaire ou comment la France et l'Europe encouragent et cadrent l'e-SAF	41
4.4 Produire, consommer de l'e-SAF	43
4.5 Le marché autour de l'e-SAF	45
4.6 Le contexte géographique	48
5. Les caractéristiques du projet	50
5.1 Les objectifs du projet	51
5.2 Les sites visés et les aménagements préparatoires nécessaires	52
5.3 Les briques technologiques envisagées	53

6. Effets prévisionnels du projet	62
6.1 Réglementation applicable et études à réaliser	63
6.2 Enjeux en présence sur et autour du site visé pour l'implantation du projet	67
6.3 Les enjeux en phase travaux	70
6.4 Les enjeux en phase d'exploitation	72
6.5 Retombées socio-économiques	81
6.6 Les effets du changement climatique sur le projet	82

7. Les alternatives au projet	84
7.1 Une implantation sur un autre site	85
7.2 Restreindre le périmètre technique du projet	85
7.3 Produire du carburant avec d'autres intrants	86
7.4 Ne pas produire de carburants synthétiques mais séquestrer le CO ₂ biogénique* capté ...	86
7.5 Option zéro : ne pas réaliser le projet	87

8. Les modalités de mise en œuvre du projet LiCHEN et de son raccordement	88
8.1 Les coûts et financements du projet	89
8.2 Les procédures auxquelles le projet serait soumis	90
8.3 Le calendrier prévisionnel	90

9. Le raccordement électrique du projet	92
9.1 La proposition de raccordement	93
9.2 Les caractéristiques d'une ligne électrique aérienne	94
9.3 Les travaux de construction d'une ligne électrique aérienne	97
9.4 Les enjeux et effets du raccordement électrique	101
9.5 La procédure de concertation spécifique aux réseaux électriques	105

Lexique	106
----------------------	------------

Annexes	110
----------------------	------------

Edito



M. Antoine HUARD
Directeur Général

Le secteur du transport aérien est confronté à un défi majeur : réussir sa transition énergétique pour atteindre la neutralité carbone d'ici 2050, en cohérence avec les objectifs de l'Accord de Paris visant à limiter le réchauffement climatique à 1,5°C. Pour relever ce défi, plusieurs leviers sont identifiés par le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) :

- › Améliorer l'efficacité énergétique,
- › Réduire l'intensité carbone des énergies utilisées,
- › Favoriser le report modal
- › Limiter la croissance du trafic

Le projet « LiCHEN » – pour Limousin Carburant Hydrogène et Énergies Nouvelles – s'inscrit pleinement dans cette démarche en se concentrant sur la réduction de l'intensité carbone de l'énergie consommée. Porté par VERSO ENERGY, LiCHEN est une initiative ambitieuse qui associe innovation technologique et synergie industrielle locale pour produire un carburant durable pour l'aviation, connu sous le nom d'e-SAF (electro-Sustainable Aviation Fuel).

Au cœur de ce projet se trouve la papeterie Sylvamo à Saillat-sur-Vienne, acteur industriel local emblématique. Le CO₂ biogénique issu de son activité sera capté et valorisé pour produire un e-SAF, permettant ainsi de remplacer progressivement le kérosène fossile. Ce procédé repose sur une production durable et ne génère aucune consommation additionnelle de biomasse, tout en contribuant activement à la décarbonation du transport aérien, un secteur sous forte pression pour réduire son empreinte écologique.

Ce dossier de concertation est conçu pour vous permettre de mieux comprendre les objectifs et les enjeux du projet LiCHEN. Plus qu'un simple outil informatif, il se veut participatif : il est pour nous essentiel de répondre à vos questions, de recueillir vos retours et de les intégrer dans l'élaboration de la version finale du projet.

Nous croyons fermement que l'e-SAF est une solution clé pour réduire les émissions de gaz à effet de serre dans le secteur aérien et construire un avenir énergétique plus propre, tout en contribuant à la solidité économique de l'un des fleurons industriels du territoire. Votre participation active à cette démarche collective sera déterminante pour garantir la réussite d'un projet partagé et porteur de progrès pour tous.

Antoine Huard

Le mot des garants de la CNDP

« Toute personne a le droit, dans les conditions et les limites définies par la loi, d'accéder aux informations relatives à l'environnement détenues par les autorités publiques et de participer à l'élaboration des décisions publiques ayant une incidence sur l'environnement ».

Extrait de l'article 7 de la Charte de l'environnement

Le respect de l'exercice de ce droit constitutionnel est garanti par la Commission Nationale du Débat Public (CNDP), autorité administrative indépendante créée en 1995 par la Loi Barnier. Au plus près des citoyennes et citoyens, la CNDP est présente sur tout le territoire national à travers ses représentants en région et ses garant.e.s.

La CNDP s'appuie sur 6 valeurs fondamentales :



Indépendance
Vis-à-vis de toutes les parties prenantes



Neutralité
Par rapport au projet



Transparence
Sur son travail et dans son exigence vis-à-vis du responsable de projet



Argumentation
Approche qualitative des contributions et non quantitatives



Égalité de traitement
Toutes les contributions ont le même poids, peu importe leur auteur



Inclusion
Aller à la rencontre de tous les publics

Retrouvez plus d'informations sur <http://www.debatpublic.fr/>

*Les renvois au lexique sont indiqués par ces astérisques *

Par décision du 2 octobre 2024, la CNDP nous a désignés en tant que garant.e.s de la concertation préalable relative au projet LiCHEN, notre lettre de mission est rendue publique sur le site de la CNDP et de la concertation.

Cette mission vise à :

- › Définir les modalités de concertation adaptées qui devront être validées par la CNDP.
- › Accompagner le porteur de projet dans la constitution du dossier de concertation.
- › Veiller à la bonne mise en œuvre organisationnelle de la concertation et au respect des principes de la participation.
- › Permettre à toute personne de disposer d'une information de qualité, sincère, intelligible et aussi complète que possible.
- › Veiller à ce que chacun puisse formuler des questions, obtenir des réponses et émettre un avis argumenté sur le projet, sur son opportunité et ses caractéristiques.
- › Rester à la disposition du public pour l'informer de ses droits.

À l'issue de la concertation, nous rédigerons un bilan, rendu public sur le site de la concertation et de la CNDP, qui présentera la façon dont la concertation se sera déroulée. Il comportera une synthèse des observations et propositions présentées par le public. Ce bilan devra intégrer la liste des questions du public restées sans réponse et nos recommandations aux porteurs de projet pour améliorer l'information et la participation du public qui suivra la concertation préalable.

La concertation préalable s'achèvera avec la transmission à la CNDP de la réponse faite par les porteurs de projet aux enseignements de la concertation aux questions du public et aux recommandations contenues dans notre bilan, dans les deux mois suivant sa publication. Cette décision sera rendue publique sur le site de la CNDP et de la concertation.

Nous souhaitons que cette occasion de vous informer et de contribuer à ce projet suscite votre mobilisation et participation active. Nous restons à votre disposition, nous serons présents à la faveur de tous les événements de cette concertation et vous pouvez nous joindre par courrier ou par courriel aux adresses mentionnées ci-dessous :



Marianne AZARIO
marianne.azario@garant-cndp.fr
CNDP - 244 boulevard Saint-Germain
75007 Paris - France



Roland VERGER
roland.verger@garant-cndp.fr
CNDP - 244 boulevard Saint-Germain
75007 Paris - France



1 Une concertation préalable avec garants, sous l'égide de la CNDP

1.1 À quoi sert la concertation préalable ?

A quoi sert la concertation préalable ?

La concertation préalable est une procédure organisée en amont d'un projet susceptible d'avoir un impact sur l'environnement, le cadre de vie ou l'activité économique d'un territoire.

Cette procédure, décrite aux articles L. 121-15-1, L. 121-16 et L. 121-16-1 du code de l'environnement*, vise à :

- > débattre de l'opportunité, des objectifs et des caractéristiques principales du projet ou des objectifs et des principales orientations du plan ou programme, des enjeux socio-économiques qui s'y attachent ainsi que de leurs impacts significatifs sur l'environnement et l'aménagement du territoire. Cette concertation permet, le cas échéant, de débattre de solutions alternatives, y compris, pour un projet, son absence de mise en œuvre ;
- > informer le public et répondre à ses interrogations sur l'état d'avancement du projet, ses objectifs et ses effets ;
- > enrichir le projet en intégrant au mieux les besoins et les attentes exprimés par le public ;
- > éclairer les maîtres d'ouvrage sur les suites à donner à leur projet, notamment les études nouvelles à conduire ou la manière dont ils peuvent le faire évoluer.

La concertation préalable est obligatoire ou facultative selon les caractéristiques du projet, en application de l'article L. 121-8 du code de l'environnement*. Dans le cas du projet LiCHEN, dont le montant d'investissement est supérieur à 600 millions d'euros, la concertation préalable est obligatoire. VERSO ENERGY et RTE ont saisi en septembre 2024 la Commission nationale du débat public (CNDP). La CNDP a décidé de l'organisation d'une concertation préalable autour du projet et désigné le 2 octobre 2024 deux garants, Marianne AZARIO et Roland VERGER.

Où se situe la concertation dans le développement d'un projet ?

Une concertation s'articule en deux phases principales, de la genèse d'un projet jusqu'à la réalisation des travaux :

> **La phase de participation amont, qui s'étend de la saisine de la CNDP par le porteur de projet jusqu'à l'instruction administrative des demandes d'autorisation.** Cette première phase de participation du public commence par une « concertation préalable » qui a lieu bien avant la réalisation du projet, au stade des études de faisabilité et qui vise à définir l'opportunité du projet, en tenant compte de l'avis du public. Le projet LiCHEN est en phase de la concertation préalable. À l'issue de cette concertation préalable, les co-maîtres d'ouvrage peuvent décider de poursuivre ou d'arrêter le projet. S'ils le poursuivent, le projet entre dans la phase d'optimisation, pendant laquelle sont réalisées les études approfondies (notamment l'étude d'impact) et l'instruction administrative des demandes d'autorisation. Pendant ce temps, l'information et la participation du public se poursuivent sous l'égide des garants ; c'est ce qu'on appelle la « concertation continue ».

> **La phase de participation aval, de l'enquête publique à la réalisation des travaux.** Lors de l'enquête publique, un commissaire enquêteur est nommé, le public est invité à s'informer et à faire ses remarques sur un registre papier ou par voie électronique, sur la base d'un dossier incluant les enseignements des concertations préalable et continue. Cette consultation porte sur un dossier finalisé (projet prêt à être approuvé ou autorisé) et permet d'améliorer et de faire encore évoluer celui-ci. Dès que les autorisations administratives sont obtenues, le maître d'ouvrage peut lancer les travaux.

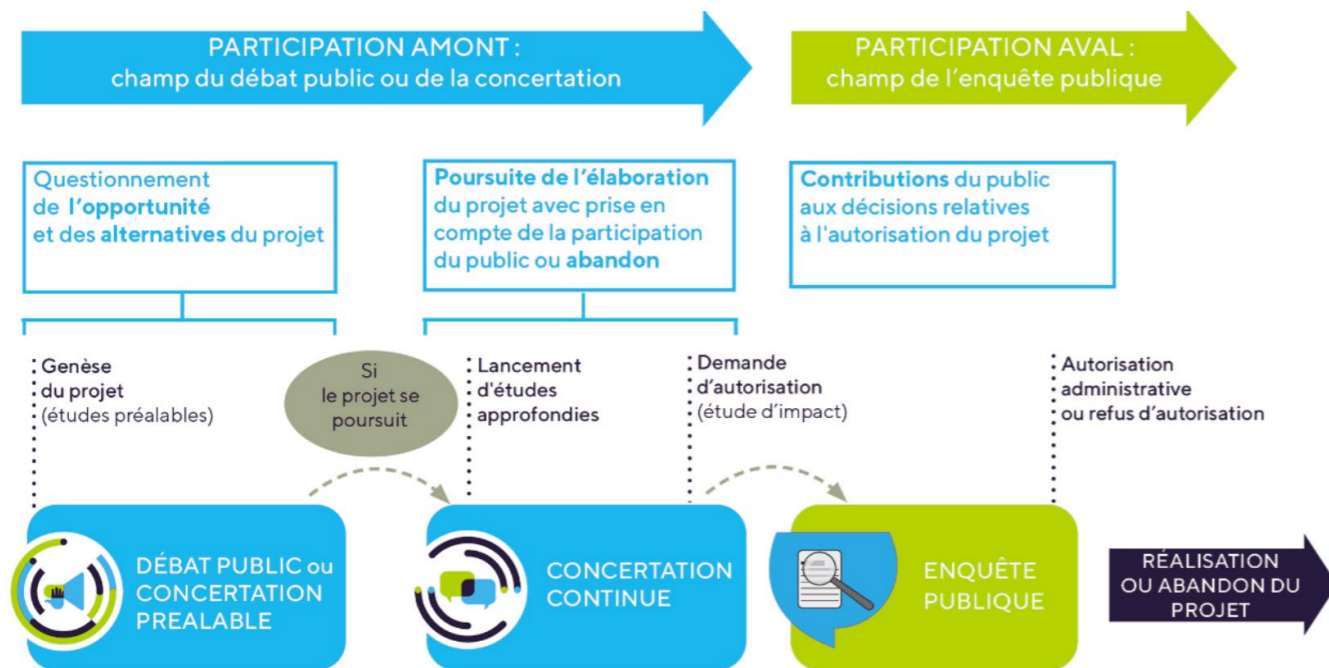


Figure 1 - Les étapes de la concertation

1.2 Les garants de la concertation

Les garants de la concertation préalable en assurent le bon déroulement. Dans le respect des principes de la CNDP, ils s'assurent que la concertation se tient dans les meilleures conditions : transparence des informations fournies et des échanges, équivalence de traitement entre tous les acteurs, argumentation des diverses positions... Ils veillent à la bonne information du public et à la mise en œuvre de modalités

adaptées à l'expression et à la participation de tous. Ils ont également pour mission de rendre compte des questions, observations, propositions formulées par le public durant la concertation, lesquelles visent à discuter et à enrichir le projet. Au terme de la concertation, les garants rédigent un bilan dans lequel ils consignent l'ensemble des avis et arguments exprimés. Ce bilan est rendu public.

Les garants de la concertation du projet LICHEN, Marianne AZARIO et Roland VERGER, sont indépendants des co-maîtres d'ouvrage et dans une position de neutralité à l'égard du projet.

1.3 Le périmètre de la concertation

Le périmètre rapproché envisagé vise à intégrer toutes les communes situées à moins de 3 kilomètres des sites d'implantation.

Le périmètre rapproché

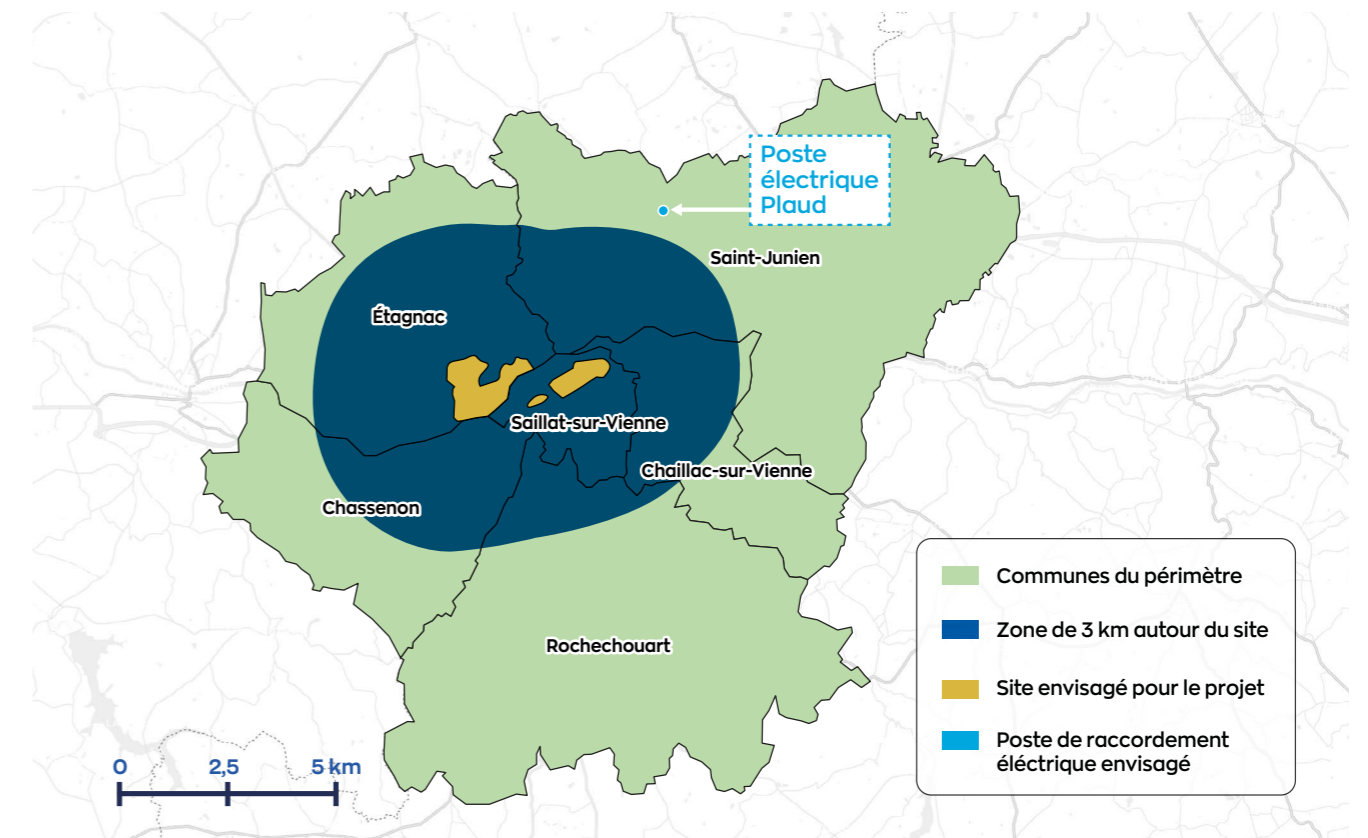


Figure 2 - Périmètre de concertation autour des infrastructures du projet LICHEN (cercle bleu) et communes concernées par la concertation (en vert).

Les 6 communes suivantes sont ainsi concernées :

- > Chaillac-sur-Vienne (87200 - Haute Vienne)
- > Chassenon (16150 - Charentes)
- > Étagnac (16150 - Charentes)
- > Rochechouart (87200 - Haute Vienne)
- > Saillat-sur-Vienne (87200 - Haute Vienne)
- > Saint-Junien (87200 - Haute Vienne)

Le périmètre contiendrait 6 communes pour un total de 18 977 habitants (source INSEE), dont 11 000 habitants pour Saint Junien. Cela correspond plutôt au bassin de vie immédiat autour de la zone d'implantation du projet.

Le périmètre d'influence élargi

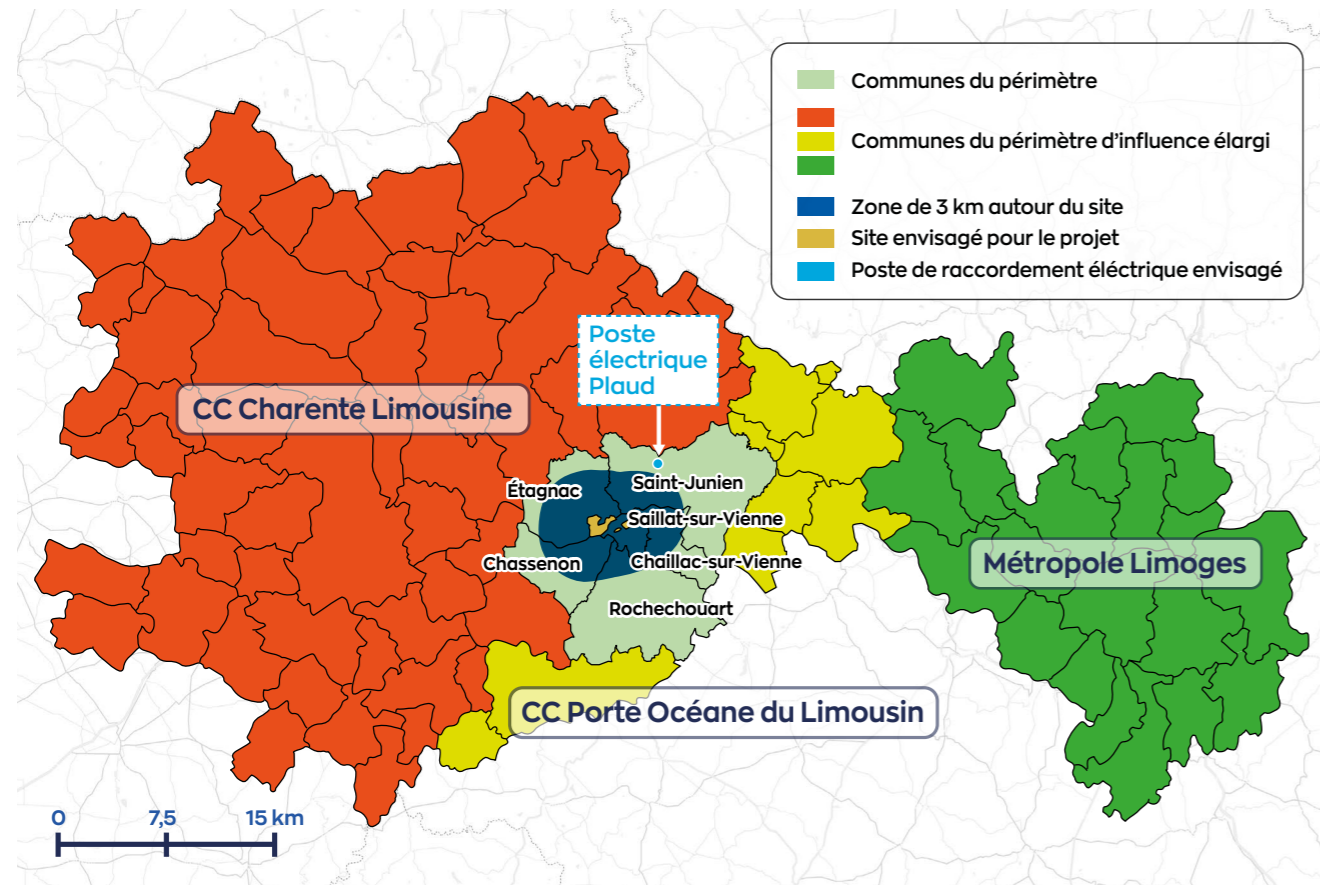


Figure 3 – Périmètre de concertation d'influence élargi

Ce périmètre réunit les communes des 3 EPCI Communauté de communes Porte Océane du Limousin (87), Communauté de communes de Charente Limousine (16) et Métropole Limoges (87).

1.4 Les modalités : comment vous informer et vous exprimer ?

La concertation préalable se déroule du 14 avril 2025 au 22 juin 2025 inclus. Un dispositif d'annonces et d'informations est déployé sur les communes présentes dans le périmètre de la concertation.

Plusieurs modalités d'échanges sont proposées et des outils d'expression sont mis à votre disposition pour vous permettre de vous exprimer et recueillir votre avis.

Les rendez-vous de la concertation

Les **rencontres publiques** rythment la concertation vous permettront de poser des questions et d'exprimer des avis, remarques et points de vue sur les thématiques abordées (NB : le terme « rencontres publiques » désigne les réunions publiques, les ateliers, les rencontres de proximité et toute autre modalité d'échange entre le maître d'ouvrage et les publics).

Les verbatims des réunions seront systématiquement mis en ligne, de même que les présentations diffusées en séances.

Les réunions publiques seront ouvertes à toutes et à tous, soit via le site internet, soit lors des rencontres publiques précédentes.

4 RENCONTRES PUBLIQUES SONT PROPOSÉES :

Mercredi 16 avril 2025

Réunion publique d'ouverture

Salle des fêtes « les 2 Rivières », 1 rue Jean Jaurès, Saillat-sur-Vienne, 18h30

Pour expliquer le contexte de la concertation et ses modalités, présenter les grandes caractéristiques du projet ;

Mercredi 14 mai 2025

Table ronde thématique

Salle des Fêtes, Place Deffuas, Saint-Junien, 18h30

Pour échanger sur la filière e-SAF et la valorisation du CO₂ biogénique. Cet atelier sera en format hybride, vous pourrez donc vous connecter à l'aide d'un lien mis en ligne sur le site internet et poser vos questions via un tchat ;

Jeudi 15 mai 2025

Atelier thématique

Salle des fêtes Charles Ducoudert, 4 Grand Rue, Étagnac, 18h30

Pour présenter comment le projet et son raccordement électrique s'intègrent dans le territoire. Sujets prévisionnels abordés sous formes de tables rondes : raccordement et approvisionnement électrique, technologies, réglementation e-carburants... ;

Jeudi 5 juin 2025

Atelier thématique

Salle des fêtes « les 2 Rivières », 1 rue Jean Jaurès, Saillat-sur-Vienne, 18h30

Pour présenter comment le projet et son raccordement électrique s'intègrent dans le territoire. Sujets prévisionnels abordés sous formes de tables rondes : retombées socio-économiques, effets du projet sur l'environnement et intégration paysagère ;

Mardi 17 juin 2025

Réunion publique de synthèse

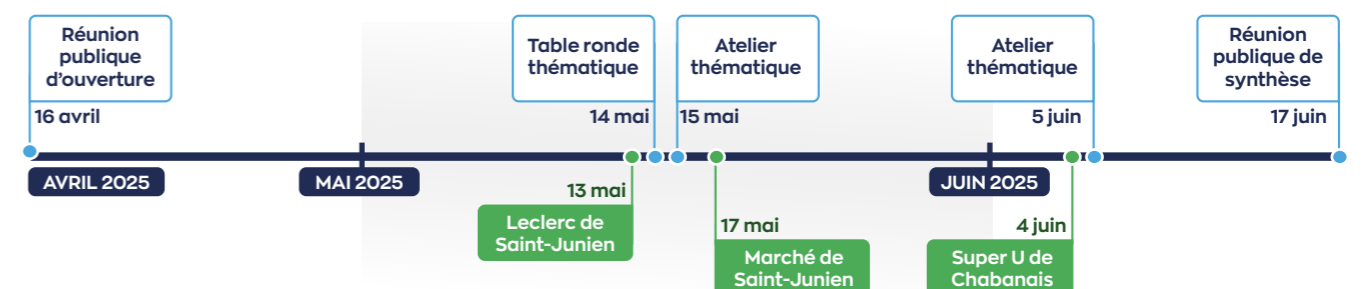
Salle des fêtes Charles Ducoudert, 4 Grand Rue, Étagnac, 18h30

Pour présenter les premiers enseignements tirés de la concertation. La réunion de synthèse sera aussi l'occasion de travailler à la gouvernance de LICHEN, et notamment à l'articulation de la participation du public.



4 rencontres de proximité sont également programmées

- > Leclerc de Saint-Junien - Mardi 13 mai 2025
- > Marché de Saint-Junien - Samedi 17 mai 2025
- > Super U de Chabonais - Mercredi 4 juin 2025
- > Lycée Edouard Vaillant à Saint-Junien



Pour vous informer :

- **Le dossier de concertation** : le présent dossier constitue le document support de la concertation. Il comprend les raisons d'être du projet, ses objectifs, ses principales caractéristiques, son coût estimatif, les solutions alternatives envisagées, un aperçu de ses incidences potentielles sur l'environnement et du niveau de risque qu'il générera ;
 - **Le dépliant de synthèse** : ce document permet d'apporter une information brève sur le projet, d'expliquer la concertation préalable et d'annoncer les rencontres publiques. Il permet aussi le recueil d'avis via un coupon T (préaffranchi). Le dépliant est distribué par La Poste dans toutes les boîtes aux lettres des communes du périmètre restreint.
- Des exemplaires du dépliant de synthèse et du dossier de concertation sont mis à disposition de toutes les communes et intercommunalités du périmètre. Ces documents sont également disponibles à l'attention des participants lors des rencontres publiques (réunions, ateliers, rencontres de proximité, etc.) et téléchargeables sur le site internet de la concertation.
- **Des affiches communicantes** annonçant les dates et lieux des rendez-vous de la concertation sont installées dans les mairies et leurs villages ayant un dispositif d'informations municipales et principaux magasins du périmètre de la concertation.
 - **Les panneaux d'exposition** : Il s'agit de kakémonos qui sont déployés lors des rencontres publiques, et notamment lors des rencontres de proximité, afin d'offrir une rapide vue d'ensemble de l'objet de la concertation.
 - **Une exposition permanente** : sur les deux communes d'implantation du projet avec panneaux informatifs sur le projet et un panneau vierge « A vous de contribuer à ce projet »
 - **Le site internet** dédié à la concertation (www.concertation-lichen.eu) : le site internet permet au public de prendre connaissance du projet et d'accéder à tous les supports de communication, comme le dossier de concertation ou les présentations diffusées lors des rencontres publiques.

Cet outil comporte :

- Des actualités sur la concertation,
- Une présentation du contexte, des objectifs et des caractéristiques du projet,
- Les documents de référence et études,
- Le calendrier des rencontres publiques,

- Les présentations et verbatims des rencontres publiques,
- Un formulaire de dépôt de contributions ou de questions (avec pièce jointe si besoin),
- Les réponses du maître d'ouvrage aux différentes questions du public,
- Les cahiers d'acteurs*.
- Un quizz « Comprendre le projet en 5/10 min »

Pour vous exprimer :

Au-delà des rencontres publiques et de proximité, le public pourra aussi s'exprimer au moyen :

- Des coupons T attachés au dépliant de synthèse,
- Du formulaire de dépôt d'observations, de questions, d'avis et/ou de cahiers d'acteurs* sur le site internet de la concertation,
- Des registres papier en mairies
- Un numéro de téléphone avec message d'accueil et répondeur 07 45 23 39 25
- Panneau vierge sur l'exposition permanente

Les avis et questions reçus via les coupons T seront retranscrits sur le site internet de la concertation préalable.

Les garants pourront également être contactés aux coordonnées indiquées en page 6.

Les suites de la concertation

Le bilan des garants rendra compte du déroulement de la concertation préalable. Il pourra comprendre des recommandations sur la poursuite des échanges au-delà de la concertation préalable. C'est sur la base du bilan des garants et de toutes les observations émises au cours de la concertation que VERSO ENERGY statuera sur la poursuite et les modalités de mise en œuvre du projet. C'est également sur cette base que RTE se positionnera, sur l'évolution éventuelle des raccordements qu'il assure. Les maîtres d'ouvrage annonceront les mesures qu'ils jugent nécessaires de mettre en place afin de tenir compte des enseignements tirés de la concertation et des recommandations des garants.

Si la décision est prise de poursuivre le projet LICHEN, les études détaillées et les processus d'autorisation pourront être engagés (voir partie Calendrier prévisionnel).

NEH

2

Le projet en bref

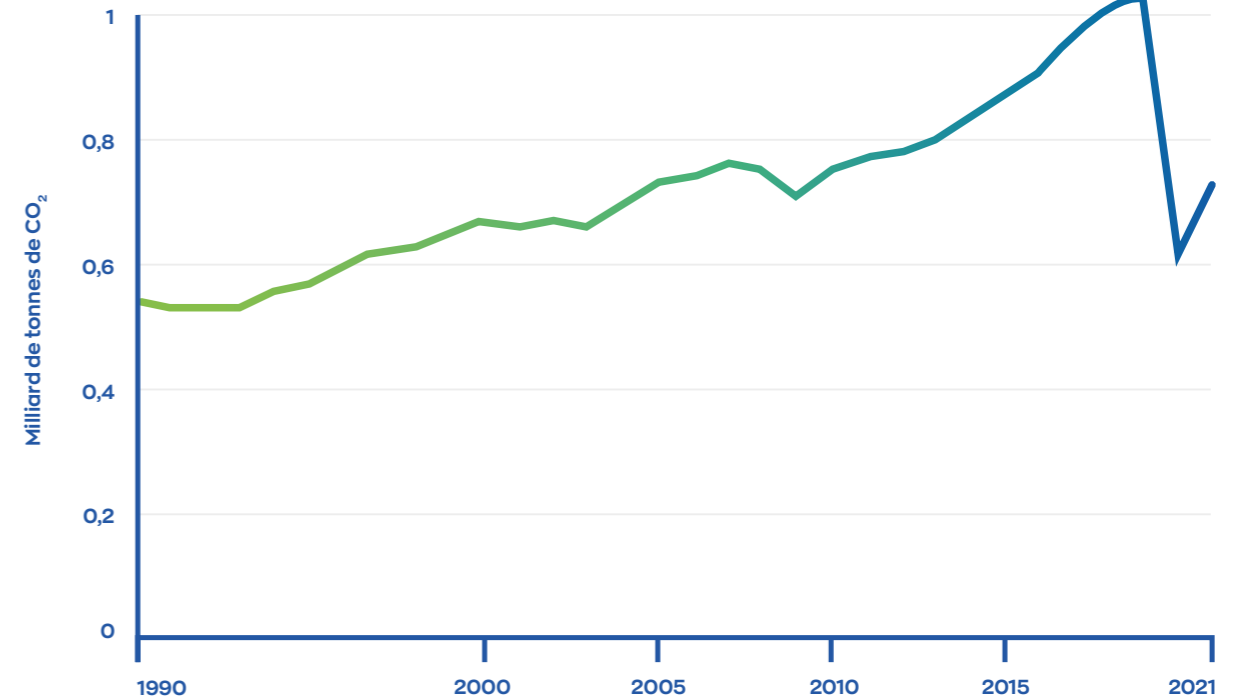


Figure 4 - Émissions mondiales de l'aviation depuis 1990² en milliard de tonnes de CO₂

En 2024, le trafic mondial a dépassé les 4,8 milliards de passagers et devrait doubler d'ici vingt ans selon les prévisions de l'Association internationale du transport aérien. Les émissions de gaz à effet de serre (GES)* de l'aviation sont en croissance depuis 30 ans malgré l'amélioration significative des performances technologiques. Les émissions mondiales de GES liées au transport aérien civil représentent 3,1 % des émissions mondiales liées à l'énergie et pourraient doubler d'ici 2050 si aucun effort n'est concrétisé, selon un rapport de l'académie des technologies³. Face à cette problématique, aux enjeux climatiques associées et afin de répondre aux objectifs français et européens de décarbonation, l'aviation doit donc se réinventer.

Les solutions les plus évidentes consisteraient à réduire le trafic aérien. Si la diminution des vols courts courriers est relativement simple à mettre en œuvre,

le trafic des longs courriers continue d'augmenter. Quant à l'électrification des avions, elle reste une option immature pour le moment, car les batteries actuelles sont trop lourdes et volumineuses pour assurer un transport efficace de passagers et de marchandises par voie aérienne.

Dans ce contexte, le projet LiCHEN (Limousin Carburant, Hydrogène et Energies Nouvelles) propose de produire une autre solution de substitution : remplacer le carburant polluant existant par un carburant d'aviation durable. Ce carburant aussi appelé e-SAF* (Sustainable Aviation Fuel), a la même composition que le kérosène classique et assure grâce à sa méthode de production que son utilisation n'a pas d'impact climatique.

² Données de « Our World in Data », une publication scientifique : <https://ourworldindata.org/global-aviation-emissions>

³ Académie des technologies, La décarbonation du secteur aérien par la production de carburants durables, 2023

Le processus de production d'e-SAF se divise en 4 étapes (détaillées en section 5.3) :

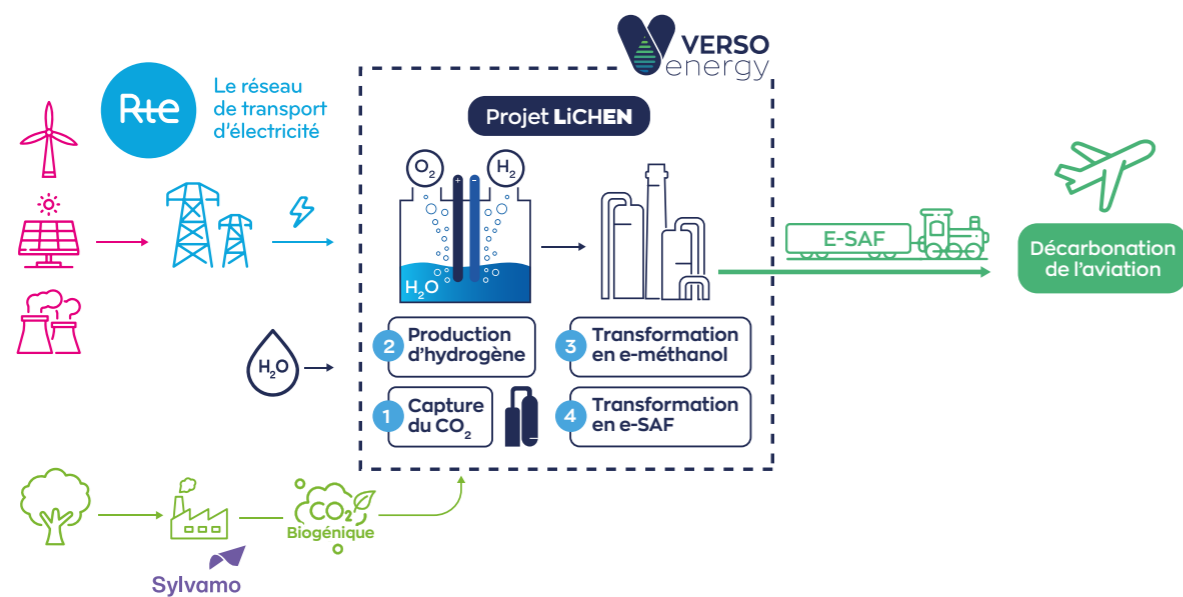
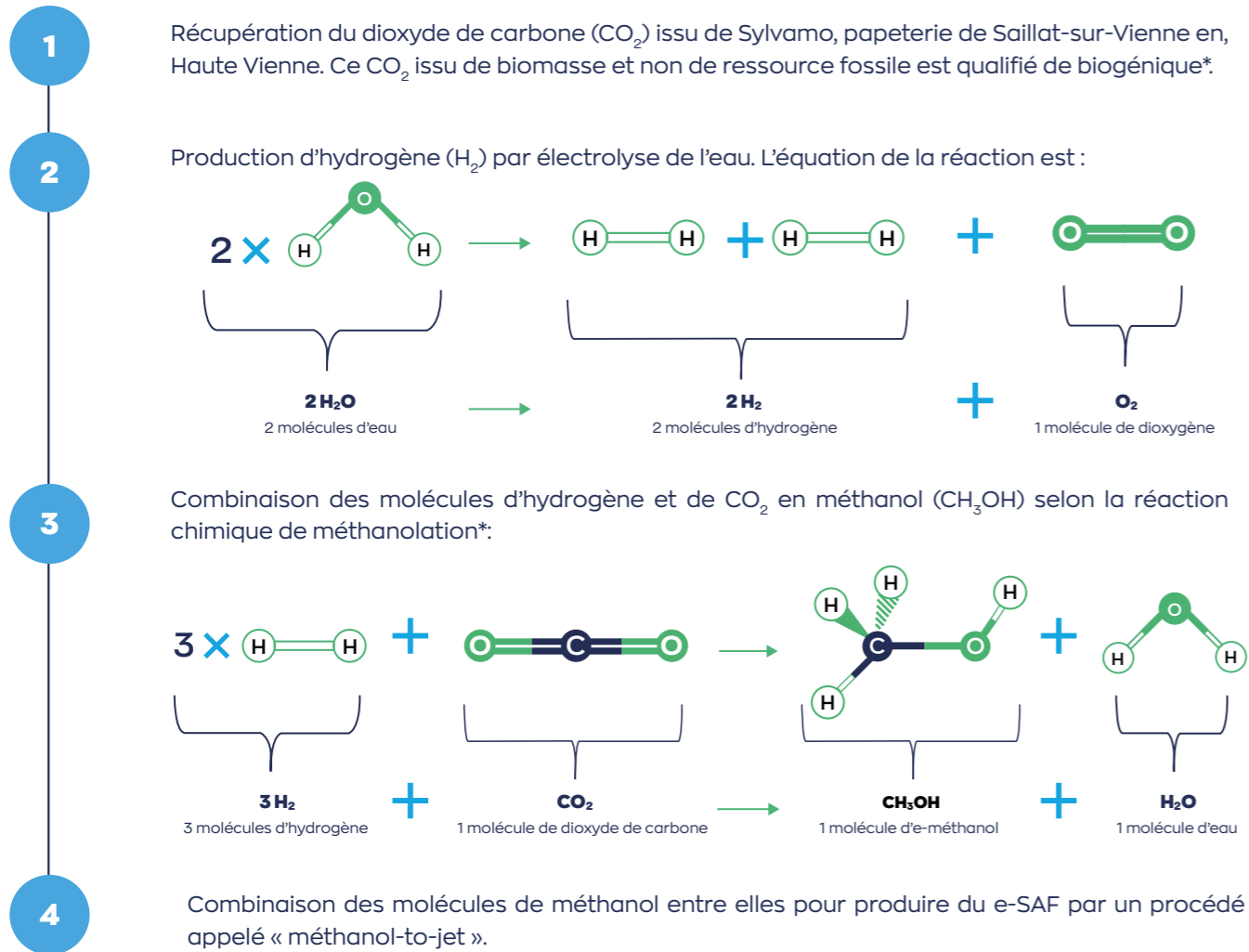


Figure 5 - Schéma de principe du projet

Le site du projet se trouve autour de la papèterie de Sylvamo à cheval sur les communes d'Étagnac et Saillat-sur-Vienne.

Du fait de sa production d'hydrogène par électrolyse de l'eau, le projet nécessitera une alimentation électrique dédiée et sera donc relié au réseau français de transport d'électricité géré par RTE. Une capacité totale de soutirage de 900 MW* a été réservée auprès de ce dernier, qui en tant que co-maître d'ouvrage du projet s'occupera de la réalisation du raccordement électrique du site LiCHEN (voir partie Raccordement électrique). La ligne de 400 000 volts envisagée serait aérienne depuis le poste électrique* de Plaud situé à environ 8 km du site.

Il est important de préciser que, sur la carte ci-dessous, les sites en vert sont bien les zones envisageables, mais tous ne seront pas utilisés. Une sélection de l'ordre de 35 ha de terrain serait effectuée pour le projet parmi les plus de 150 ha présentés ici.

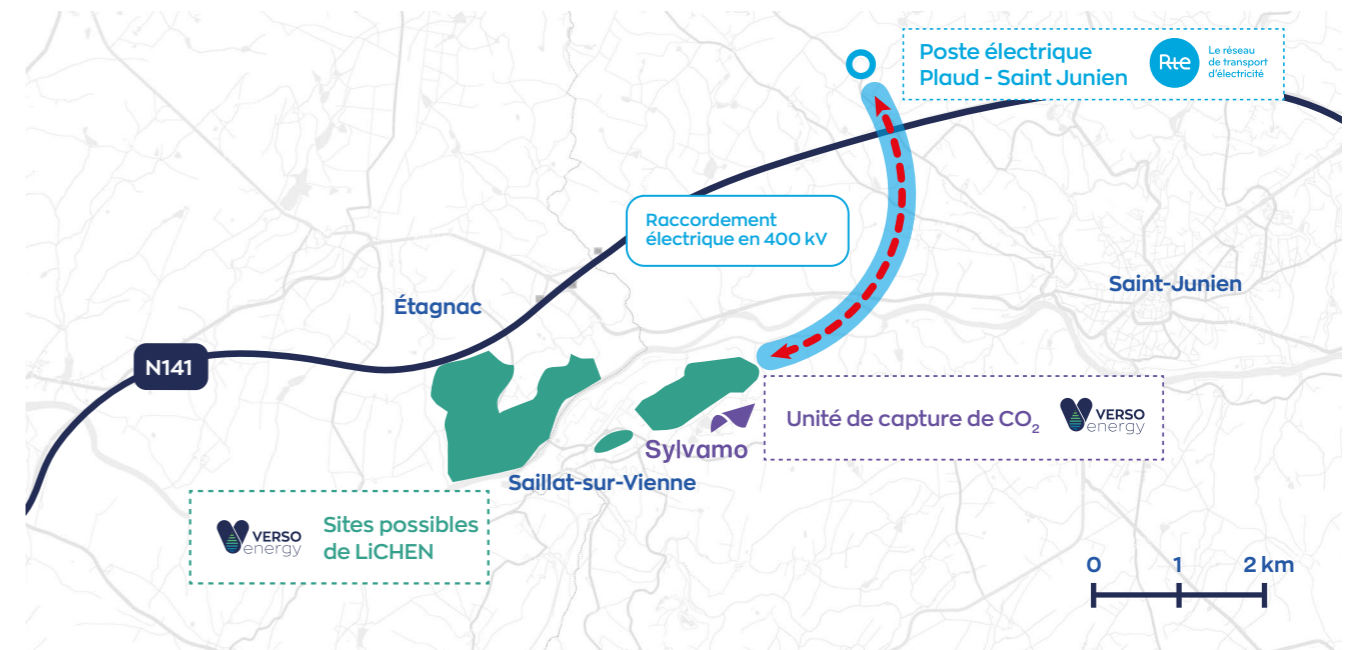


Figure 6 - Localisation du projet

2.1 Les enjeux du projet

La décarbonation de l'aviation par l'e-SAF comme moyen d'atteindre les objectifs européens de transition et d'indépendance énergétique.

Les carburants durables* comme l'e-SAF ont été retenus par l'Union Européenne comme un vecteur majeur de la décarbonation du secteur aérien aux côtés d'autres leviers d'action comme l'amélioration de l'efficacité énergétique, le report modal (choix d'un autre moyen de transport) et la réduction du niveau de trafic.

En effet la substitution du kérosène conventionnel fossile par des carburants durables* permettrait de réduire de plus de 60 % des émissions liées au secteur de l'aviation. Par ailleurs la production d'e-SAF ne nécessitant que de l'eau, de l'électricité et du CO₂ capturé auprès d'usines locales, le développement de la filière contribuerait à l'indépendance de l'Europe vis-à-vis des importations de combustibles fossiles étrangers.

La production d'e-SAF du projet LICHEN permettrait d'éviter l'émission de 370 000 tonnes de CO₂ par an, soit les émissions annuelles de plus de 37 000 Français⁴ selon un bilan carbone suivant les méthodes de l'ADEME.

Contribution au dynamisme du territoire

Le projet LICHEN est un projet innovant qui, tout en s'inscrivant dans la continuité des activités industrielles historiques du territoire, permettrait à celui-ci d'entamer un nouveau chapitre dédié aux carburants, mais en étant résolument tourné vers l'avenir. Le projet permettrait l'implantation d'une nouvelle filière industrielle créatrice d'emplois, de formations et de retombées économiques, en synergie avec l'activité locale de Sylvamo.

2.2 Les chiffres clés du projet

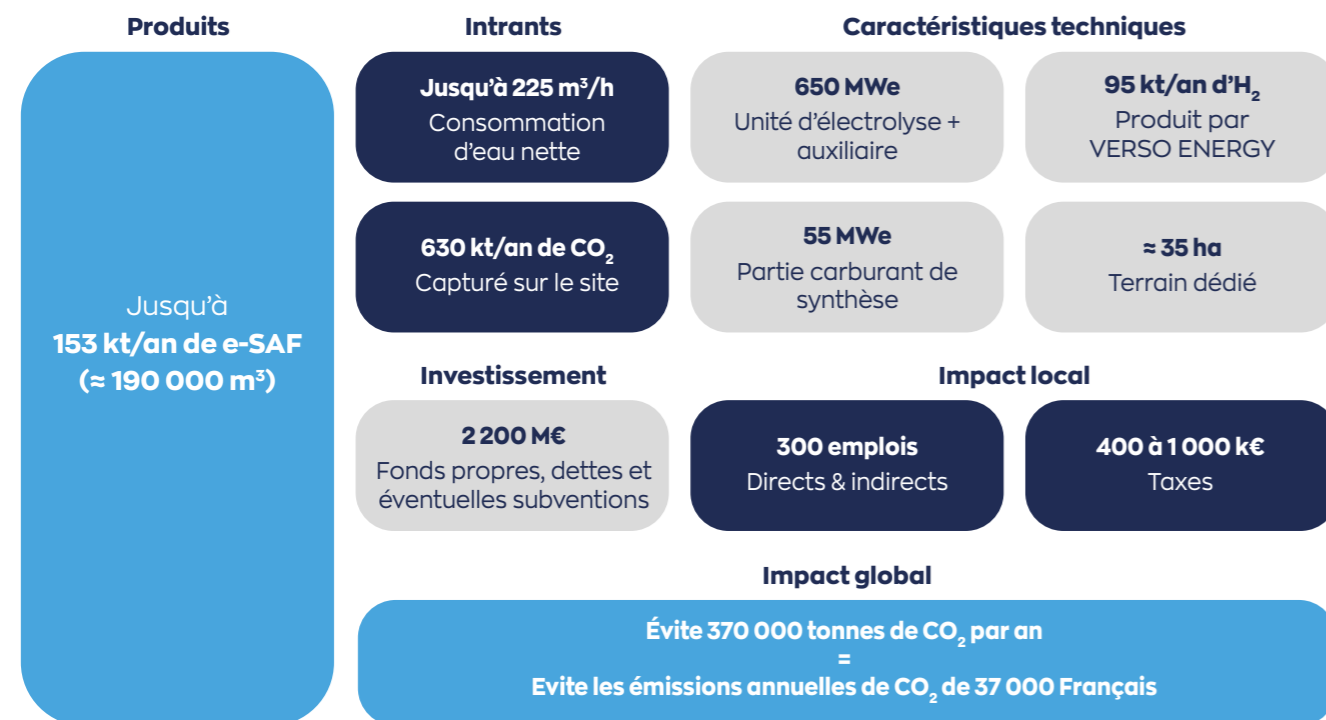


Figure 7 - les chiffres du projet

⁴Selon l'ADEME, un français émet en moyenne 10 tonnes de CO₂ par an : <https://agirpourlatransition.ademe.fr/particuliers/conso/conso-responsable/connaissez-vous-votre-empreinte-climat>

3

Présentation des maîtres d'ouvrage et du fournisseur de CO₂ biogénique principal du projet

Présentation des maîtres d'ouvrage

3.1 Verso Energy

La société

La société VERSO ENERGY a été créée en 2021 à l'initiative de Xavier Caïtucoli et Antoine Huard, à partir d'un constat partagé : les modèles énergétiques sur lesquels reposent notre économie doivent être adaptés pour accompagner la transition énergétique et poser les fondements d'une économie nouvelle reposant sur :

- > l'abondance de sources d'énergies propres,
- > une architecture de réseaux d'énergie plus décentralisée et plus résiliente aux aléas notamment climatiques,
- > l'hydrogène comme combustible décarboné afin de s'affranchir de notre dépendance aux énergies fossiles.

Les solutions techniques pour rendre possible un mix énergétique décarboné sont connues – reste à relever le défi de la rapidité et l'envergure de leur déploiement pour respecter la feuille de route mondiale de la lutte contre le dérèglement climatique.

VERSO ENERGY s'attache à déployer ces solutions en mobilisant son expertise et ses capacités financières pour mener à bien le développement, l'ingénierie, le financement, la construction et l'exploitation d'installations de plusieurs types :



Production d'énergies renouvelables

VERSO ENERGY développe, finance et exploite des parcs essentiellement solaires, équipés de capacités de stockage. Une fois opérationnels, l'entreprise exploite ses parcs pour produire de l'électricité renouvelable adaptée aux besoins de ses actifs de production d'hydrogène et de carburants de synthèse développés par ailleurs.



Système de gestion de l'énergie

VERSO ENERGY développe un outil de gestion de l'énergie (en anglais Energy Management System - EMS) qui vise à optimiser l'exploitation des différentes installations énergétiques de l'entreprise. Cet EMS permet en effet de créer des synergies entre les différents actifs énergétiques de VERSO ENERGY (parcs solaires, électrolyseurs ...) afin d'adapter la production énergétique (électricité, hydrogène, carburants) à la demande et aux contraintes du réseau électrique en temps réel. Cela a pour but d'améliorer l'efficacité énergétique de l'ensemble du portefeuille, de réduire les coûts opérationnels et d'alléger la pression sur le réseau de transport d'électricité.



Production d'hydrogène renouvelable et bas carbone et de carburants de synthèse en combinant l'H₂ et le CO₂ biogénique*

VERSO ENERGY contribue à l'émergence d'une économie post-pétrole en produisant de l'hydrogène décarboné et des carburants de synthèse. L'hydrogène est destiné à des secteurs difficiles à décarboner autrement que grâce à cette molécule, comme la sidérurgie ou la chimie, et les carburants de synthèse permettront de décarboner les transports lourds comme le maritime et l'aérien.

Plus précisément, la stratégie de développement de VERSO ENERGY repose sur la gestion de l'énergie tout au long de sa chaîne de valeur, depuis la production de l'électron jusqu'à la commercialisation dudit électron ou de la molécule qui en dérive (hydrogène ou carburant) à des partenaires industriels et de mobilité.

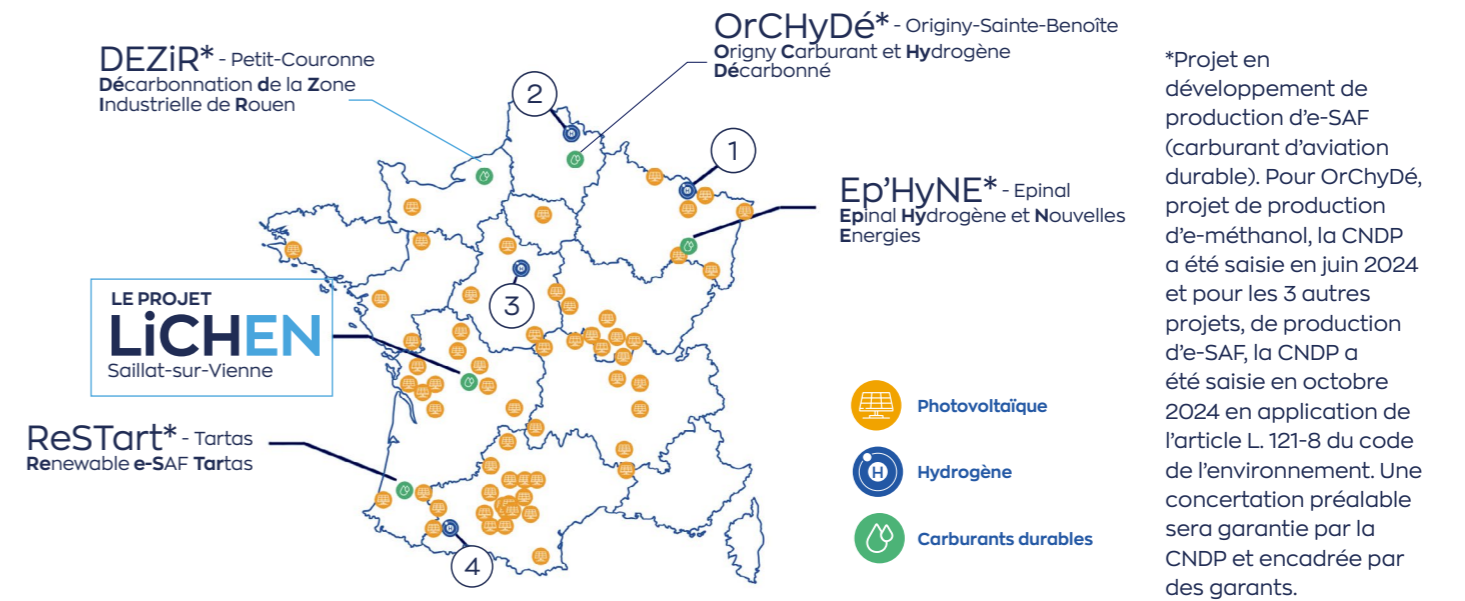


Figure 8 - Proposition de valeur de VERSO ENERGY

Grâce à sa soixantaine d'employés répartis entre Paris, Lyon, Marseille, Toulouse et Bordeaux, VERSO ENERGY développe des écosystèmes énergétiques sur l'ensemble du territoire français. L'entreprise optimise ensuite les flux d'énergie entre les

infrastructures énergétiques de son portefeuille afin de fournir à chacun de ses clients l'énergie souhaitée dans les délais requis et à des coûts compétitifs.

Les principaux projets de production de carburants de synthèse développés par l'entreprise sont indiqués sur la carte ci-dessous :



*Projet en développement de production d'e-SAF (carburant d'aviation durable). Pour OrChyDé, projet de production d'e-méthanol, la CNDP a été saisie en juin 2024 et pour les 3 autres projets, de production d'e-SAF, la CNDP a été saisie en octobre 2024 en application de l'article L. 121-8 du code de l'environnement. Une concertation préalable sera garantie par la CNDP et encadrée par des garants.

Projets hydrogène :

- ① CarlHyng - permis déposé, en cours d'instruction
- ② H₂ Hub Denain - permis déposé, en cours d'instruction
- ③ H₂ Hub Loiret - permis déposé, en cours d'instruction
- ④ H₂ Hub Tarbes - développement amont

Projet	Intrants	Produit principal	Exportation du produit	Investissement
CarlHyng concertation-carlhyng.eu	H ₂ O ⚡	17 à 51 kt d'hydrogène dédié à l'industrie	Exportation par pipeline	450 M€
OrCHyDé concertation-orchyde.eu	H ₂ O ⚡ CO ₂ Biogénique	110 à 180 kt d'e-méthanol dédié au transport maritime et à la chimie verte	Exportation par train	630 - 850 M€
DEZiR concertation-dezir.eu	H ₂ O ⚡ CO ₂ Biogénique	81 kt/an de carburant durable de synthèse pour aviation (e-SAF)	Exportation par pipeline	1 300 M€
Ep'HyNE	H ₂ O ⚡ CO ₂ Biogénique	81 kt de carburant d'aviation durable (e-SAF)	Exportation par train	1 400 M€
ReStart restart-concertation.eu	H ₂ O ⚡ CO ₂ Biogénique	81 kt de carburant d'aviation durable (e-SAF)	Exportation par train	1 400 M€

Figure 9 - Répartition des autres projets de VERSO ENERGY actuellement en développement

⁵ Vous y retrouverez les pages :

- Usine de production de carburant de synthèse (ReStart)
- Usine de production de carburant de synthèse (Ep'Hyne)
- Usine de production de carburant de synthèse (DEZiR)
- Usine de production de carburant de synthèse (OrCHyDé)
- Usine de production d'hydrogène renouvelable (CarlHyng)

Pour plus d'informations sur les projets Ep'HyNE et ReStart vous pouvez consulter les fiches projets sur le site Internet www.debatpublic.fr⁵

Les actionnaires de VERSO ENERGY

VERSO ENERGY a été financée dans un premier temps pour l'essentiel par ses fondateurs :

crescendix

> Xavier Caïtucoli – également co-fondateur de l'entreprise Direct Énergie, rachetée en 2018 par TotalEnergies – via son fonds d'investissement CRESCENDIX ;

> et Antoine Huard (ex-Directeur du Développement de la Générale du Solaire).

Depuis la levée de fonds de 50 millions d'euros réalisée par VERSO ENERGY en janvier 2023, l'entreprise a vu son actionariat étendu aux sociétés suivantes pour environ 32,1 % des parts :



> Gérant d'actifs indépendant, spécialiste du financement des entreprises, s'engage à long terme aux côtés des entreprises pour financer leur croissance à travers quatre stratégies : la dette privée, les infrastructures de la transition énergétique, le « private equity » et les actions et crédits cotés. Sa mission est d'investir pour un monde durable, en développant des stratégies d'investissement générant des impacts positifs sur l'environnement et la société. Il accompagne les entreprises financées dans leur transition environnementale et sociétale. Présent en Europe et aux Etats-Unis, Eiffel Investment Group est détenu par son équipe et par Impala, acteur majeur dans le domaine de la transition énergétique.



> Société de capital-risque française, filiale d'AMS INDUSTRIES, ayant essentiellement pour objet d'investir, directement ou indirectement, dans des sociétés non cotées notamment dans le secteur de l'énergie.

3.2 RTE - Réseau de transport d'électricité

RTE, gestionnaire du réseau de transport d'électricité, assure une mission de service public : garantir l'alimentation en électricité 24h/24 et 7j/7 sur le territoire national grâce à ses 10 025 salariés en gérant en temps réel les flux électriques et l'équilibre entre production et consommation.

RTE maintient et développe le réseau haute et très haute tension (de 63 000 à 400 000 volts) qui compte près de 100 000 kilomètres de lignes aériennes, 7 000 kilomètres de lignes souterraines, 2 900 postes électriques en exploitation ou co-exploitation et 51 lignes transfrontalières. Le réseau français, qui est le plus étendu d'Europe, est interconnecté avec 37 autres pays. En tant qu'opérateur industriel neutre et indépendant, RTE optimise et transforme son réseau pour rendre possible la transition énergétique quels

que soient les choix énergétiques futurs. En particulier, dans le cadre de l'accès au réseau, RTE est amené à assurer le raccordement des nouveaux clients, dans les conditions fixées notamment par le Code de l'énergie et sous le contrôle de la Commission de Régulation de l'Énergie (CRE).

Enfin, RTE, par son expertise et ses rapports, éclaire les choix des pouvoirs publics.⁶

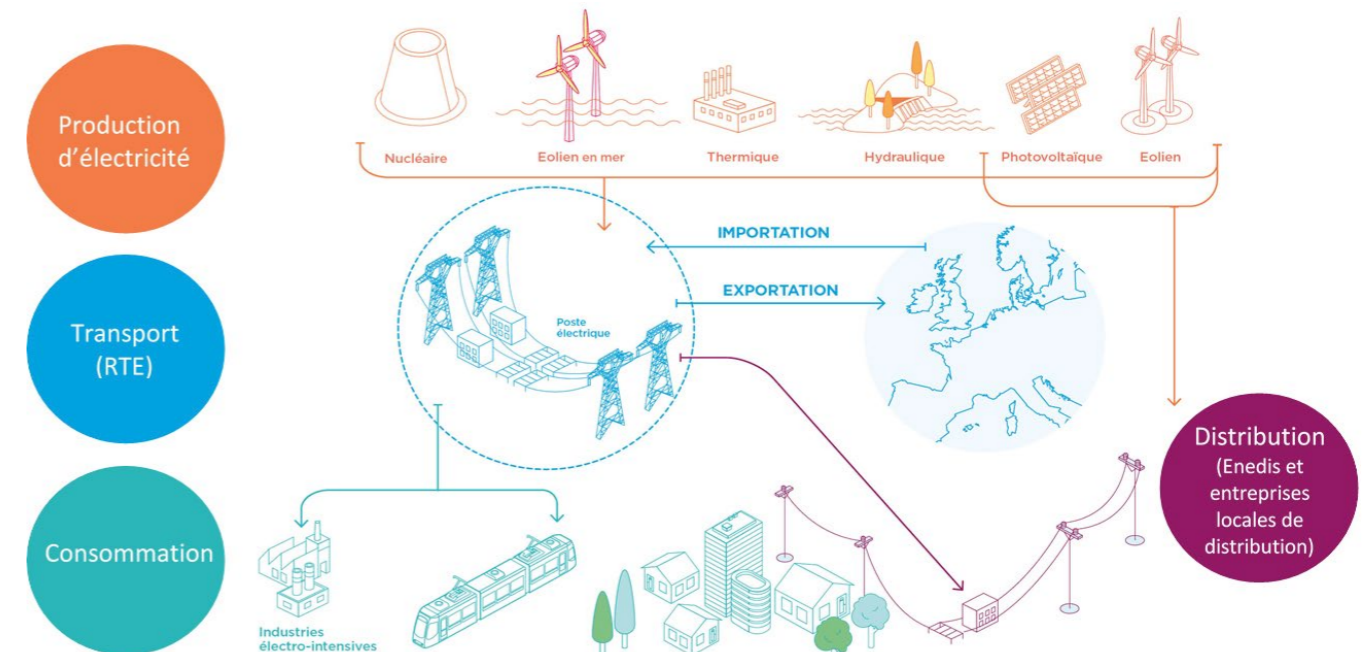


Figure 10 - La position de RTE au sein du paysage électrique (RTE, 2022)

- > **Production** : L'électricité est produite par différentes sources d'énergie, principalement nucléaire et renouvelables, tels l'éolien, l'hydraulique ou le photovoltaïque.
- > **Transport** : RTE transporte en France métropolitaine, 24h/24 et à chaque seconde, l'électricité à haute et très haute tension et assure l'équilibre entre production et consommation. Il alimente les distributeurs d'électricité, les clients industriels, les entreprises ferroviaires, et gère l'importation et l'exportation avec les pays frontaliers.
- > **Distribution** : L'électricité est distribuée aux particuliers et aux PME-PMI, en moyenne et basse tension, par Enedis et des entreprises locales de distribution.

⁶ Deux rapports RTE sont d'ailleurs pertinents dans le cadre de ce dossier de concertation :

Futurs énergétiques 2050
<https://www.rte-france.com/analyses-tendances-et-prospectives/bilan-previsionnel-2050-futurs-energetiques>

Rapport sur l'hydrogène
<https://www.rte-france.com/synthese-transition-vers-hydrogene-bas-carbone-2030-2035>

3.3 Sylvamo, fournisseur du CO₂ biogénique*

Sylvamo est l'exploitant du site papetier de Saillat-sur-Vienne dans la Haute-Vienne. Il s'agit de la seule usine de papier impression-écriture entièrement intégrée en France. Elle s'étend sur 104 ha et produit à la fois de la pâte à papier et du papier.

Pour ses activités papetières, Sylvamo exploite plusieurs chaudières biomasses. Ces unités sont approvisionnées en biomasse provenant très majoritairement des sous-produits de la production de la pâte à papier.

Sylvamo vise également à améliorer son impact climatique et sa gestion des ressources naturelles ainsi qu'à contribuer à la transition énergétique en réduisant les émissions de gaz à effet de serre⁷. La production d'énergie à partir de biomasse est considérée comme renouvelable car elle repose sur la valorisation de matières organiques.

Dans le cadre du projet LiCHEN, Sylvamo ne construira aucune installation nouvelle (y compris installations de raccordement) mais fera capter son CO₂ par une unité de capture construite et exploitée par VERSO ENERGY. À ce titre, il n'est pas considéré comme un co-maître d'ouvrage, au sens du L.122-1 du code de l'environnement, mais comme un fournisseur de VERSO ENERGY.

Des synergies avec Sylvamo, industriel clé de la région

Sylvamo n'est pas maître d'ouvrage du projet LiCHEN mais des études de synergies entre le projet LiCHEN et la papèterie sont envisageables. A ce stade d'avancement, deux axes de travail majeurs ressortent comme particulièrement prometteurs :

Intégration thermique : des échanges d'énergie thermique pourraient bénéficier réciproquement aux procédés de Sylvamo et de LiCHEN. En effet, chacun des procédés de Sylvamo ou de LiCHEN consomme et produit des flux de chaleur sous des conditions spécifiques qui peuvent-être partiellement fournies par le procédé de l'autre, minimisant ainsi le recours à des sources d'énergie externe.

Le recyclage des eaux industrielles de Sylvamo par LiCHEN.

Toute autre synergie bénéfique identifiée ultérieurement pourrait aussi être étudiée.

⁷ Pour plus d'informations sur les engagements pour la planète de Sylvamo

[sylvamo.com/fr/fr/durabilite/nos-objectifs-pour-2030](https://www.sylvamo.com/fr/fr/durabilite/nos-objectifs-pour-2030)

NEH

4.1 Réchauffement climatique et CO₂

Le réchauffement climatique

Depuis le XIXe siècle, l'humanité a commencé à brûler massivement des énergies fossiles comme le charbon, le pétrole et le gaz, libérant ainsi de grandes quantités de dioxyde de carbone (CO₂) dans l'atmosphère. Cette accumulation de CO₂, un gaz à effet de serre, modifie l'équilibre naturel du climat de la Terre. L'augmentation de la concentration de CO₂ contribue à l'élévation des températures mondiales, un phénomène appelé réchauffement climatique. En conséquence, ce changement a des impacts sur les écosystèmes, les conditions météorologiques et les sociétés humaines à l'échelle mondiale.

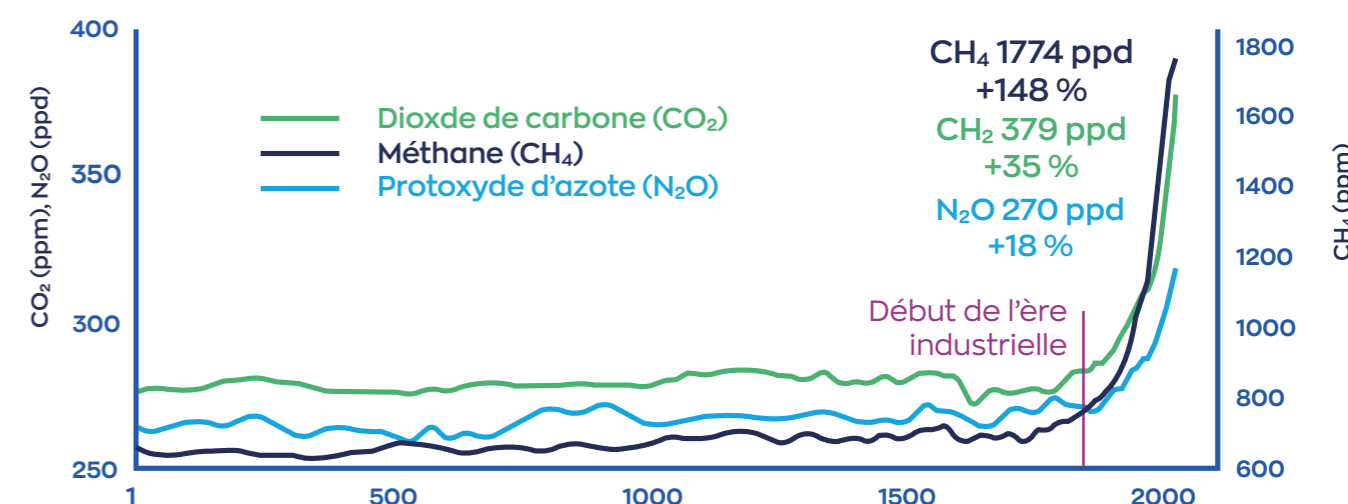
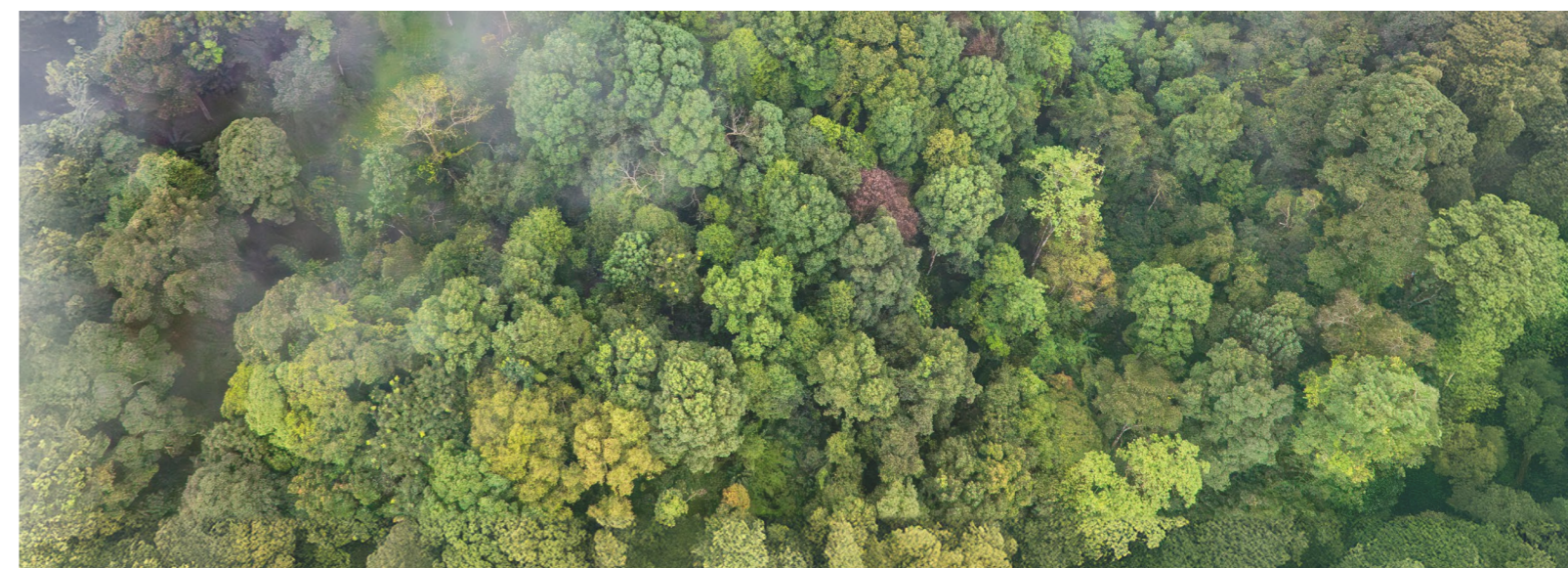


Figure 11 - Concentration de CO₂ dans l'atmosphère (en vert) de l'an 1 à 2005⁸



4 Le contexte du projet LiCHEN

⁸ Giec, 1^{er} groupe de travail, 2007

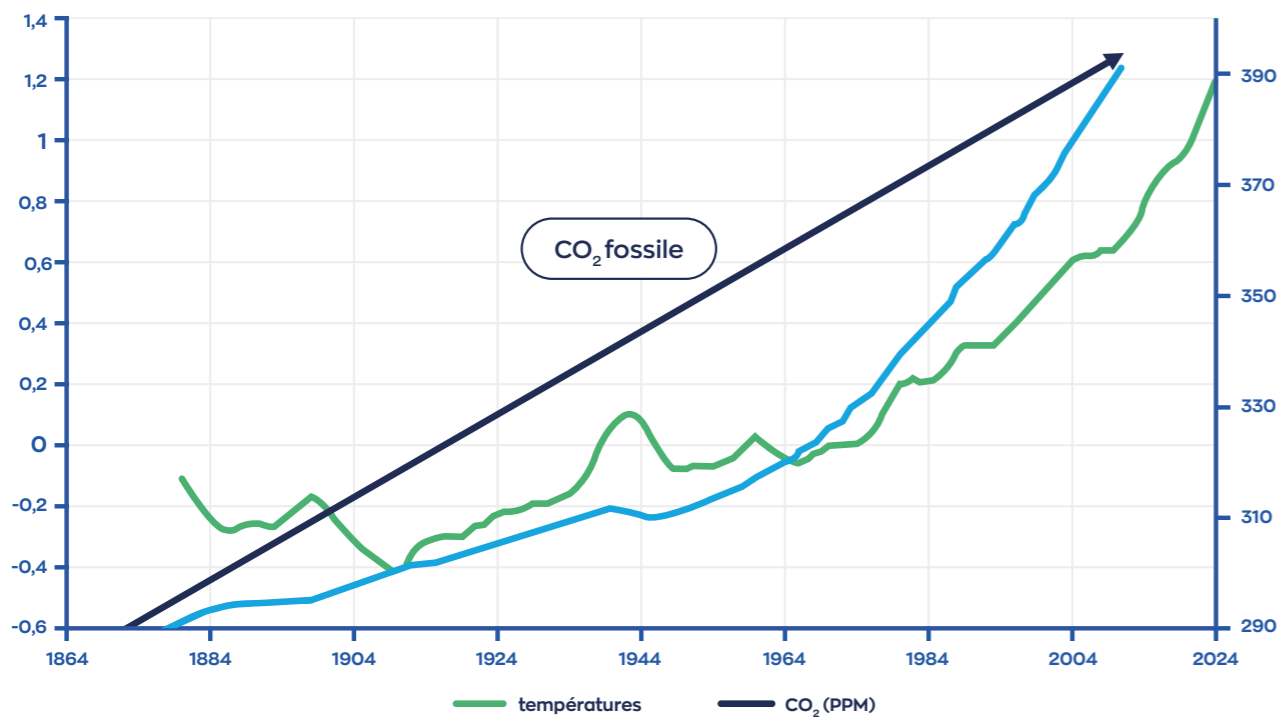


Figure 12 - températures par rapport à la température moyenne entre 1951 et 1980 (en vert)⁹ et corrélation avec la concentration de CO₂ dans l'atmosphère (en bleu clair)¹⁰

L'effet de serre

Le réchauffement climatique est causé par l'augmentation des émissions de dioxyde de carbone (CO₂) due à la combustion des énergies fossiles. Le CO₂, ainsi que d'autres gaz à effet de serre comme le méthane (CH₄) et l'ozone (O₃), retiennent la chaleur du soleil dans l'atmosphère, ce qui réchauffe la planète.

Normalement, une partie de cette chaleur est renvoyée dans l'espace, mais l'excès de CO₂ empêche cette dissipation, créant un « effet de serre renforcé » qui augmente la température globale. Ce réchauffement entraîne des événements météorologiques extrêmes (vagues de chaleur, tempêtes, sécheresses, inondations), fait fondre les glaciers et élève le niveau des mers, menaçant les zones côtières et provoquant des migrations et des pertes économiques.

Les écosystèmes sont également perturbés, forçant certaines espèces à migrer ou à disparaître. Cela affecte directement les ressources naturelles, l'agriculture et la biodiversité. En résumé, l'accumulation de CO₂ altère gravement le climat et impacte la vie humaine, la santé, la sécurité alimentaire et économique, ainsi que le bien-être des générations futures.

D'où vient ce CO₂ dans l'atmosphère ?

Le cycle du CO₂ biogénique

Il est important de noter que le CO₂ existait bien avant les émissions fossiles de l'homme. En effet, le carbone est au cœur de la vie : tous les êtres vivants en sont constitués, ce carbone est appelé « carbone biogénique ».

Ce mécanisme forme un cycle fermé et équilibré : le CO₂ n'est ni ajouté ni retiré de l'atmosphère de manière durable.

- 1 Les plantes capturent le CO₂ présent dans l'atmosphère pour croître et se développer.
- 2 Lorsqu'une plante meurt, le carbone qu'elle contient retourne dans l'atmosphère.
- 3 Ce carbone ainsi libéré est ensuite réabsorbé par de nouvelles plantes ou intégré dans d'autres formes de vie.

Les émissions de CO₂ fossile

La révolution industrielle, les transports, l'industrie et la production d'énergie ont considérablement augmenté les émissions de CO₂. Ce CO₂ est qualifié de « fossile », car il provient de réservoirs de carburants fossiles (pétrole, charbon, gaz naturel) qui contiennent du carbone enfoui depuis des millions d'années. En brûlant ces énergies fossiles, l'humanité libère dans l'atmosphère du CO₂ qui était absent depuis des millénaires.

Par exemple, dans le cas de l'aviation, du carburant fossile composé de CO₂ fossile est pompé dans le sol, puis raffiné et chargé dans un moteur d'avion. L'avion pour voler brûle ce carburant libérant dans l'atmosphère le CO₂ du carburant qui était jusqu'alors enfoui dans le sous-sol.

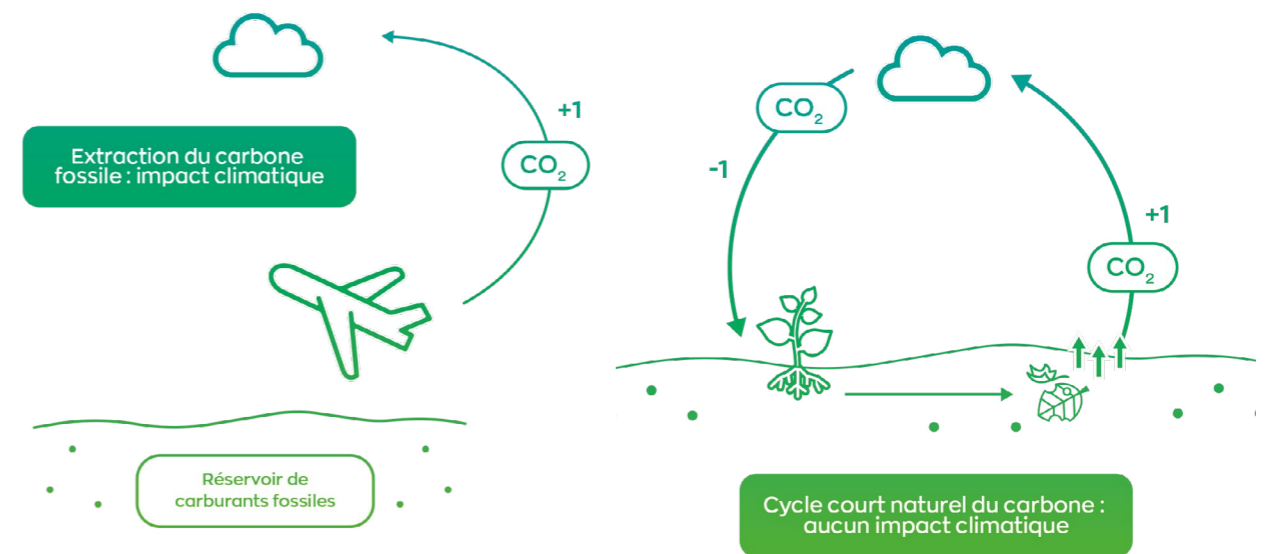


Figure 13 - Les émissions de carbone fossile (à gauche) et le cycle du carbone biogénique (à droite)

L'Union Européenne encourage l'utilisation du CO₂ biogénique car il permet un bilan carbone neutre. Ainsi, une émission de carbone biogénique compte comme 0 émission dans la comptabilité carbone.

⁹ Données de la NASA : <https://climate.nasa.gov/vital-signs/global-temperature/?intent=121>

¹⁰ Observations de la NASA : <https://data.giss.nasa.gov/modelforce/ghgases/fig1a.ext.txt>

4.2 Les solutions pour un avenir plus propre

Le réchauffement climatique est causé par les activités humaines libérant notamment du CO₂ fossile dans l'atmosphère, alors : **comment poursuivre les activités humaines sans aggraver ce phénomène : la question de la « décarbonation » des usages.**

Les méthodes générales de décarbonation

Il est impératif d'agir pour contrer ce dérèglement climatique. Quelles sont les solutions à notre disposition pour faire face à ce défi ?

Ces solutions doivent viser à réduire ou éliminer l'utilisation de combustibles fossiles et les émissions de CO₂ associées.

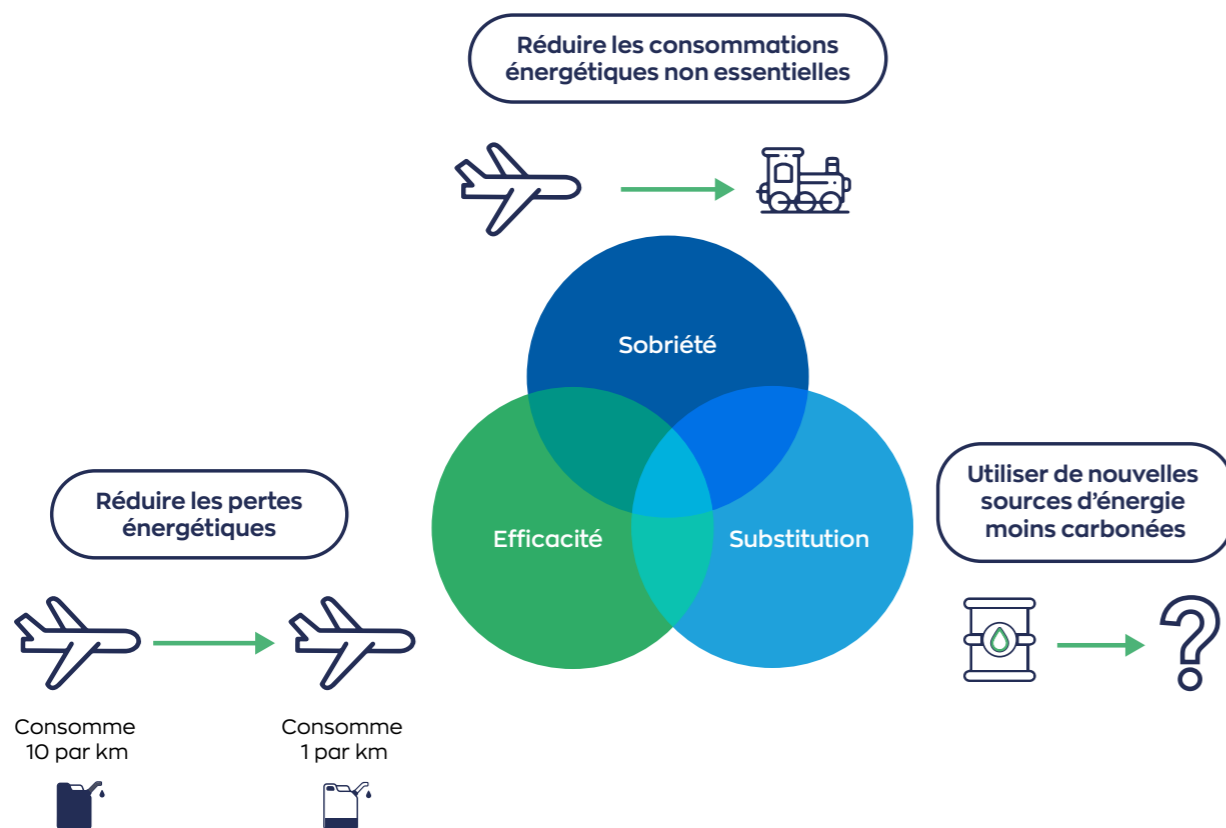


Figure 14 - Les solutions de décarbonations

Sobriété

Réduire notre consommation énergétique est une étape essentielle de la transition énergétique. En effet, l'énergie la plus propre est celle qui n'est pas consommée. Ainsi, la première solution est d'éviter les consommations en surplus.

La sobriété pour l'aviation : Le report modal

La sobriété pour l'avion, c'est emprunter des alternatives plus propres telles que le train. Ce processus, appelé « report modal », est généralement encouragé par les autorités publiques à travers le développement d'infrastructures comme les lignes à grande vitesse, rendant ces options plus attractives pour les usagers.

Selon une étude menée au niveau européen¹¹ les voyageurs sont particulièrement enclins à privilégier le train pour des trajets d'une durée allant jusqu'à 6 heures. Ainsi les vols courts et moyens courriers pourraient être entièrement remplacés par des lignes de train à grande vitesse efficaces¹². Ces vols représentent la plus grosse partie des trajets mais la plus petite partie des émissions. Ainsi, les vols de moins de 500 km qui peuvent être totalement reportés sur le train représentent 4% des émissions de CO₂¹³.

VERSO ENERGY est donc convaincu que le report modal permettra de réduire fortement le nombre de courts courriers en circulation mais il est nécessaire de trouver une autre solution pour les trajets longs courriers, plus émetteurs de CO₂.

Pour l'aviation, la sobriété se traduit aussi par une réduction de la vitesse des transports : en ajustant les vitesses de croisière, les avions peuvent diminuer leur consommation de carburant sans affecter de manière significative les horaires de vol. En effet, tout comme les voitures qui économisent du carburant et réduisent leurs émissions en roulant à 100 km/h sur l'autoroute au lieu de 130 km/h, les avions consommant moins de kérosène lorsqu'ils volent à une vitesse réduite.

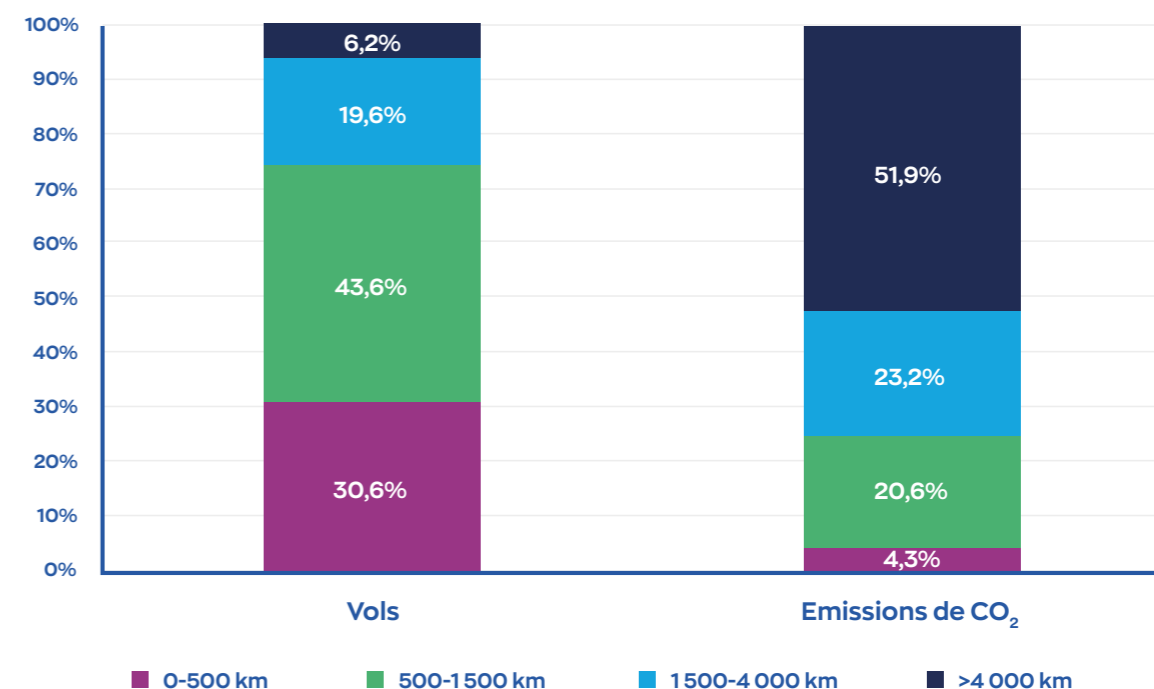


Figure 15 - Répartition des vols d'avion selon leur distance de trajet et leurs émissions

¹¹ UBS (2020) 'By train or by plane?' The traveller's dilemma after Covid-19 and amid climate change concerns. UBS Global Research. April 2020

¹² La France a fait un premier pas vers le remplacement total des courts courriers à travers un décret de 2023 qui interdit les courts courriers ayant une alternative de moins de 2h30 de train : <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000047571222>

¹³ <https://www.eurocontrol.int/publication/eurocontrol-data-snapshot-CO2-emissions-flight-distance>

Efficacité énergétique

Une fois que les consommations excédentaires sont éliminées, il est nécessaire d'optimiser l'utilisation de l'énergie restante. L'efficacité énergétique consiste à maintenir les mêmes usages tout en améliorant leur rendement, ce qui permet d'obtenir le même service avec moins d'énergie consommée.

L'efficacité pour l'aviation

L'efficacité passe par :

- Optimisation des trajectoires de vol
- Optimisation des opérations au sol
- Amélioration de la motorisation et du fuselage

Cette approche offre des gains en termes de consommation énergétique sans changer le service rendu par l'appareil.

Substitution

Améliorer l'efficacité énergétique ne permet pas de décarboner complètement. Il est nécessaire de changer de technologie. La substitution consiste à remplacer les énergies fossiles par des alternatives bas-carbones ou décarbonés.

La méthode la plus efficace pour décarboner un usage par substitution est l'électrification. En effet, l'électricité produite en France émet très peu de CO₂, ce qui permet de réduire la consommation de carburant mais augmente les besoins en électricité.

Le projet LiCHEN propose une solution de substitution pour l'aviation.

Récapitulatif

Méthode	Avantages	Inconvénients
Sobriété: Ne garder que les émissions nécessaires	L'énergie la plus propre est celle qui n'est pas consommée. La sobriété est la méthode la plus efficace pour décarboner.	Repose sur le fait que la population cesserait de consommer certains services, ce qui n'est pas garanti.
Efficacité énergétique: Réduire les émissions en gardant les mêmes usages	Conserve les usages et les technologies actuels. Ne nécessite pas d'avancées technologiques ambitieuses.	Gains insuffisants pour atteindre la neutralité carbone. Peut se baser sur des innovations ambitieuses.
Substitution: Changer de technologie vers une technologie décarbonée	Conserve les usages actuels. Peut complètement décarboner.	Souvent, entraîne une plus grande consommation électrique. Peut se baser sur des innovations ambitieuses.

Tableau 1 - Tableau récapitulatif des solutions de décarbonation

Zoom sur les solutions de substitution pour l'aviation (avion électrique, avion à hydrogène, carburants durables)

La solution proposée par le projet LiCHEN est une substitution, remplacer du carburant fossile par du carburant durable.

Il existe deux principales méthodes pour décarboner une technologie par substitution :



Utiliser directement des énergies sans carbone comme l'électricité, éliminant ainsi les émissions de carbone.



Une autre solution est de s'inscrire dans le cycle des plantes du carbone biogénique car comme énoncé précédemment émettre du carbone biogénique issu de plantes n'a pas d'impacts sur le changement climatique (voir partie 4.1).

Les solutions sans carbone

L'avion électrique¹⁴

Dans l'aviation, l'électrification est une option envisagée pour éliminer les émissions directes de CO₂.

L'idée est de faire comme pour les voitures et équiper les avions de batterie. Cependant, cette solution n'est pas encore prête pour un déploiement à grande échelle. Les batteries actuelles, bien moins denses en énergie que le kérosène, ne fournissent pas l'autonomie nécessaire à un vol commercial. De plus, concevoir des avions adaptés à cette technologie nécessiterait des changements radicaux par rapport aux modèles actuels.

Les contraintes technologiques rendent l'électrification inadaptée aux besoins du transport aérien commercial dans l'immédiat.

L'avion à hydrogène

VERSO ENERGY est aussi un producteur d'hydrogène et croit en cette molécule comme indispensable à la transition énergétique pour des secteurs comme l'industrie sidérurgique. Celle-ci peut être produite de façon décarbonée par électrolyse de l'eau et peut permettre de remplacer des molécules fossiles par des molécules renouvelables. L'idée est de stocker l'énergie sous forme d'hydrogène et de le consommer comme un carburant.

Toutefois, l'hydrogène pose un problème technologique fort car : à pression ambiante, pour une même quantité d'énergie un réservoir d'hydrogène est significativement plus volumineux qu'un réservoir d'e-SAF. Il y a alors deux solutions, soit mettre l'hydrogène sous forte pression soit le liquéfier à très basse température.

Le stockage de l'hydrogène présente des défis technologiques importants. L'avion à hydrogène nécessite aussi des changements importants par rapport aux modèles d'avions actuellement sur le marché.

¹⁴ Journal of Transport Geography, 2024, "Breaking barriers: An assessment of the feasibility of long-haul electric flights" par Athina Sismanidou, Joan Tarradellas, Pere Suau-Sanchez, Kevin O'Connor

Les solutions avec du carbone biogénique : les carburants

Qu'est-ce qu'un carburant et quel est son lien avec le carbone ?

Le mot « carburant » dérive de « carbure », se référant aux molécules carbonées. Un carburant est un composé d'hydrogène et de carbone qui peut être consommé pour produire de l'énergie thermique. Il est possible de produire du carburant en combinant du carbone et de l'hydrogène.

Les biocarburants

Les plantes contiennent du carbone et de l'hydrogène, substances essentielles à la production de biocarburants. Il est donc possible d'extraire ces éléments des plantes pour produire du carburant. Comme expliqué dans la section 4.1., le CO₂ biogénique émis par la combustion du biocarburant provient du CO₂ assimilé depuis l'atmosphère par les plantes utilisées dans sa fabrication. Ainsi, le CO₂ initialement

présent dans l'atmosphère y retourne après utilisation du carburant, par exemple lors du vol d'un avion. Par conséquent, le bilan total des émissions de CO₂ biogénique est neutre.

Il faut noter que la plante est entièrement convertie en carburant au cours de ce processus.

La consommation de biomasse pour faire du carburant permet donc de faire voler des avions avec un bilan neutre en carbone.

Toutefois la biomasse est déjà utilisée de nombreuses façons et un doute subsiste sur la possibilité d'avoir assez de biomasse pour les usages actuels et les utilisations en tant que carburants.

Les bio-carburants ne sont donc pas la solution envisagée pour le projet LiCHEN

La solution proposée par LiCHEN : les e-carburants

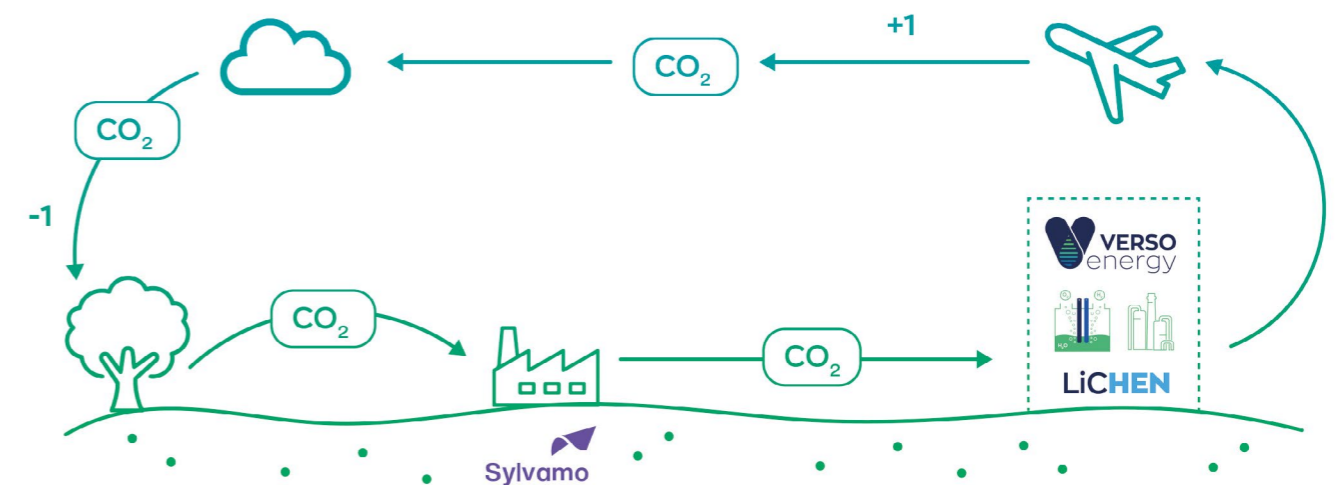
Pour fabriquer du carburant, du carbone et de l'hydrogène sont nécessaires. Lorsque la biomasse est brûlée (comme du bois ou des plantes), elle libère du CO₂ dans l'air. Capturer ce CO₂, permet de récupérer le carbone qu'il contient et le combiner avec de l'hydrogène (H₂) pour créer un carburant synthétique. **Cela signifie que les usages de la biomasse ne changent pas tout en réutilisant le CO₂ émis pour produire des e-carburants.**

Ces e-carburants, comme les biocarburants, rejettent ensuite du CO₂ biogénique, c'est-à-dire du CO₂ qui avait été absorbé par les plantes pendant leur croissance et qui a un bilan neutre sur le climat.

Pourquoi ne pas utiliser du e-carburant pour les autres moyens de transport comme les voitures ?

La production de e-carburant nécessite une grande quantité d'électricité, et son rendement énergétique est inférieur à celui des autres solutions comme l'électrification, l'hydrogène ou les biocarburants. Cela signifie qu'il y a plus de pertes d'énergie durant la production. Par conséquent, pour les moyens de transport tels que les automobiles qui peuvent s'électrifier directement, l'électrification est préférée aux e-carburants. Cependant, il est important de noter que cette électrification et le passage à l'hydrogène ne sont pas encore possibles pour les avions, ce qui rend les e-carburants pertinents pour ce secteur.

Les e-carburants sont particulièrement pertinents pour l'aviation et le transport maritime.



Cycle du carbone biogénique avec Sylvamo et LiCHEN : aucun impact climatique

Figure 16 – Le principe des e-carburants dans le cycle du carbone biogénique



Et le projet LiCHEN dans tout ça ?

Le projet LiCHEN produit du e-carburant pour aviation appelé e-SAF. Il se connecte aux cheminées de l'usine de Sylvamo sans en modifier l'activité pour y récupérer le CO₂ biogénique et le combiner avec de l'hydrogène.

Le projet ne requiert donc pas de biomasse supplémentaire et n'en consomme pas directement.

Tableau récapitulatif des solutions

Technologie	Avantages	Inconvénients
Avion électrique	Élimination des émissions directes de CO ₂ .	La faible densité énergétique des batteries et les changements radicaux nécessaires dans la conception des avions ne permettent pas un déploiement des avions électriques aujourd'hui.
Avion à hydrogène	Élimination des émissions directes de CO ₂ .	Le stockage de l'hydrogène présente actuellement des défis technologiques trop importants. Il y a une perte de rendement importante par rapport à l'électrification. Demande un changement radical des flottes actuelles.
Bio-carburants	Le CO ₂ biogénique a un bilan carbone neutre. Carburants utilisables avec la motorisation actuelle des avions.	La biomasse est déjà sollicitée pour d'autres usages mettant en doute une production de bio-carburants suffisante pour répondre à la demande.
e-carburants	Permet de réutiliser le CO ₂ émis par des industriels pour produire un carburant synthétique, qui a un bilan carbone neutre. Carburants compatibles avec la motorisation actuelle des avions.	Le rendement énergétique est moins bon que les autres solutions ¹⁵ .

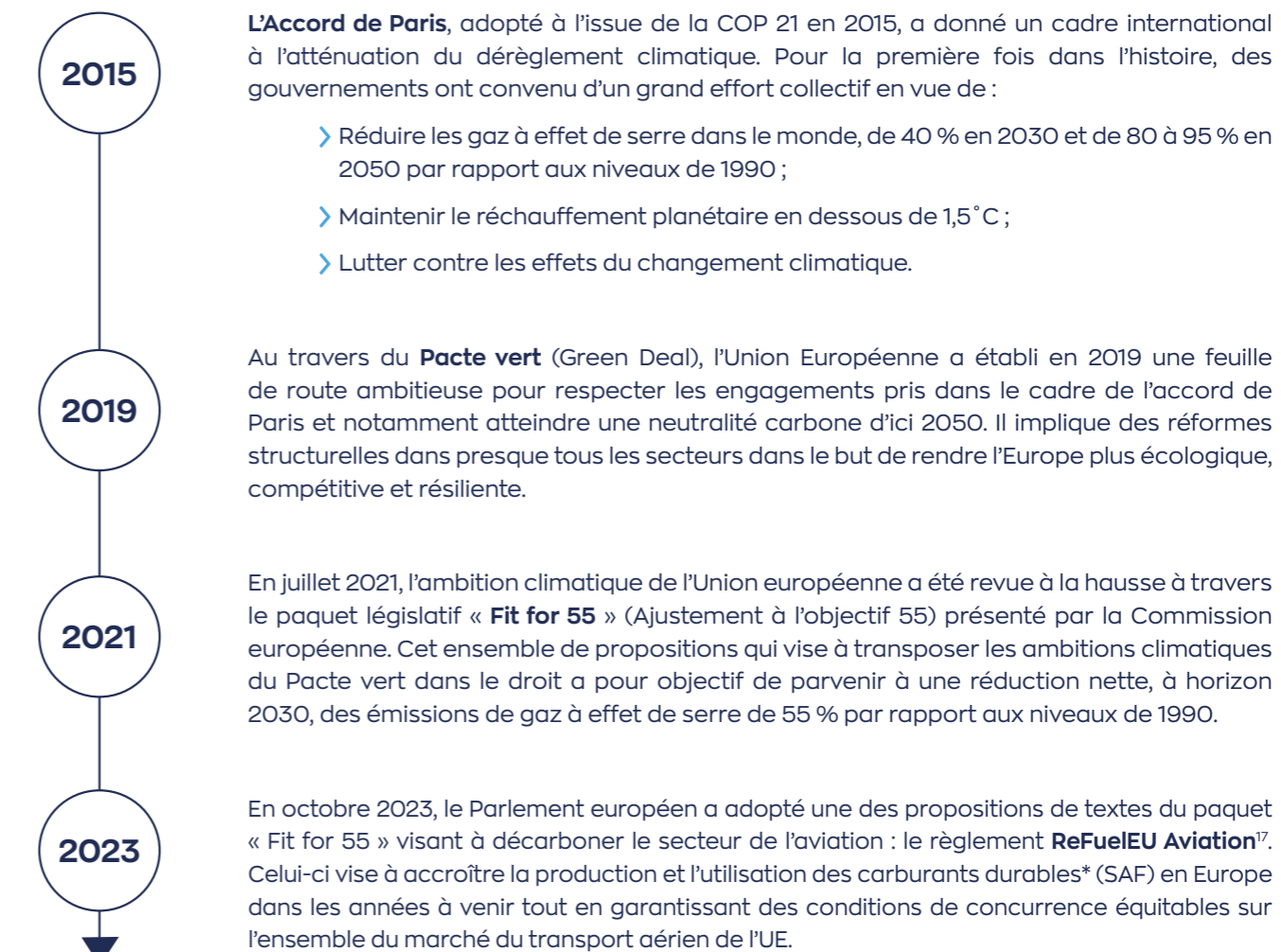
Tableau 2 - Tableau comparatif des solutions de substitution pour la décarbonation de l'aviation

4.3 Le contexte réglementaire ou comment la France et l'Europe encouragent et cadrent l'e-SAF

Des engagements européens et français ont été pris pour limiter le réchauffement climatique, en ciblant notamment le secteur de l'aviation, responsable de 14 %¹⁶ des émissions dues aux transports dans l'Union européenne. Les autorités européennes considèrent que l'e-SAF est un levier majeur de transition et en encouragent l'usage. Cette volonté s'inscrit dans les accords français, européens et mondiaux pour la réduction des émissions de gaz à effet de serre.

Le contexte européen

Historique des décisions européennes pour le climat



¹⁵ Le rendement énergétique de la production de carburant de synthèse est de l'ordre de 40% contre 60 - 80% pour la production d'hydrogène

¹⁶ Commission Européenne : https://climate.ec.europa.eu/eu-action/transport/reducing-emissions-aviation_en

¹⁷ <https://www.consilium.europa.eu/fr/press/press-releases/2023/10/09/refueleeu-aviation-initiative-council-adopts-new-law-to-decarbonise-the-aviation-sector/>

Détails sur le règlement structurant le futur de l'aviation en Europe : ReFuelEU Aviation

Plus précisément le règlement ReFuelEU Aviation oblige :

- › les fournisseurs de carburant de l'UE à progressivement accroître la part de SAF (y compris e-SAF) qu'ils distribuent dans les aéroports de l'UE. Les mandats d'incorporation sont détaillés dans le graphique ci-dessous ;
- › les compagnies aériennes au départ de l'UE à ravitailler les avions uniquement avec le carburant nécessaire pour le vol afin d'éviter les émissions liées au surpoids résultant des pratiques de suremport (transport de carburant supplémentaire pour éviter un ravitaillement dans un aéroport de destination où le carburant est plus cher) ;
- › les aéroports de l'UE à garantir les infrastructures nécessaires à la fourniture et au stockage de carburants durables d'aviation, ainsi qu'au ravitaillement avec de tels carburants.

Cela devrait permettre de réduire de plus de 60 % d'ici 2050 les émissions de l'aviation par rapport aux niveaux de 1990.

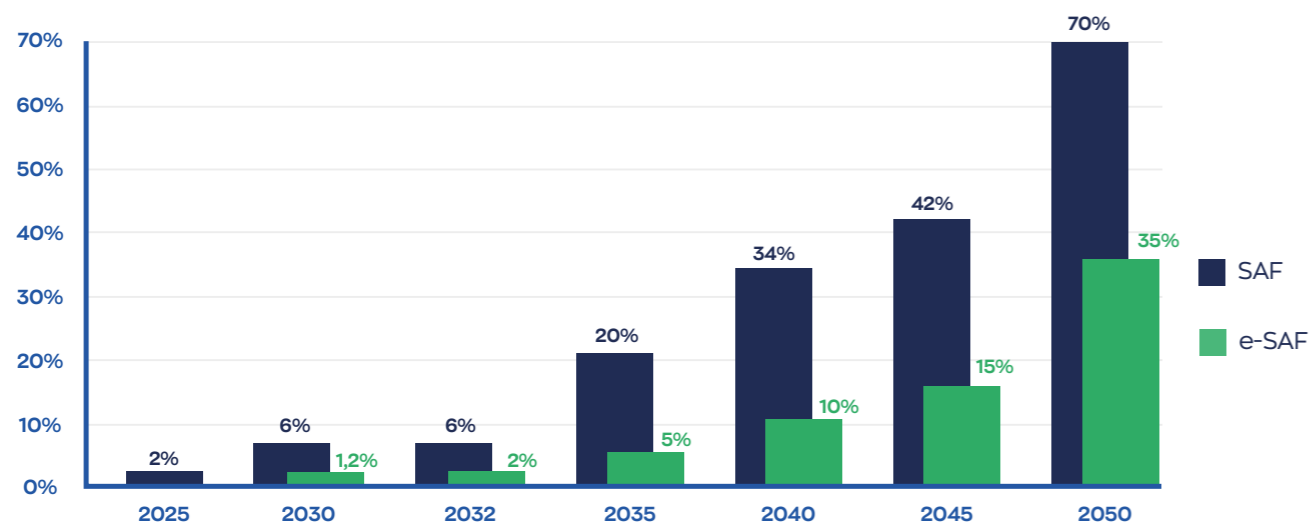


Figure 17 - Mandats d'incorporation de SAF et d'e-SAF selon le règlement ReFuelEU Aviation

Plus détails sont donnés dans l'annexe 1 de ce document.

4.4 Produire, consommer de l'e-SAF

Savoir distinguer SAF, e-SAF et bio-SAF

Le **SAF** (Sustainable Aviation Fuel) désigne la famille des carburants d'aviation durables. Ils sont qualifiés de « durables » car comme expliqué partie 4.1, ils n'ont pas d'impact sur le changement climatique. Cette nomenclature est reconnue et définie au niveau européen.

Les deux types principaux de carburants durables* composant la famille des SAF sont :

- › Les biocarburants ou bio-SAF produits à partir de biomasse,
- › Les carburants de synthèse ou e-SAF (pour electro-SAF) produits à partir de CO₂ recyclé et d'hydrogène.

L'e-SAF comment en produire ?

Le processus de production technique d'e-SAF est détaillé dans la partie 5.3.

Il faut noter que toutes les technologies pour la production d'e-SAF sont déjà en place à l'état de pilote. Le passage à grande échelle est une innovation qui se fera sous peu (voir Figure 17)

En dehors, de la technique, les carburants durables doivent respecter des normes européennes.

Quelles sont les conditions pour qualifier le carburant comme durable ?

- › À condition que l'hydrogène employé soit décarboné, c'est-à-dire que sa production permette d'éviter plus de 70 % des émissions de GES par rapport à de l'hydrogène produit à partir de ressources fossiles et respecte les critères de la Directive européenne sur les Énergies Renouvelables (RED II et III)¹⁸. C'est le cas de l'hydrogène produit par électrolyse avec de l'électricité renouvelable ou bas-carbone* dans le cadre du projet LiCHEN.
- › Et à partir de 2041, à condition que le CO₂ employé soit non fossile, c'est-à-dire qu'il n'ait pas été produit à partir de sources fossiles (gaz, pétrole, charbon) mais à partir de biomasse, lors de la combustion ou dégradation de cette dernière ; le CO₂ émis est alors appelé « biogénique ». On le retrouve en quantité importante entre autres en sortie de chaudières biomasse (comme celle de Sylvamo), de fermenteurs industriels ou de papeterie.

À noter que le CO₂ pourrait être capturé directement dans l'air, mais le niveau de maturité des technologies envisagées est encore très bas à ce stade et elles sont trop énergivores.

¹⁸ Directive RED II : <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32023R1185>
Directive RED III : https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=OJ:L_2023O2413

Saisissant l'opportunité, des projets d'e-SAF et de bio-SAF émergent partout en France

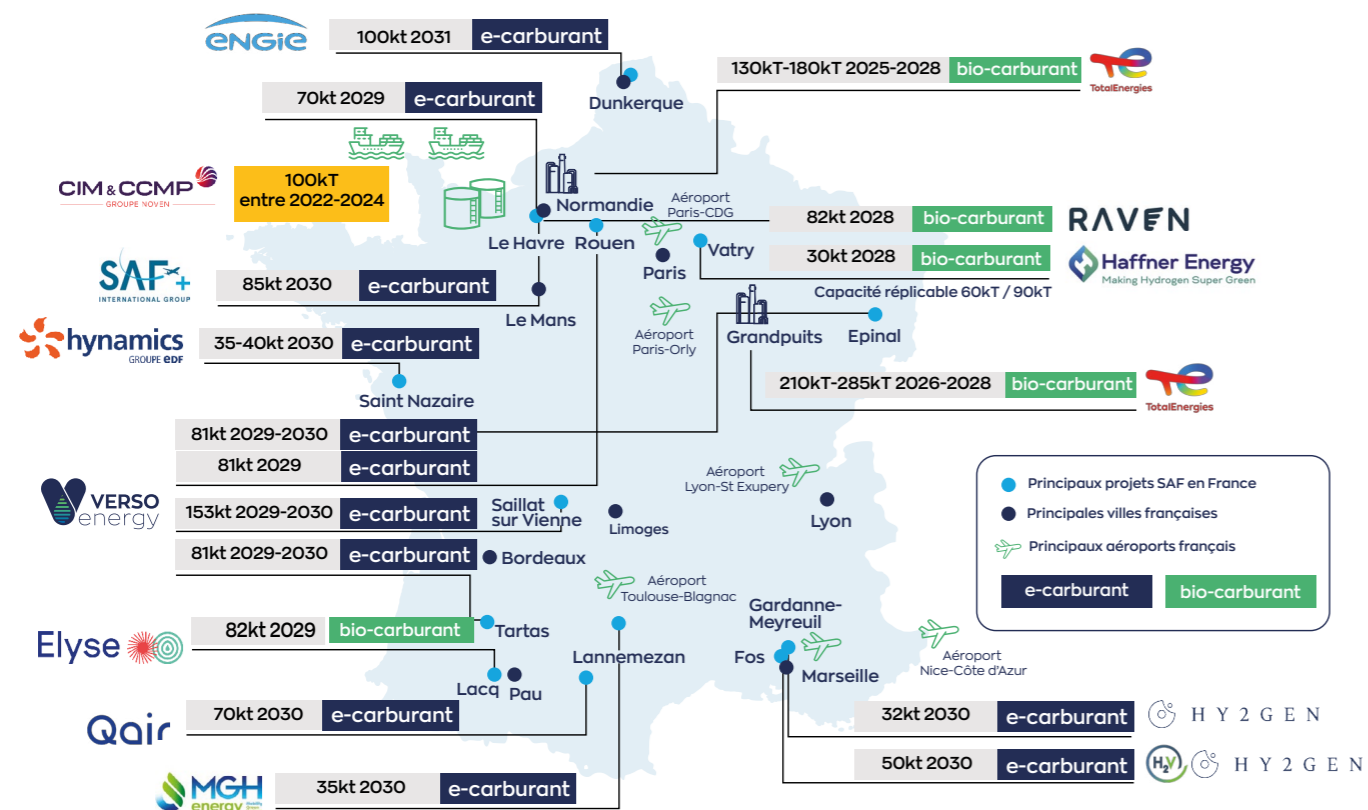


Figure 18 - Les différents projets SAF en France

La filière SAF est donc innovante et en plein essor en France et en Europe.

La consommation de l'e-SAF est-ce nouveau ?

En 2008, un premier avion de la compagnie Virgin Atlantic volant avec un mélange de biocarburant et de kérosène conventionnel effectuait un premier test réussi. Ce vol a marqué une avancée dans l'utilisation potentielle des SAF pour réduire l'empreinte carbone* du secteur tout en prouvant sa compatibilité avec les moteurs et infrastructures existants.

Cette première démonstration a ouvert la voie à d'autres expérimentations, et en 2011 des normes de l'ASTM International* relatives à la sécurité et la performance des carburants durables* utilisés sur les vols commerciaux ont été adoptées pour autoriser notamment l'incorporation de SAF jusqu'à 50 % dans le mix de carburants. Depuis, l'industrie aéronautique effectue les recherches et les vols d'essai nécessaires pour évaluer les effets sur les émissions et les performances des avions avec pour objectif de parvenir à une autorisation d'utilisation de 100 % de SAF d'ici 2030.

En attendant, fin 2023, un Boeing 787, également de la compagnie aérienne britannique Virgin Atlantic, a effectué un vol transatlantique historique de Londres à New York en utilisant 100 % de SAF. C'était la première fois qu'un grand avion commercial effectuait un tel trajet sans utiliser la moindre goutte de kérosène d'aviation fossile.

À retenir

On comprend ainsi que l'e-SAF bien qu'innovant est compatible avec les technologies actuelles puisque de composition identique que les carburants utilisés actuellement. Tous les avions peuvent donc utiliser de l'e-SAF en respectant les normes de mélange (dont la proportion en e-SAF est vouée à augmenter).

4.5 Le marché autour de l'e-SAF

L'e-SAF est-ce compétitif ?

Le carburant d'aviation d'origine fossile coûte environ 800 euros la tonne tandis que le bioSAF coûte environ 3 à 4 fois plus cher et l'e-SAF plus de 8 fois plus cher aujourd'hui. Cela explique pourquoi les carburants d'aviation fossiles représentent aujourd'hui toujours plus de 99 %¹⁹ de la demande mondiale.

Il est important de noter que les coûts actuels donnés dans le tableau ci-contre ne sont qu'indicatifs et sont voués à baisser. A terme, l'e-SAF pourrait coûter 2000 €/t selon l'académie des technologies²⁰.

Le prix de l'électricité décarbonée nécessaire à la production d'hydrogène qui entre dans la composition de l'e-SAF pèse pour une part majoritaire dans le coût de production de celui-ci.

Carburant	Coût estimé (€/t)
e-SAF (CO ₂ capturé directement dans l'atmosphère)	7 300-8 700
e-SAF (CO ₂ capturé en sortie de cheminées industrielles)	6 600 - 7 975
Bio-SAF	2 768
Carburants conventionnels	816

Tableau 3 - Coût estimé en 2023 pour les différents carburants d'aviation²¹

Quelles sont les conditions pour rendre les SAF viables ?

- Faire passer sa filière de production à l'échelle industrielle afin de massifier les volumes et en conséquence de mieux amortir le coût des infrastructures innovantes déployées.
- Faire appel à une électricité décarbonée disponible en grande quantité à un coût raisonnable. La spécificité d'un mix déjà largement décarboné offre à la France une opportunité unique de déployer dès 2030 une filière industrielle de production de SAF sur le territoire. Dans le même temps, les pays au mix toujours largement carboné devront développer des stratégies d'importation. Dans un marché international des technologies de production de carburant et des vecteurs énergétiques tels l'hydrogène, le déploiement au plus tôt de la filière SAF sur le territoire national donnerait à la France une position industrielle forte dans ce nouveau marché.
- Bénéficier d'une réglementation favorable et incitative quant à l'incorporation de carburants synthétiques dans le mix de carburants des compagnies aériennes tout en garantissant des conditions de concurrence équitables sur l'ensemble du marché du transport aérien de l'UE. Comme indiqué dans la partie 4.3, l'Union Européenne a fixé des objectifs d'incorporation progressifs mais ambitieux sécurisant la création de débouchés pour l'e-SAF malgré son prix.

À retenir

L'e-SAF, plus coûteux que le kérosène conventionnel, est reconnu par les autorités européennes comme un levier essentiel de décarbonation. Son utilisation est encouragée et rendue obligatoire, ce qui le dispense de devoir rivaliser en compétitivité avec les carburants traditionnels.

¹⁹ Fuel, Md Fahim Shahrirar, Aaditya Khanal, The current techno-economic, environmental, policy status and perspectives of sustainable aviation fuel (SAF), Octobre 2022

²⁰ Rapport de l'académie des technologies, La décarbonation du secteur aérien par la production de carburants durables, - 2023

²¹ Rapport de l'EASA (European Union Aviation Safety Agency) : " State of the EU SAF market in 2023" - 2024

L'e-SAF pour qui ?

Comme indiqué précédemment tous les avions peuvent consommer de l'e-SAF en respectant les normes de mélange avec du carburant conventionnel.

En 2022, les avions ont transporté 140 millions de passagers²² depuis le territoire métropolitain et effectué 316 milliards de passagers-kilomètres. La quantité associée de kérosène consommé est estimée à environ 7,5 millions de tonnes, en considérant 3 litres par passager pour 100 kilomètres²³

Grâce aux mandats progressifs d'incorporation de SAF et d'e-SAF imposés aux fournisseurs de carburants par la réglementation européenne ReFuelEU Aviation et en se basant sur les projections de consommation européenne²⁴ et française²⁵ de kérosène, les prévisions de marché pour la consommation de SAF, incluant celle d'e-SAF, sont les suivantes :

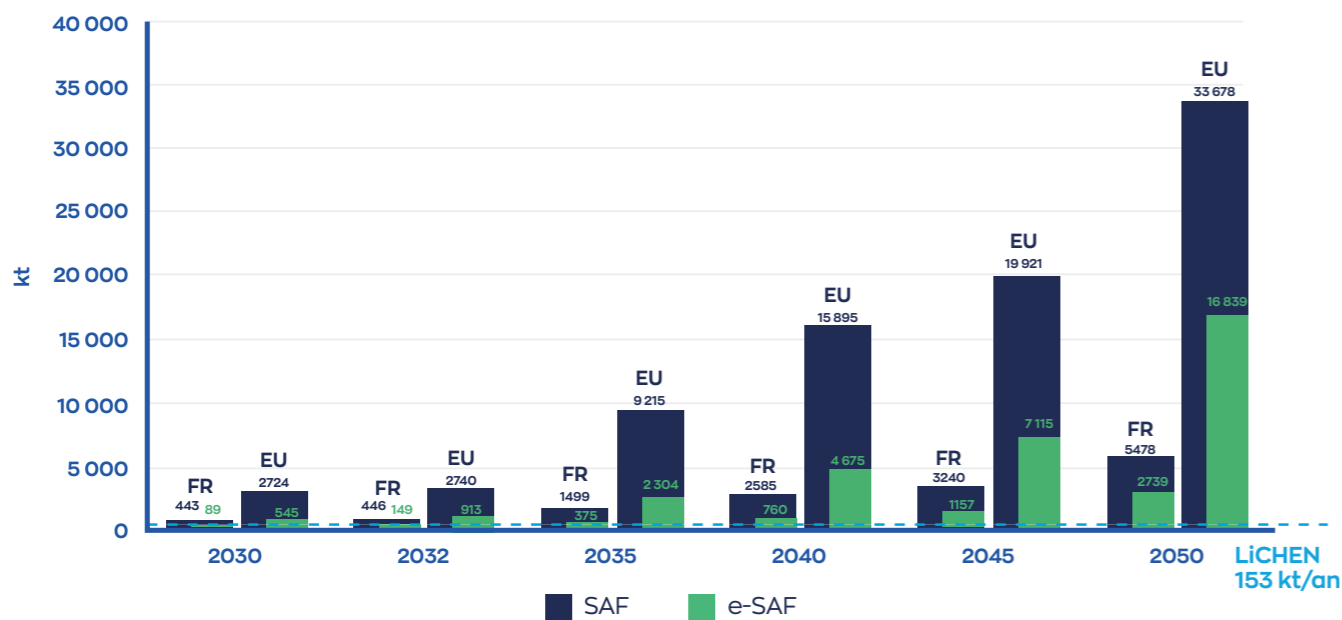


Figure 19 - Projections de consommation (en kilotonnes kt) en SAF et e-SAF entre 2030 et 2050

Il est à noter qu'avec les potentielles problématiques d'approvisionnement liées à la biomasse (et ses dérivés comme des huiles ou alcools) et donc à la production de bio-SAF, les fournisseurs de carburants pourraient, en l'absence de bio-SAF disponible en quantité suffisante, compléter leur mandat d'incorporation global de SAF avec plus d'e-SAF, augmentant encore ainsi le besoin en e-SAF mentionné dans le graphique ci-dessus.

Le mandat en SAF n'étant pas encore en vigueur sa consommation actuelle est très faible et n'atteint en 2023 que les 0.15% de la consommation totale de carburants²⁶.

Les projets de production de carburants de synthèse développés par VERSO ENERGY ont été anticipés pour pouvoir alimenter le marché français et/ou le marché ouest européen (desserte logistique des aéroports via les réseaux de pipeline Le Havre - Paris - LHP et Central European Pipeline System - CEPS) garantissant un débouché au carburant produit.

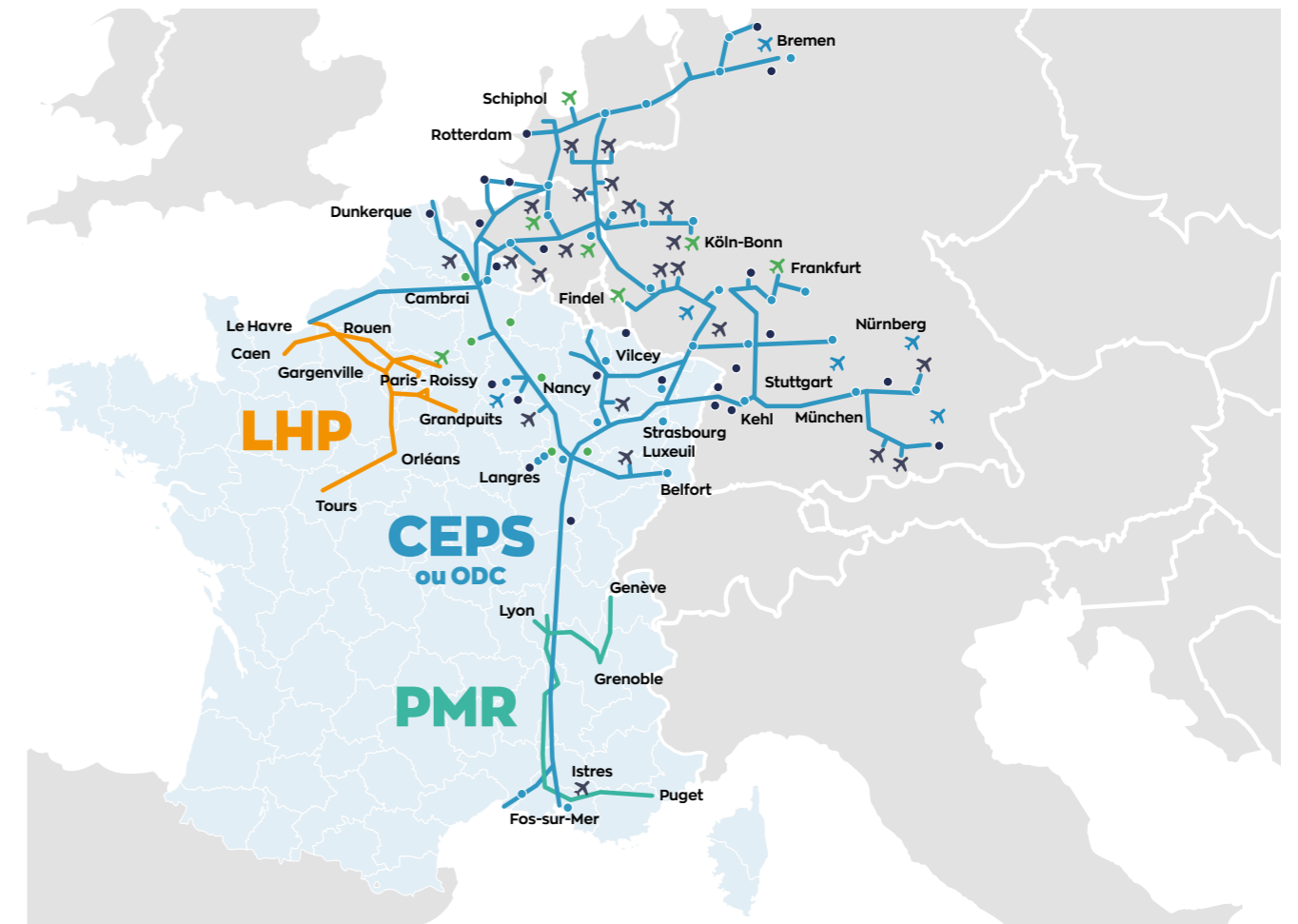


Figure 20 - Les réseaux pouvant transporter de l'e-SAF en France et en Europe

Source : Trapil et CIM & CCMP

- LHP Le Havre - Paris
- Pipeline Méditerranée/Rhône
- CEPS (ou ODC en français) - Central European Pipeline System (ou Oléoducs de Défense Commune de l'OTAN)
- ✈ Aéroport civil
- ✈ Aéroport civil connecté
- ✈ Base aérienne connectée
- Installation de stockage active
- Stockage non-militaire en France
- Installation de stockage national ou civil

À retenir

Grâce à sa facilité d'incorporation dans les technologies actuelles et les mandats d'incorporation européens l'e-SAF dispose d'un marché et d'une demande importante en France et dans toute l'Europe.

²² Ministère des transports, Observatoire de la concurrence, 2022, https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/documents/observatoire_concurrence_2022.pdf

²³ Estimation basée sur les passagers kilomètres et un ordre de grandeur publié par bpi France : <https://bigmedia.bpifrance.fr/nos-dossiers/empreinte-carbone-dun-vol-en-avion-calcul-et-compensation>

²⁴ <https://op.europa.eu/fr/publication-detail/-/publication/46892bd0-0b95-11ec-adb1-01aa75ed71a1>

²⁵ GT SAF du 14 juin 2023

²⁶ Selon T&E : <https://www.transportenvironment.org/te-france/articles/seulement-10-compagnies-aeriennes-dont-air-france-klm-investissent-serieusement-dans-les-carburants-alternatifs>

4.6 Le contexte géographique

Saillat-sur-Vienne et Etagnac, des territoires marqués par la présence d'une industrie papetière

Les communes de Saillat-sur-Vienne et d'Etagnac situées respectivement dans les départements de la Haute-Vienne et de la Charente en Nouvelle Aquitaine sont fortement marquées par leur industrie papetière, établie depuis 1894 au bord de la Vienne. Cette papeterie appartient à Sylvamo France, entreprise américaine spécialisée dans l'industrie du papier. Depuis plusieurs décennies, cette activité industrielle constitue le cœur économique et l'identité de ces communes. Le site papetier, reconnu pour sa production de papier de qualité, emploie aujourd'hui 600 salariés locaux et contribue de manière substantielle au tissu économique régional. En plus de son impact économique, cette industrie a marqué le paysage urbain et l'environnement social de ces communes et continue de se réinventer pour répondre aux exigences contemporaines.

Le tissu industriel de ce territoire est complété par d'autres entreprises telles que Smurfit Kappa, un autre cartonnier implanté à côté de Sylvamo et Specialty Minerals France, usine fabriquant des produits chimiques tels que des minéraux industriels, des pigments ou des additifs utilisés dans diverses applications (construction, agroalimentaire).

Le projet LiCHEN s'intègre donc dans ce paysage industriel déjà existant, apportant une complémentarité aux activités existantes.

Un territoire marqué par l'industrie du bois

La papeterie est une industrie datant du Moyen-Age dans la vallée de la Vienne²⁷, déjà des papetiers y étaient présents pour exploiter les conditions favorables offertes par le fleuve et la forêt adjacente. La production du papier s'ajoute à d'autres activités d'exploitation des forêts (bois d'œuvre, biomasse énergie...) pour former une filière bois très implantée dans la région. Le secteur représente 10 000 000 m³ de bois récolté par an et 59 000 salariés²⁸. LiCHEN vient s'intégrer à cette filière pour la compléter, **sans provoquer de consommation de bois supplémentaire.**

La dynamique industrielle autour de la Vienne

Constituant la limite administrative entre les communes de Saillat-sur-Vienne et d'Etagnac, la rivière La Vienne traverse la zone pressentie pour l'implantation du projet LiCHEN. La rivière en cet endroit présente la particularité de ne pas être soumise aux fluctuations hydrologiques naturelles grâce au soutien au débit d'étiage assuré par EDF dans le cadre de la gestion des barrages hydroélectriques en amont, en vue d'assurer le refroidissement de la centrale nucléaire de Civaux (86). De cette configuration, résulte un débit moyen journalier garanti de 12 m³/s à Etagnac.

VERSO ENERGY prévoit d'approvisionner son usine en eau par prélèvement dans la Vienne et s'est dans ce contexte identifié auprès de l'Etablissement Public Territorial de Bassin (EPTB) de la Vienne.



²⁷ L'industrie de la papeterie dans la région de Limoges, M.-P. Fourquet, https://www.persee.fr/doc/noroi_0029-182x_1954_num_3_1_1045

²⁸ Fibois, Nouvelle Aquitaine, <https://fibois-na.fr/les-chiffres-cles-de-la-filiere-bois-n-a/>

NEH

5.1 Le principe du projet

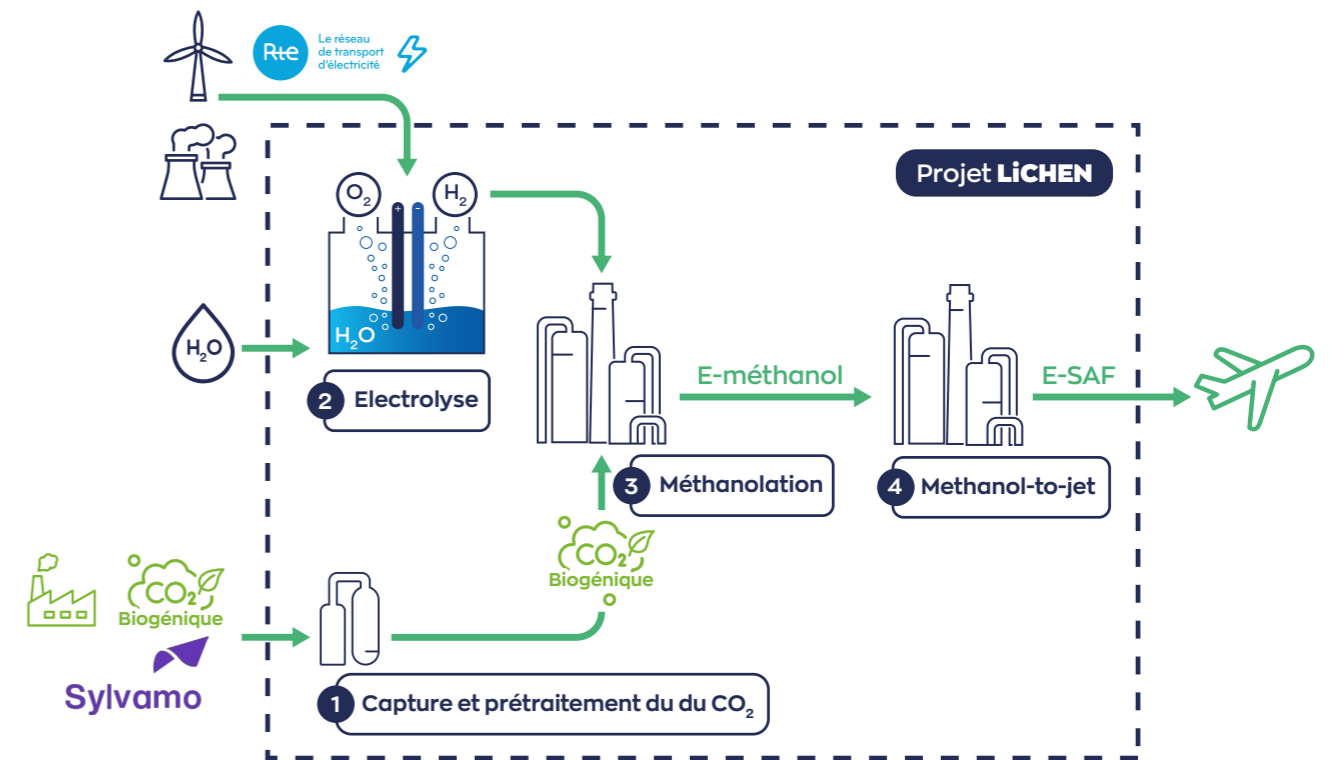


Figure 21 - Schéma des briques technologiques du projet

Le projet LICHEN a pour objectif de produire de l'e-SAF grâce à 4 étapes :

- | | |
|--|--|
| <p>1 Du CO₂ biogénique est capté sur les cheminées de SYLVAMO.</p> <p>2 De l'hydrogène (H₂) est produit à partir d'eau et d'électricité.</p> | <p>3 Le CO₂ biogénique et l'hydrogène sont combinés pour produire de l'e-méthanol (CH₃OH).</p> <p>4 Le e-méthanol est transformé en e-SAF.</p> |
|--|--|

5 Les caractéristiques du projet

5.2 Les sites visés et les aménagements préparatoires nécessaires

VERSO ENERGY envisage à ce jour plusieurs zones pour l'implantation de l'usine : à proximité de la papeterie de Sylvamo sur les communes de Saillat-sur-Vienne (Haute-Vienne - 87720) et/ou Etagnac (Charente - 16150). VERSO ENERGY considère aujourd'hui des possibilités d'implantation sur du foncier qui serait mis à disposition par Sylvamo ou sur des terrains appartenant à d'autres propriétaires fonciers avec qui les discussions sont en cours.

Les zones envisagées à ce stade sont les suivantes :

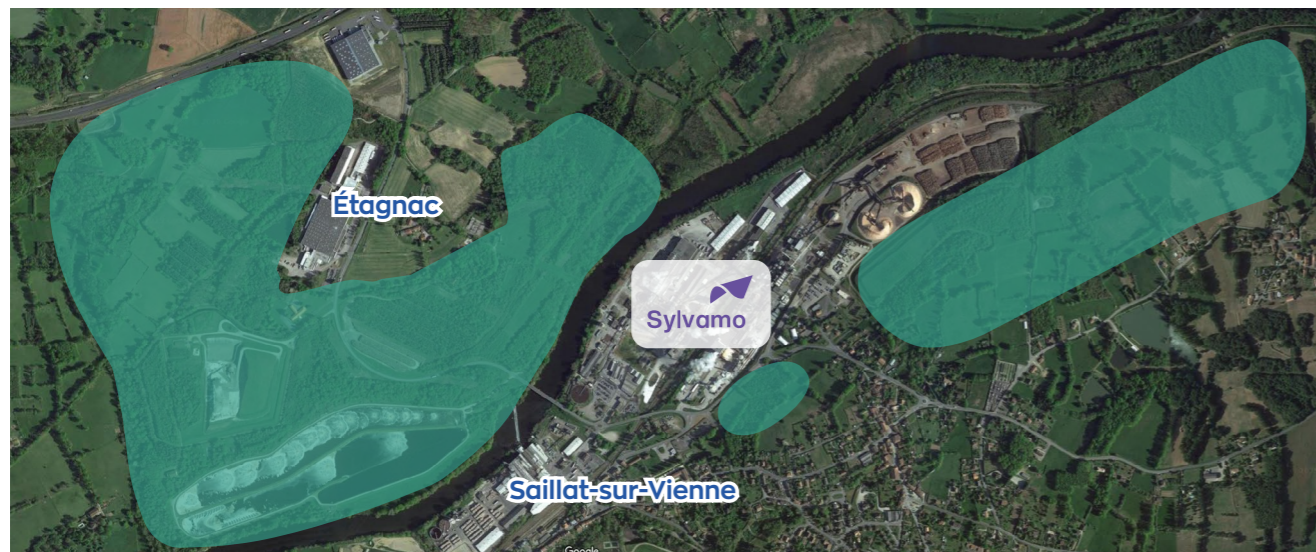


Figure 22 - Zones d'implantation à l'étude

Ces zones sont étudiées car elles se situent à proximité des points d'émission de CO₂ et sont vierges d'habitation ou d'activité industrielles autres que celles de Sylvamo. Elles comprennent le foncier qui pourrait être éventuellement mis à disposition par Sylvamo ou y sont contiguës. Elles sont susceptibles d'évoluer en fonction du développement du projet. Sur les plus de 150 ha entourés ici, VERSO ENERGY en sélectionnerait 35 ha environ pour ses besoins.

VERSO ENERGY est actuellement en train d'étudier les différentes possibilités d'implantation. Les différents critères seront les suivants :

- > **Critère contractuel** : le foncier retenu pour la suite des études et du développement de projet devra avoir été réservé pour le projet.
- > **Critères techniques** : le foncier retenu devra optimiser la conception technique du projet. Par

exemple, il serait souhaitable d'éviter de trop morceler l'usine sur différents îlots, de rassembler les unités qui présentent des synergies de procédé, de choisir une implantation évitant les réseaux existants (électrique, gaz) etc.

- > **Critère environnemental** : VERSO ENERGY souhaite minimiser l'impact du projet sur l'environnement et tiendra compte des enjeux environnementaux identifiés sur les zones étudiées.
- > **Critère paysager** : VERSO ENERGY souhaite minimiser l'impact paysager et tiendra compte de la topographie et de l'environnement naturel et humain.
- > **Critère humain** : VERSO ENERGY souhaite prioriser l'implantation de l'usine qui minimise l'impact sur les riverains.

Les zones étudiées sont actuellement classées comme étant des zones urbaines, agricoles ou naturelles dans les PLU (Plan Local d'Urbanisme) d'Etagnac et de Saillat-sur-Vienne. La mise en œuvre du projet LiCHEN nécessitera une mise en compatibilité des documents d'urbanisme qui pourra-t-être portée par les communes concernées, par exemple via une démarche de Déclaration de Projet valant Mise en Compatibilité (DPMEC) du PLU.

Les zones d'études sont traversées par des conduites de transport de gaz et d'électricité. Selon l'implantation retenue, il pourra-t-être envisagé de dévier certaines sections de ces réseaux.

Afin de ne pas impacter la capacité des communes d'Etagnac et de Saillat-sur-Vienne à développer des projets et de l'activité économique (par exemple création de lotissements, d'équipements sportifs, écoles etc ...), la consommation d'espace induite par LiCHEN sera comptabilisée à l'échelle de l'enveloppe nationale, régionale ou territoriale (échelle du futur SCOT), de sorte à ne pas être décomptée des quotas des communes au titre de la loi ZAN.

Qu'est-ce que la loi ZAN ?

La loi ZAN (Zéro Artificialisation Nette) est l'un des volets de la loi Climat et Résilience, qui fixe un objectif d'atteindre en 2050 « [...] l'absence de toute artificialisation nette des sols [...] », dit « Zéro Artificialisation Nette » (ZAN). Elle a également établi un premier objectif intermédiaire de réduction de moitié du rythme de la consommation d'espaces dans les dix prochaines années (2021 - 2031) par rapport à la décennie précédente. Ces engagements dessinent une trajectoire de réduction de l'artificialisation progressive et territorialisée.

L'état, les Régions, les territoires et les communes se voient dans l'obligation de réduire leurs rythmes d'artificialisation, en étant chacun à leur niveau limité à des quotas d'artificialisation à respecter sur la décennie en cours.

5.3 Les briques technologiques* envisagées

Le projet LiCHEN est constitué de 4 grandes briques implantées à Saillat-sur-Vienne/Etagnac :

- 1 Capture du CO₂ biogénique*,
- 2 Production d'hydrogène par électrolyse,
- 3 Production de méthanol par le procédé de méthanolation*,
- 4 Production d'e-SAF par le procédé de méthanol-to-jet.

Ces infrastructures seront complétées par des installations de stockage et des utilités, en particulier une unité de production d'eau déminéralisée alimentant l'installation d'électrolyse, une installation de traitement des effluents aqueux industriels usés, ainsi que des installations de refroidissement.

1 La capture du CO₂ biogénique*

Le procédé de capture (parfois appelé captage) du CO₂ biogénique* consiste à piéger les molécules de CO₂ pendant ou après l'étape de combustion de biomasse afin d'éviter leur libération dans l'atmosphère. VERSO ENERGY utiliserait un procédé de capture du dioxyde de carbone dans les fumées, c'est-à-dire après la combustion sans modification des chaudières existantes. VERSO ENERGY prévoit d'installer une unité de capture qui se connectera sur la cheminée d'émission des fumées chez Sylvamo.

Ce procédé consiste à traiter les gaz issus de la combustion pour en extraire le CO₂. Ceux-ci contiennent majoritairement de l'azote provenant de l'air entrant, ainsi que du CO₂, de l'oxygène*, de l'eau, des NOx et SOx (oxydes d'azote et de soufre) et des poussières issues de la combustion.

Les étapes de la capture du CO₂

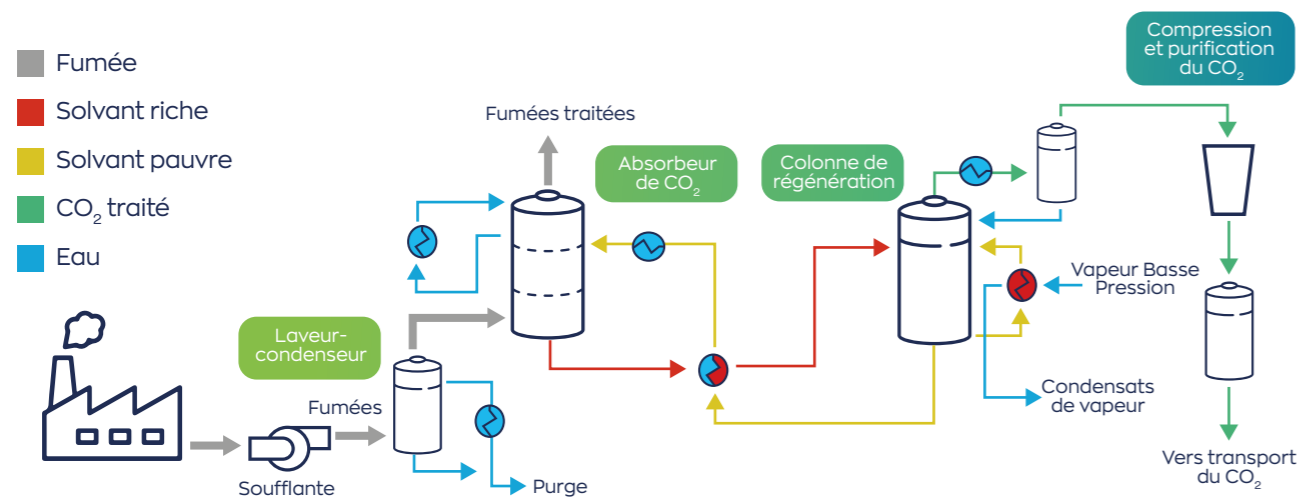


Figure 23 - Schéma de principe du fonctionnement de l'unité CO₂

Le CO₂ émis par Sylvamo, qui est actuellement présent dans les fumées à des concentrations inférieures à 15%, pourrait ainsi être extrait et recueilli avec une pureté de plus de 99 %.

À noter : Le procédé de capture du CO₂ par solvant permet par la même occasion d'éliminer les oxydes de soufre et les poussières des fumées. Le reste des gaz de combustion, appauvri en CO₂ (il en restera tout de même 5% en raison des limites techniques des procédés de capture) sera quant à lui libéré dans l'atmosphère.

Le transport de CO₂

Le CO₂ capté sur les cheminées de Sylvamo serait ensuite acheminé à l'unité de méthanolation par une canalisation où il sera combiné avec de l'hydrogène.

Le projet LiCHEN permettra de valoriser environ 630 000 tonnes/an de CO₂ biogénique produit par l'usine Sylvamo.

La production d'hydrogène par électrolyse

Transformation d'eau en d'hydrogène et oxygène.

Les usages actuels de l'hydrogène

L'hydrogène est un gaz, largement employé dans l'industrie, qui aujourd'hui encore est principalement fabriqué, pour des raisons économiques, à partir d'hydrocarbures ou de charbon par des procédés très émetteurs de gaz à effet de serre (ex. vaporeformage*).

Une méthode alternative de production est l'électrolyse de l'eau, réaction électrochimique, où l'eau H₂O est décomposée sous l'effet d'un courant électrique en 2 gaz : le dihydrogène H₂ et le dioxygène O₂.

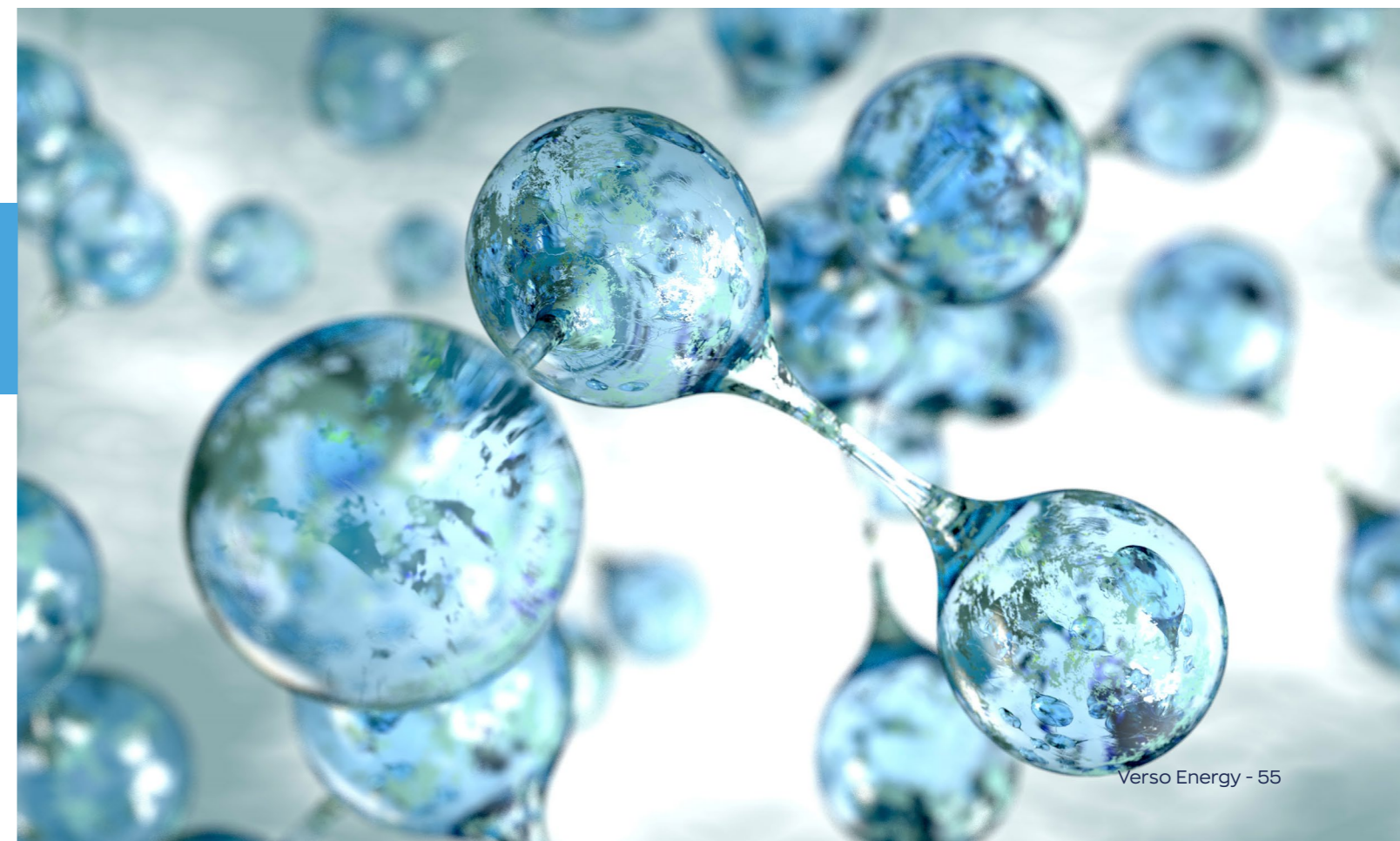
C'est cette méthode, qui ne génère aucune émission de CO₂, que VERSO ENERGY envisage d'utiliser dans le cadre du projet LiCHEN.

Les électrolyseurs déployés auraient une puissance installée totale de 650 MW auxquels s'ajoutent plusieurs auxiliaires nécessaires à leur fonctionnement : des unités de déminéralisation de l'eau d'entrée, de compression et purification de

l'hydrogène en sortie et un système de refroidissement en boucle fermée.

Le rendement électrique de l'ensemble de l'infrastructure (650 MW + les auxiliaires) est d'environ 60 kWh/kg d'hydrogène, ce qui signifie que pour chaque kg d'hydrogène produit, 60 kWh d'électricité seront consommés.

La production est estimée à 16 000 tonnes d'hydrogène par an et par unité de 100 MW. Avec une capacité totale de 650 MW prévue à l'horizon en 2029, 95 000 tonnes d'hydrogène seront ainsi produites chaque année.



Les étapes de production de l'hydrogène par électrolyse de l'eau

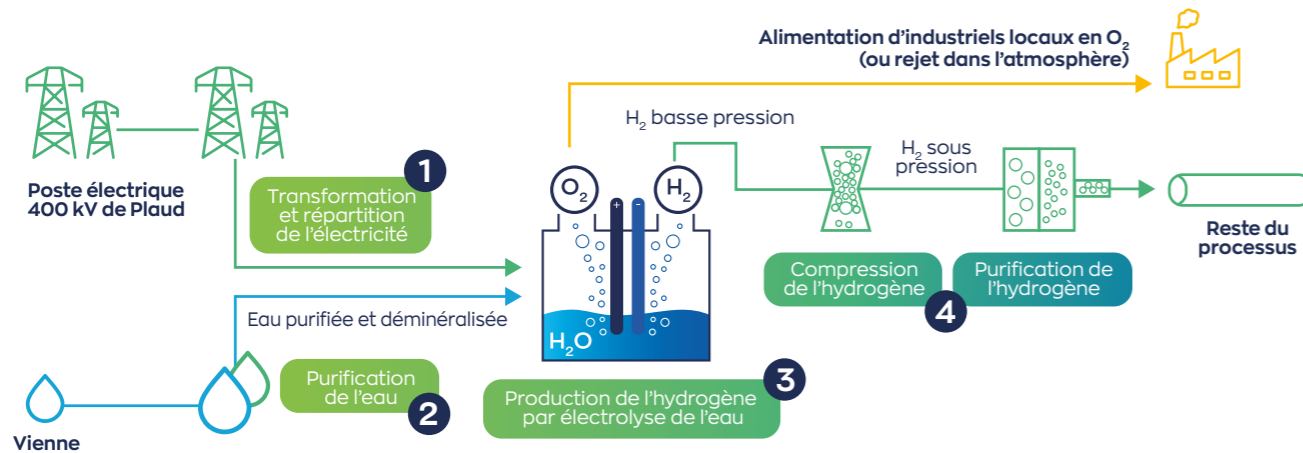


Figure 24- Schéma de principe de l'électrolyse

1

Réception, transformation et répartition de l'électricité

Le site de LiCHEN sera raccordé par RTE au réseau de transport d'électricité depuis le poste électrique* de Plaud, via une liaison 400 kV. Le niveau de tension de celle-ci sera abaissé et adapté aux besoins électriques des infrastructures de LiCHEN - dont les électrolyseurs - **grâce à un poste de transformation situé au sein du site de VERSO ENERGY, dit « poste client »**. Par ailleurs, le courant alternatif en entrée sera converti en courant continu avant d'alimenter chaque électrolyseur.

2

Purification de l'eau

L'eau nécessaire au procédé d'électrolyse proviendra de la Vienne.

Elle devra être purifiée et déionisée au sein d'une unité de déminéralisation pour atteindre le niveau de qualité adéquat au bon fonctionnement des électrolyseurs.

3

Production de l'hydrogène par électrolyse de l'eau

L'eau purifiée (H_2O) sera injectée dans les électrolyseurs où elle sera décomposée en dioxygène (O_2) et dihydrogène (H_2) gazeux, sous l'action de l'électricité. Ces deux gaz seront séparés au sein de la cellule d'électrolyse avant d'être comprimé et purifié pour l'hydrogène ou éventé pour l'oxygène.

4

Purification et compression de l'hydrogène

En sortie d'électrolyseur, l'hydrogène contient des traces d'oxygène et d'eau. Afin de garantir le niveau de pureté requis pour être injecté dans la suite du procédé industriel de LiCHEN, l'hydrogène sera préalablement désoxygéné et séché. En fonction de la technologie d'électrolyse qui sera choisie, une compression complémentaire pourra également s'avérer être nécessaire.

Nature et provenance de l'électricité utilisée

Les électrolyseurs seront alimentés par de l'électricité :

- > renouvelable produite dans des parcs solaires et éoliens développés par VERSO ENERGY ou des entreprises partenaires. L'approvisionnement sera sécurisé grâce à des « contrats long terme d'achat d'électricité » (ou PPA* en anglais, pour « Power Purchase Agreement »),
- > et bas-carbone* provenant du marché français de l'énergie. La composition du mix électrique français*, majoritairement nucléaire et renouvelable, lui permet d'avoir une empreinte carbone* parmi les plus faibles d'Europe.

La gestion et l'optimisation de l'approvisionnement électrique du projet à partir des différentes sources énergétiques évoquées ci-dessus (PPA renouvelables et mix électrique* bas-carbone) seront rendues possibles grâce à un système de gestion de l'énergie conçu en interne chez VERSO ENERGY. Celui-ci prendra également en compte l'évolution des contraintes réglementaires, l'efficacité électrique

des électrolyseurs, le prix de l'électricité et le contenu carbone du mix électrique* pour assurer une amélioration continue de l'approvisionnement électrique du projet et ainsi garantir le meilleur prix de l'hydrogène et donc des carburants durables* en sortie de LiCHEN.

Provenance de l'eau nécessaire à l'électrolyse

L'eau industrielle pour le projet serait prélevée dans la Vienne puis acheminée par canalisation.

L'eau utilisée pour l'électrolyse sera déminéralisée, puis décomposée en hydrogène et oxygène. Cette déminéralisation concentre les éléments existants sans en ajouter de nouveaux. Les effluents auront donc les mêmes composants que l'eau d'origine, mais cinq fois plus concentrés. Aucun élément chimique supplémentaire n'est introduit par l'électrolyse.

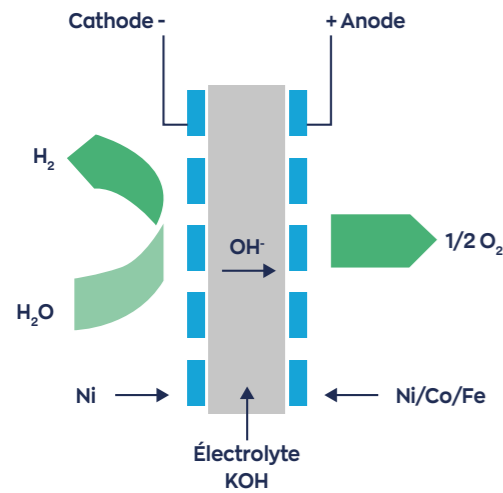
Les effluents de l'unité de déminéralisation seront collectés puis envoyés dans une unité de traitement sur le site (voir partie 6.4).



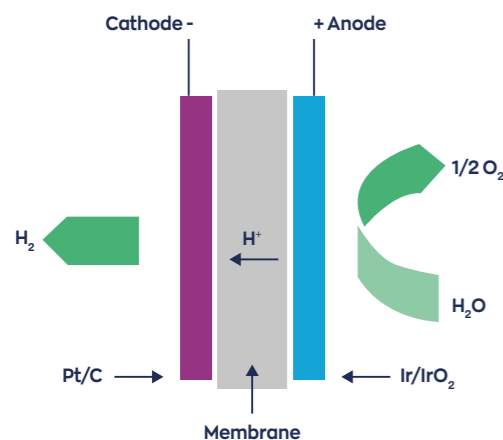
Choix de la technologie d'électrolyse

Aujourd'hui, l'hydrogène décarboné est généralement produit à l'aide de l'une des quatre technologies suivantes : alcalin, PEM*, à oxyde solide (SOEC) et à membrane échangeuse d'anions (AEM). Parmi ces technologies, le SOEC et l'AEM sont les plus récentes et sont encore peu matures sur le marché car n'ayant pas encore été déployées à grande échelle sur des projets commerciaux. Bien qu'elles soient toutes deux prometteuses en termes d'efficacité et de performances, elles font encore l'objet de tests et de développements ce qui ne les rendra disponibles commercialement pour des projets de grande envergure avec suffisamment de retour d'expérience d'ici 5 à 7 ans.

Les électrolyseurs alcalins et PEM* sont les deux principales technologies déployées le plus largement dans le monde.



➤ **La technologie alcaline** est la plus établie et la plus mature. Elle consiste à séparer l'oxygène et l'hydrogène de l'eau par un courant électrique dans un électrolyte* alcalin, de la solution de potasse (KOH). Son historique de projets en opération démontre qu'elle est généralement facile à opérer, à entretenir et à exploiter. Elle offre un coût d'investissement initial intéressant grâce à son absence d'utilisation de matériaux nobles ou rares.



➤ **L'électrolyse à membrane échangeuse de protons** : dans une cellule d'électrolyseur PEM*, les deux électrodes* (anode et cathode) sont séparées par une membrane en polymère solide échangeuse de protons. Aucun électrolyte* chimique n'est requis, limitant ainsi les risques de manipulation et allégeant les procédures d'exploitation et d'entretien des équipements. La technologie PEM* peut fonctionner sur une large plage de puissance et répondre à des variations rapides de charges, même à froid. Cela lui donne l'avantage d'être réactive à un approvisionnement électrique provenant de sources renouvelables. Le PEM a l'inconvénient d'utiliser des matériaux nobles ou rares.



Figure 25 - un électrolyseur PEM de SIEMENS ENERGY

L'unité d'électrolyse du projet LiCHEN permettra de produire **95 000 tonnes d'hydrogène décarboné par an**, qui seront utilisées pour 98 % dans le processus de méthanolation* et, pour le reste, dans le procédé (MTJ).

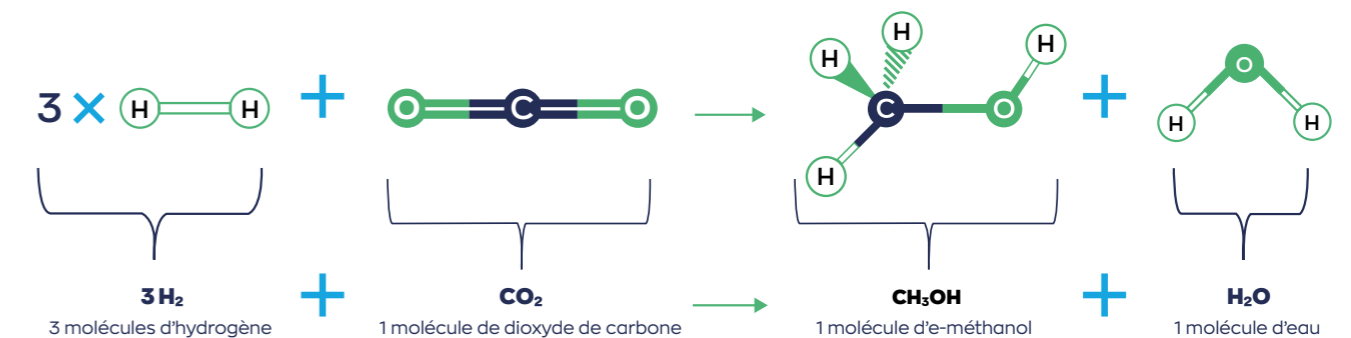
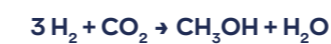
VERSO ENERGY n'a à ce jour pas encore arrêté son choix de technologie d'électrolyse. Celui-ci sera confirmé à l'issue des études de base courant 2025. Le choix se fera selon une analyse technico-économique prenant en compte :

- Les coûts
- Les délais
- L'environnement
- L'efficacité des procédés dans le cas du projet
- Les références

La production d'e-méthanol

Transformation de CO₂ et d'hydrogène en e-méthanol

L'enjeu de la production d'e-méthanol est de combiner le CO₂ et l'hydrogène (H₂) obtenus précédemment selon la réaction :



Cette réaction relâche de l'eau (H₂O) en parallèle de la création d'e-méthanol (CH₃OH) qu'il faudra séparer.



Les étapes de production du méthanol

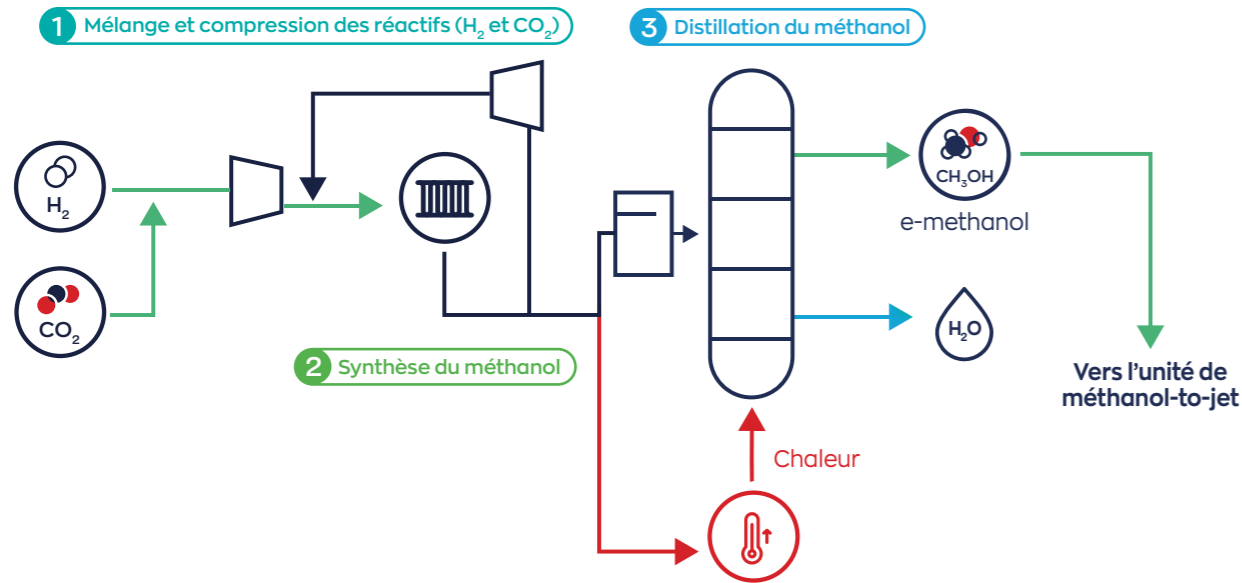


Figure 26 - Synthèse du e-méthanol

1

Mélange et compression des réactifs (H₂ et CO₂)

Mélange puis compression (ordre de grandeur de la centaine de bars) des flux d'H₂ et de CO₂ purs dans les proportions et conditions optimales pour la réaction de la synthèse de méthanol.

2

Synthèse du méthanol

- › Chauffage à plusieurs centaines de degrés du mélange réactionnel
- › Alimentation dans une cuve contenant un catalyseur*
Ce qui permet la transformation du CO₂ et de l'H₂ en méthanol :
 $3 H_2 + CO_2 \rightarrow CH_3OH + H_2O$ (réaction libérant de la chaleur)
- › Refroidissement à 40°C, grâce à des échangeurs de chaleur, des gaz sortant de la cuve pour séparer le méthanol brut du CO₂ biogénique*.
- › Condensation puis séparation des liquides dans un séparateur à deux phases.
- › Recyclage du CO₂ biogénique* qui n'a pas réagi et qui sort du séparateur, à l'entrée de la boucle de synthèse du méthanol grâce à un circulateur de CO₂ biogénique* afin de maximiser les rendements du procédé.

3

Distillation du méthanol

Séparation du méthanol issu de la boucle de et de l'eau co-produite dans un train de distillation. La majeure partie de l'énergie thermique nécessaire à cette séparation provient de la boucle de synthèse, où la réaction produit de la chaleur.

Le reste est apporté par un système en boucle fermée utilisant de l'eau chaude pressurisée, chauffée grâce à un chauffage électrique.

Ce procédé de production de méthanol à partir de CO₂ et d'hydrogène est un procédé éprouvé dans l'industrie depuis déjà une quinzaine d'années.

A l'issue de la distillation, le méthanol est analysé pour évaluer sa qualité avant d'être transféré vers l'unité de « méthanol-to-jet ».

La production d'e-méthanol dans le cadre du projet LiCHEN est estimée à 420 000 tonnes par an. Cela correspond à la valorisation de l'ensemble du CO₂ biogénique* capté et de l'hydrogène produit sur site. La totalité de l'e-méthanol produit sera ensuite transformée en e-SAF.

L'eau coproduite par la méthanolation sera quant à elle collectée puis envoyée dans une unité de traitement sur le site (voir partie 6.4).

La production d'e-SAF

Transformation d'e-méthanol et d'hydrogène en e-SAF, e-diesel et e-naphta

Le Methanol-to-Jet* (MTJ) est un procédé en trois étapes qui permet de transformer l'e-méthanol, en carburant d'aviation durable directement compatible avec les motorisations d'avion existantes.

Les étapes de production de l'e-SAF

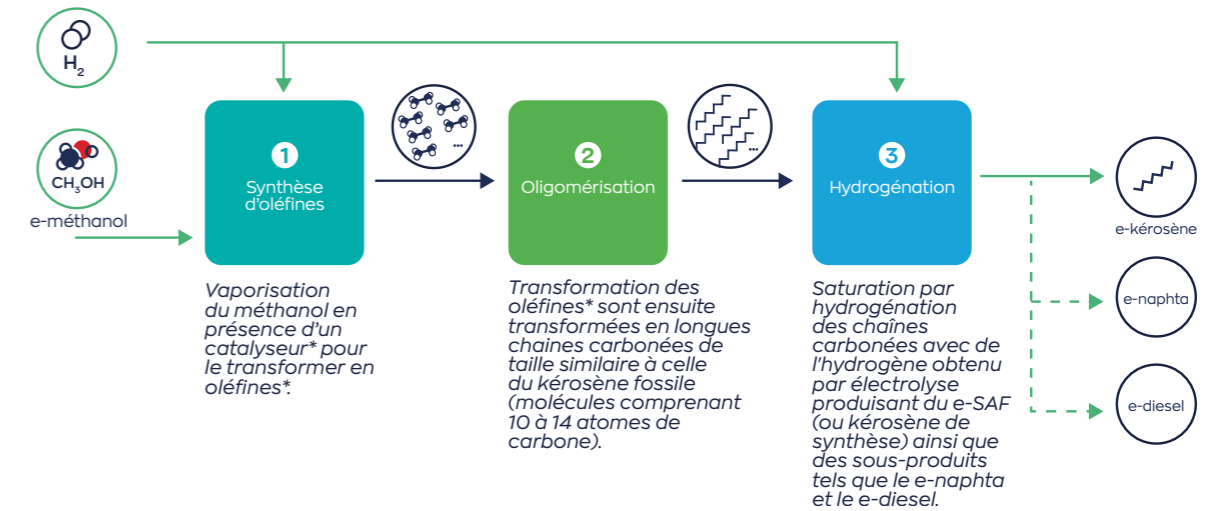


Figure 2 - Synthèse de l'e-SAF

La production d'e-SAF dans le cadre du projet LiCHEN est estimée à **153 000 tonnes par an**, soit près de 190 000 m³.

Seront par ailleurs co-produits :

- › du e-diesel et du e-naphta (8 700 tonnes/an en tout) qui seront valorisés sous des usages similaires à leurs équivalents fossiles c'est-à-dire respectivement en tant que carburant (diesel) et dans les processus production d'essence (naphta). Le e-naphta comme le naphta peut aussi servir de carburant dans certaines centrales thermiques.
- › ainsi que de l'eau qui sera quant à elle collectée puis envoyée dans une unité de traitement sur le site (voir partie 6.4).

Le transport du e-SAF

Le territoire est connecté au réseau ferroviaire grâce à la ligne opérée par SNCF Réseaux, actuellement opérationnelle et compatible avec le transport des matières dangereuses, reliant Saillat-Sur-Vienne à Limoges. Le site de Sylvamo était lui-même autrefois connecté au réseau ferroviaire via une Installation Terminale Embranchée (ou ITE : embranchement privé depuis le réseau ferré national) mais celle-ci - bien qu'encore existante - n'est plus opérationnelle.

Les zones pressenties pour le projet LiCHEN se trouvent à proximité immédiate de cette ligne ferroviaire. VERSO ENERGY projette de s'y raccorder moyennant des travaux neufs pour créer un nouvel

embranchement et/ou d'éventuels travaux de réfection/remise en état si le choix est fait de réutiliser d'anciens embranchements.

Cette connexion permettra d'exporter le e-SAF vers des hubs d'export pour ensuite rejoindre de multiples destinations nationales ou internationales. Par exemple le e-SAF pourra-t-êtré envoyé au Havre afin d'être injecté sur les réseaux d'oléoducs existants (réseaux TRAPIL, CEPS etc.) et desservir les grands aéroports français et Ouest-européens.

Le transport du e-SAF vers ces hubs représentera 2 à 3 trains par semaine sur 48 semaines par an.

NEH

6

Effets prévisionnels du projet

6.1 Réglementation applicable et études à réaliser

L'implantation d'un projet industriel peut générer des enjeux à différents niveaux : humain, environnemental ou économique. La démarche d'évaluation de ces enjeux est réalisée via des études portant sur les procédés industriels choisis, les bâtiments, les stockages de produits prévus sur site, le raccordement électrique etc. En raison de la nature de son activité, le projet LiCHEN sera une Installation Classée pour la Protection de l'Environnement (ICPE*) soumis à autorisation.

Qu'est-ce qu'une ICPE (Installation Classée pour la Protection de l'Environnement) ?

Le Code de l'environnement* définit les ICPE comme des installations susceptibles de créer des risques ou de provoquer des pollutions ou nuisances, notamment pour la sécurité et la santé des riverains. Une ICPE est soumise à de nombreuses réglementations de prévention des risques environnementaux, notamment en termes d'autorisations.

La législation des installations classées vise à réduire les dangers ou inconvénients que peuvent présenter les ICPE, soit pour :

- > la commodité du voisinage,
- > la santé, la sécurité, la salubrité publiques,

- > l'agriculture,
- > la protection de la nature, de l'environnement et des paysages,
- > la conservation des sites et des monuments ainsi que des éléments du patrimoine archéologique.

La nomenclature des installations classées détermine également le régime de classement (Déclaration, Enregistrement ou Autorisation) et le statut Seveso. Elle s'organise en quatre grandes familles de rubriques qui caractérisent soit l'activité de l'installation classée, soit les substances qu'elle stocke, utilise ou produit.



La directive Seveso

La directive Seveso est le nom générique d'une série de directives européennes qui imposent aux États membres de l'Union européenne d'identifier les sites industriels présentant des risques d'accidents majeurs, appelés « sites Seveso », et d'y maintenir un haut niveau de prévention.

Le statut Seveso du projet

Le statut Seveso du projet LICHEN n'est pas encore déterminé et dépendra des quantités totales de produits stockés sur site. Les études qui seront réalisées ultérieurement dans le cadre du dossier d'autorisation environnementale permettront de confirmer le classement Seveso du projet. À ce stade du projet, VERSO ENERGY anticipe un classement Seveso seuil bas, qui imposera des mesures de sécurité complémentaires au projet LICHEN.

L'Autorisation Environnementale

En tant qu'ICPE* le projet sera soumis à autorisation environnementale en plus du permis de construire.

L'autorisation environnementale intègre l'ensemble des procédures requises pour la réalisation d'un projet ayant des effets importants sur l'environnement, à partir des différents corpus législatifs applicables et relevant de différents codes (notamment le code de l'environnement*, le code forestier, le code de l'énergie, le code des transports, le code de la défense et le code du patrimoine).

En vue de l'obtenir, le porteur de projet doit au préalable constituer un Dossier de Demande d'Autorisation Environnementale (DDAE*) qui sera instruit par les services de l'État (inspection des installations classées, police de l'eau, ...).

Le DDAE* comprend notamment les études approfondies suivantes :

- › Une **étude d'impact**, en vue d'évaluer et d'éviter les nuisances environnementales ainsi que les risques de pollution associés au projet ;
- › Une **étude de dangers** (EDD) visant à évaluer les risques technologiques.

L'instruction du dossier doit permettre de démontrer la compatibilité des risques résiduels avec la réglementation (vis-à-vis des tiers, des autres installations à proximité et de l'environnement).

RTE contribuera pour la partie du projet qui le concerne à l'étude d'impact que VERSO ENERGY doit produire, afin de caractériser, analyser, évaluer, prévenir et réduire les impacts du raccordement électrique et d'assurer la meilleure interaction possible avec son environnement.

En quoi consiste une étude d'impact ?

Une étude d'impact est une étude technique qui vise à apprécier les conséquences de toutes natures, notamment environnementales, d'un projet d'aménagement pour tenter d'en limiter, atténuer ou compenser les effets négatifs.

Le contenu de l'étude d'impact comprend a minima :

- › Un résumé non technique ;
- › Une description du projet (localisation, conception, dimension, caractéristiques) ;
- › Une description des aspects pertinents de l'état actuel de l'environnement et de leur évolution en cas de mise en œuvre du projet ainsi qu'un aperçu de l'évolution probable de l'environnement en l'absence de mise en œuvre du projet ;
- › Une description des incidences notables du projet sur l'environnement, ainsi que de celles résultant de la vulnérabilité du projet à des risques d'accidents ou de catastrophes majeurs ;

› Les mesures envisagées pour éviter, réduire et lorsque c'est possible compenser les incidences négatives notables du projet sur l'environnement et la santé humaine (démarche ERC pour « Éviter-Réduire-Compenser » explicitée plus bas) ;

› Une présentation des modalités de suivi de ces mesures et de leurs effets ;

› Une description des solutions de substitution examinées et les principales raisons de son choix au regard des incidences sur l'environnement.

L'objectif global d'une étude d'impact est de garantir que les projets industriels sont développés de manière responsable et durable, en minimisant les impacts négatifs sur l'environnement et les communautés locales, tout en maximisant les avantages socio-économiques.

VERSO ENERGY et RTE suivent les principes de la démarche ERC

La démarche « ERC », pour « Éviter-Réduire-Compenser », consiste à identifier les impacts dans un premier temps afin de :

- › Éviter ces impacts par la mise en place d'autres solutions ;
- › Réduire ces impacts au maximum, uniquement s'ils sont inévitables, en prenant des mesures adaptées ;
- › Compenser ces impacts, uniquement s'il est impossible de plus les réduire ou les éviter, en engendrant des gains au moins égaux aux pertes pour l'environnement ;

Toutes les conclusions et les mesures d'atténuation proposées seront compilées dans le rapport d'étude d'impact.

En quoi consiste une étude de dangers ?

Une étude de dangers dans le domaine industriel est une évaluation systématique et approfondie des risques et des dangers potentiels associés à une installation industrielle, une usine, un site ou un processus industriel. Son objectif principal est d'identifier, d'analyser et de comprendre les scénarios dangereux qui pourraient se produire, ainsi que les conséquences possibles de ces événements. Cette étude vise à assurer la sécurité des personnes, de l'environnement et des biens à proximité de l'installation.

Les principales étapes d'une étude de dangers :

- Identification des dangers: Cette étape consiste à répertorier tous les éléments, substances, équipements ou processus qui pourraient être à l'origine d'un danger potentiel.
- Analyse des scénarios d'accidents : Les ingénieurs et experts analysent les scénarios possibles d'accidents, en tenant compte des défaillances techniques, des erreurs humaines, des situations anormales et des événements extérieurs.
- Évaluation des conséquences : Une fois les scénarios d'accidents identifiés, les conséquences potentielles sont évaluées en termes de dommages aux personnes, à l'environnement et aux biens matériels.

➤ Analyse des mesures de prévention et de protection existantes : L'étude examine les systèmes et les mesures de sécurité déjà en place pour déterminer leur efficacité et identifier les éventuelles lacunes.

➤ Proposition de mesures correctives: Sur la base des résultats de l'étude, des recommandations sont formulées pour améliorer la sécurité, telles que l'ajout de systèmes de protection supplémentaires, des procédures d'urgence, des formations pour le personnel, etc.

➤ Plan d'urgence : L'étude de dangers peut également conduire à la création ou à la mise à jour d'un plan d'urgence pour faire face aux accidents éventuels et limiter leurs conséquences.

Les études de dangers sont généralement menées dans le cadre des réglementations en matière de sécurité industrielle et sont essentielles pour prévenir les accidents majeurs, minimiser les risques et assurer la protection des populations environnantes. Ces études sont souvent réalisées par des équipes d'experts multidisciplinaires, comprenant des ingénieurs en sécurité, des spécialistes des risques, des experts techniques et des représentants de l'entreprise concernée.

Au stade de la concertation préalable, VERSO ENERGY et RTE (pour la partie qui le concerne sur le raccordement du site de LiCHEN au poste de Plaud) ont amorcé les études évoquées plus haut et seront en mesure de présenter un aperçu des enjeux sur l'environnement du projet LiCHEN et de son raccordement. Les résultats plus détaillés seront communiqués ultérieurement, au stade de l'enquête publique.

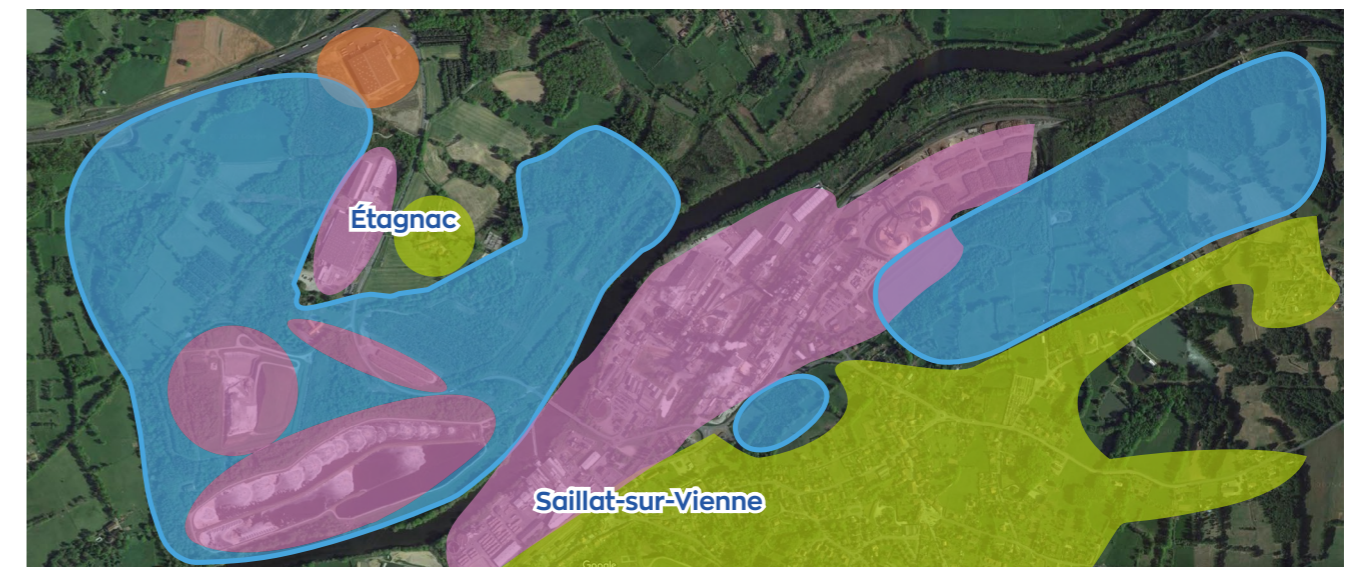
6.2 Enjeux en présence sur et autour du site visé pour l'implantation du projet

Les zones envisagées pour l'implantation de LiCHEN et leur environnement proche sont composés de trois types d'espaces :

- Des espaces à dominante industrielle : avec la présence assez étendue du site de Sylvamo mais également des autres industriels de la zone (Smurfit Kappa etc.), pour une surface totale de plus de 100 ha ;
- Des espaces à dominante urbaine : avec la ville de Saillat-sur-Vienne qui est contigüe aux espaces industriels mais également quelques habitations éparses ;

- Un espace occupé par une activité logistique à proximité immédiate de la N141 à Etagnac : les transports Bouyat ;
- Des zones naturelles, agricoles et forestières : composant le reste de l'environnement proche.

La localisation de la zone dédiée à la logistique et les zones à dominantes urbaines et industrielles sont représentées dans l'illustration ci-dessous. Le reste est constitué d'espaces naturels, agricoles et forestiers.



■ Zones d'implantations à l'étude ■ Habitations et commerces
 ■ Activité logistique ■ Activités industrielles

Figure 28 – Environnement humain du projet LiCHEN

L'environnement industriel

Sylvamo est l'activité industrielle la plus étendue dans l'environnement proche : son emprise s'étend sur près d'une centaine d'hectares et se répartit principalement sur la commune de Saillat-sur-Vienne également sur la commune d'Étagnac avec des activités de finition (transformation des bobines en ramettes), de stockage de bois, d'ISDND* et de traitement des effluents industriels (lagunes). Elle est classée SEVESO seuil bas.

D'autres installations industrielles, classées elles-aussi au titre de la réglementation sur les ICPE, parmi lesquelles :

- SPECIALTY MINERALS France : fabricant de Précipité de Carbonate de Calcium (PCC), additif utilisé dans la production de papier ;
- LA BOISOURCE : filiale de DALKIA en charge de l'exploitation des chaudières et turbines à vapeur de Sylvamo ;
- SETHELEC : exploitant de centrale de cogénération pour SMURFIT ;
- SMURFIT WESTROCK : fabricant de papier kraft pour cartons.

Les interactions avec cet environnement industriel seront étudiées pour prévenir d'éventuels effets dominos*.

L'environnement humain

Certaines zones d'habitation sont contiguës ou très proches des zones envisagées pour l'implantation de LICHEN. Une attention toute particulière sera portée sur l'adéquation du projet avec cet environnement humain.

Le milieu naturel

Les zones envisagées pour l'implantation du projet ne sont pas concernées par des zonages de protection réglementaire du patrimoine naturel de type Natura 2000, réserves naturelles nationales ou parc naturel régionaux. En revanche, une partie de la zone envisagée pour l'implantation du projet sur la commune de Saillat-sur-Vienne est concernée par un zonage d'inventaire du patrimoine naturel : la ZNIEFF de type 1 « Boisements de pente et végétations alluviales de Chaillac-sur-Vienne ». Verso Energy tiendra compte de ce zonage dans son choix d'implantation.



■ Zones d'implantations à l'étude ■ ZNIEFF de type 1 : « Boisements de pente et végétations alluviales de Chaillac-sur-Vienne »

Figure 29 - Les zones d'intérêt écologique autour du projet

Qu'est-ce qu'une ZNIEFF ?

Une ZNIEFF (Zone Naturelle d'Intérêt Ecologique Faunistique et Floristique) est un secteur du territoire particulièrement intéressant sur le plan écologique, participant au maintien des grands équilibres naturels ou constituant le milieu de vie d'espèces animales et végétales rares, caractéristiques du patrimoine naturel régional. On distingue deux types de ZNIEFF :

Les ZNIEFF de type I, d'une superficie généralement limitée, définies par la présence d'espèces, d'associations d'espèces ou de milieux rares, remarquables ou caractéristiques du patrimoine naturel national ou régional ;

Les ZNIEFF de type II qui sont de grands ensembles naturels riches et peu modifiés, ou qui offrent des potentialités biologiques importantes. Ces zones peuvent inclure une ou plusieurs ZNIEFF de type I.

Cette appellation ne confère aucune protection réglementaire à la zone concernée, mais peut constituer un instrument d'appréciation et de sensibilisation face aux décisions publiques ou privées suivant les dispositions législatives.

Au-delà des zonages existants de protection réglementaire et d'inventaire du patrimoine naturel, un diagnostic écologique (inventaire faune-flore ou « Etude 4 saisons ») en cours de réalisation par Verso Energy sur l'ensemble de la zone d'étude permettra d'identifier précisément les caractéristiques écologiques des milieux et leurs sensibilités. A ce stade des investigations, diverses espèces patrimoniales et protégées ont été identifiées en certains endroits

de la zone d'étude. Il conviendra de tenir compte de ce diagnostic une fois finalisé pour l'élaboration du projet en appliquant le principe d'éviter autant que possible toute nuisance sur l'environnement, sinon de les réduire et en dernier recours de les compenser.

L'environnement du projet se caractérise également par la présence de différents cours d'eau, le principal étant la rivière la Vienne, mais également des cours d'eau secondaires et des plans d'eau.



Figure 30 - Carte hydrique autour du projet²⁹

²⁹ Source de la carte : IGN - https://macarte.ign.fr/carte-narrative/voir/1733b5f9ce9b2fa24a1f7e69184f64cd/L_EAU_EN_FRANCE

6.3 Les enjeux de la phase travaux

Le phasage du chantier

Le chantier évoluerait de façon typique en 4 étapes :

- › 3 mois après le début du chantier : le terrassement
- › 12 mois après le début du chantier : la pose des fondations et le génie civil
- › 19 mois après le début du chantier : la construction de la structure du bâtiment et les montages mécaniques et électriques
- › 23 mois après le début du chantier : la mise en place du procédé et la mise en service

Le bruit

Les travaux d'aménagement et de construction de LiCHEN seraient susceptibles de générer des nuisances sonores ponctuelles. Les sources de bruit seraient liées à la circulation des camions, aux engins de chantier et à l'outillage (postes à souder, compresseurs d'air, groupes électrogènes, etc.). Dans la mesure du possible, certains systèmes et équipements (comme les électrolyseurs, les compresseurs...) seraient préfabriqués et préassemblés en usine avant d'être acheminés sur site pour être raccordés entre eux afin de limiter les nuisances.

Les travaux, réalisés uniquement pendant les heures ouvrées, ne devraient pas affecter les zones résidentielles les plus proches.

Les émissions atmosphériques

Les rejets atmosphériques en phase chantier seront constitués des gaz d'échappement des véhicules du personnel de chantier, des camions de transport des éléments de construction ainsi que des engins de chantiers. Le chantier pourra également être à l'origine d'émissions de poussières en particulier lors des opérations de terrassement (limitées dans le temps). Ces sources seront de type diffus.

Les mesures projetées de limitation des émissions atmosphériques peuvent passer par :

- › L'utilisation d'engins et matériels respectant la législation, vérifiés et entretenus régulièrement,
- › L'arrêt des moteurs en cas d'arrêt prolongé des engins et véhicules,
- › L'interdiction de brûlage de déchets ou de produits sur le chantier,
- › La mise en œuvre de techniques qui limitent les rejets de poussières dans l'air,
- › La couverture des bennes à déchets,
- › L'utilisation de bâches anti-poussières,
- › La mise en place d'un système de lavage des roues des véhicules par temps sec pour limiter l'envol des poussières.

Les émissions atmosphériques liées au chantier n'affecteront qu'un faible périmètre autour du chantier (du fait que les émissions potentielles soient de type diffus).

De plus, la durée de ces nuisances est limitée dans le temps.

Le trafic routier

Une augmentation du trafic d'engins de chantier et de poids lourds est attendue pendant la phase travaux compte tenu de la présence de nombreux intervenants sur site. Les chantiers de raccordement électrique, de pose des conduites de CO₂ et d'eau seront organisés avec les services gestionnaires des voiries concernés pour éviter et réduire les impacts sur le trafic.

Les eaux souterraines et superficielles

Pendant la phase de chantier, les travaux d'établissement d'une liaison souterraine ou la réalisation des fondations peuvent occasionner une contamination accidentelle des eaux souterraines et/ou superficielles, par exemple lors de travaux de franchissement de cours d'eau. Ces effets seront maîtrisés par des mesures de prévention spécifiques et des modes opératoires adaptés à ces milieux.

La faune et la flore

Les problématiques en lien avec la gestion des milieux naturels, de la faune et la flore seront prises en compte par la société VERSO ENERGY dès la phase de conception du projet.

Toutefois l'aménagement prévu dans le cadre de ce projet étant susceptible d'entraîner des contraintes sur les habitats naturels et certaines espèces animales, VERSO ENERGY anticipera les mesures à mettre en œuvre selon les principes de la démarche Éviter-Réduire-Compenser (voir partie 6.1).

Une fois l'inventaire écologique terminé, VERSO ENERGY aura une vision précise des enjeux environnementaux en présence et pourra travailler le projet de sorte à – par ordre de priorité – éviter, réduire et éventuellement compenser les éventuelles nuisances générées.

L'étude 4 saisons

Une étude dite « 4 saisons », vise à définir et à localiser les principaux enjeux de conservation de la faune et de la flore, à qualifier et quantifier les impacts du projet au sein de son environnement sur les composantes biologiques, et à proposer des mesures d'atténuation des impacts négatifs identifiés.

Le bureau d'études missionné met en place une méthodologie adaptée afin d'identifier le contexte environnemental lié aux périmètres à statut (réglementaire et inventaire), les principaux enjeux écologiques avérés et pressentis (basés sur l'analyse du patrimoine naturel avéré et potentiel) et les principales fonctionnalités écologiques.

Cette étude s'étend sur un an afin de prendre en compte les quatre saisons. Elle intégrera la démarche Éviter, Réduire, Compenser (ERC) dans le cas où des espèces patrimoniales ou protégées seraient présentes sur la zone d'étude. Les résultats détaillés seront fournis dans le dossier de demande d'autorisation environnementale (DDAE*).

6.4 Les enjeux en phase d'exploitation

Impacts environnementaux

La maîtrise des impacts

Le projet, dont l'activité est visée par les rubriques 3000 de la nomenclature des installations classées, devra respecter les dispositions relatives aux Meilleures Techniques Disponibles (MTD) (voir ci-dessous). L'exploitant devra en conséquence déclarer, chaque année, différents éléments concernant ses déchets et impacts sur les sols, sur l'eau (rejets aqueux) et sur l'air (émissions de polluants et GES + quotas).

La Directive sur les émissions industrielles (IED), les meilleures techniques disponibles (MTD) et les Best REFerence Documents (BREF)

La Directive sur les émissions industrielles³⁰ (IED) est le principal instrument de l'Union européenne pour prévenir et réduire les émissions de polluants des activités industrielles, notamment via la mise en œuvre des Meilleures Techniques Disponibles (MTD). Sa révision a été approuvée en mars 2024.

Cette directive prévoit une approche intégrée de la prévention et de la réduction des émissions dans l'air, l'eau et le sol, de la gestion des déchets, de l'efficacité énergétique et de la prévention des accidents.

Les Meilleures Techniques Disponibles (MTD) constituent le stade de développement le plus efficace et avancé des activités et de leurs modes d'exploitation, permettant d'éviter et, lorsque cela s'avère impossible, de réduire les émissions et l'impact sur l'environnement dans son ensemble. Le terme "techniques" désigne les technologies employées (procédés de production et/ou de traitement des rejets), mais aussi la conception de l'installation, sa construction, son entretien et son exploitation (dispositions d'organisation et mesures de prévention) et mise à l'arrêt.

Ce sont les documents appelés BREF, issus de l'échange d'informations entre les Etats membres, l'industrie et les organisations non gouvernementales, qui décrivent les techniques, les émissions et consommations ainsi que ce qui sera considéré comme les Meilleures Techniques Disponibles pour un secteur d'activité donné.

La consommation d'eau

Dans le cadre du projet, le site sera alimenté par :

- › l'eau de la Vienne;
- › l'eau potable du réseau de distribution public;
- › l'eau recyclée issue du traitement des effluents internes au site;

Verso Energy envisage également d'étudier les possibilités de recyclage des eaux industrielles de Sylvamo.

Eaux à usage industriel

Les eaux de la Vienne seront utilisées pour les usages industriels suivants :

- › Production d'eau déminéralisée : alimentation des unités d'électrolyse ;
- › Production d'eau traitée par ultrafiltration : complément des circuits fermés, alimentation des unités de refroidissement des installations de production de méthanol et de e-SAF.

Le prélèvement total en eau associé est estimé à environ 375 m³/h (prélèvement brut, c'est-à-dire sans tenir compte des rejets).

En supposant que le prélèvement d'eau intervienne en période d'étiage de la Vienne, le débit de prélèvement projeté de 375 m³/h représenterait moins de 1 % du débit moyen minimum mensuel de période de retour 5 ans (QMNA5*) qui est de 13,5 m³/s (48 600 m³/h)³¹

Au regard des volumes estimés, le besoin en eau de LICHEN semble compatible avec la ressource en eau disponible. Cela reste à approfondir et à confirmer dans le cadre des futures études qui seront réalisées pour le dossier de demande d'autorisation environnementale (DDAE).

L'étude d'impact qui sera réalisée dans le cadre du dossier de demande d'autorisation d'exploiter permettra toutefois de préciser les caractéristiques du point de prélèvement, d'identifier les réglementations applicables et d'évaluer les incidences vis-à-vis des plans de gestion locaux.

VERSO ENERGY s'engage à respecter l'ensemble des dispositions qui seront imposées par les autorités administratives et intègre, en phase de conception du projet, des mesures visant à l'économie de la ressource en eau. Tout particulièrement, VERSO ENERGY s'emploiera à privilégier quand cela est possible le recyclage de ses effluents et l'utilisation de systèmes de refroidissement en boucle fermée (dry cooling) pour limiter sa consommation d'eau.

Eaux à usage domestique

L'eau de ville sera destinée aux usages domestiques (sanitaires, cafétérias, entretien des locaux, ...).

Les rejets d'eau

Les procédés suivants, tous mis en œuvre sur le site LICHEN, généreront des effluents aqueux :

- › l'unité de déminéralisation de l'eau, située en amont du procédé d'électrolyse ;
- › la méthanolation ;
- › le « méthanol-to-jet ».

Une station de traitement des effluents liquides sera construite par VERSO ENERGY pour traiter l'ensemble des rejets du site, afin de ne pas déclasser l'état du milieu récepteur (la Vienne). L'industriel procédera aux mesures réglementaires pour assurer que le rejet en sortie de station de traitement permette de respecter les valeurs du bon état et de non-dégradation de la qualité amont pour tous les paramètres considérés à l'aval de son rejet. Ces mesures comprendront notamment une analyse physico-chimique et de la température des eaux de rejets.

Les enjeux environnementaux en lien avec le rejet en Vienne des eaux industrielles* seront donc théoriquement faibles.

Les rejets de la station de traitement sont estimés à environ 150 m³/h.

Compte tenu des 375 m³/h prélevés et des 150 m³/h rejetés, la consommation nette d'eau de la Vienne est d'environ 225 m³/h.

³⁰ Union Européenne : <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/ALL/?uri=CELEX%3A32010L0075>

³¹ Données calculées le 24/12/24 - source HydroPortail - station Hydrométrique de la Vienne à Etagnac

Le bruit

Les terrains qui seront occupés sont inscrits dans un environnement agricole, naturel ou forestier.

Une étude acoustique détaillée permettra de simuler les émissions sonores liées aux équipements du projet LiCHEN et de déterminer les mesures à prendre (calfeutrage, confinement, capotage...) pour les limiter le cas échéant afin de garantir la tranquillité du voisinage. Cette étude sera disponible au stade de l'enquête publique.

Le projet est éloigné des habitations pour les unités de production. L'unité de capture du CO₂ est plus proche des habitations, VERSO ENERGY se conformera au plan d'atténuation local actuel pour atténuer les nuisances sonores (choix d'équipement minimisant la génération sonore, murs, discussion proactive avec les autorités).

Point réglementation - Les émissions sonores

Le projet en fonctionnement devra respecter la réglementation ICPE en matière de bruit, et notamment l'arrêté du 23 janvier 1997, qui précise que « l'installation est construite, équipée et exploitée de façon que son fonctionnement ne puisse être à l'origine de bruits [...] susceptibles de compromettre la santé ou la sécurité du voisinage ou de constituer une nuisance pour celui-ci ».

Les émissions sonores fixées par l'arrêté d'autorisation ne doivent pas excéder, en limite de propriété, 70 dB(A)* pour la période de jour et 60 dB(A)* pour la période de nuit. L'émergence sonore, c'est-à-dire la différence entre d'une part le niveau de bruit avec le projet en fonctionnement et d'autre part le niveau de bruit en l'absence de ce dernier, est également réglementée.

Le projet fonctionnant de jour comme de nuit, le bruit en limite de propriété sera inférieur à 60 dB(A)*.

Odeurs

Les unités de production d'hydrogène et d'e-SAF ne génèrent pas d'odeur, il en est de même pour l'installation de capture de CO₂. Aucune nuisance olfactive n'est donc attendue.

La chaleur

Comme indiqué en 7.3.3, la synthèse du méthanol génère de la chaleur. Celle-ci sera réemployée dans la suite du procédé pour séparer le méthanol de l'eau co-produite dans les colonnes de distillation.

Les champs électromagnétiques

Les liaisons électriques à créer seront conformes à la réglementation française et européenne concernant les champs électriques et magnétiques. Elles ne présenteront pas de risques pour les riverains.

Les émissions lumineuses

L'éclairage extérieur des installations du projet LiCHEN serait limité au strict nécessaire pour la sécurité des biens et des personnes. Plusieurs mesures de réduction sont habituellement mises en place pour limiter la pollution lumineuse : éclairage dirigé vers le sol, éclairage/extinction automatique, éclairage LED.

Les rejets atmosphériques

Comme indiqué en partie 5.3, le procédé de capture du CO₂ permettra d'appauvrir massivement les fumées de la chaudière de Sylvamo en CO₂ (il en restera juste 5 % en raison des limites techniques des procédés de capture) et par la même occasion d'éliminer les oxydes de soufre et les poussières. L'unité de capture de CO₂ ne génèrera en conséquent pas de rejets atmosphériques et permettra, au contraire, de réduire ceux de Sylvamo.

L'électrolyse de l'eau ne génère ni gaz à effet de serre ni particules fines. Elle produit uniquement de l'hydrogène et de l'oxygène.

Lors des phases de démarrage ou d'arrêt des unités, un peu d'hydrogène sera rejeté dans l'atmosphère par des événements. Ces purges ponctuelles des systèmes sont une des mesures de sécurité du site. Les rejets associés sont inodores, incolores et sans impact identifié à ce jour. De l'azote (N₂) sera également employé lors des purges d'hydrogène. L'azote est un gaz déjà grandement présent dans l'air (environ 80 %), qui une fois dispersé ne présente pas de danger particulier pour l'homme ou l'environnement.

Une valorisation de l'oxygène auprès d'industriels locaux sera étudiée. Si celle-ci s'avère inenvisageable, ce gaz sera rejeté dans l'atmosphère.

La production d'e-SAF génère différents gaz en quantité faible (alcool, méthanol³², azote...) qui seront traités dans un oxydeur thermique générant du CO₂. Il y aura donc un rejet minime de CO₂ dans l'atmosphère. Il est à noter que, comme le seul carbone qui rentre

dans l'installation est le carbone biogénique capté chez Sylvamo, celui qui est émis est aussi biogénique. Ce rejet représente donc une perte de rendement sur la capture initiale du CO₂ biogénique* et non une nouvelle émission en soi.

Conclusion : le seul rejet majeur de l'installation est de l'oxygène.

La valorisation potentielle de l'oxygène

Valoriser l'oxygène co-produit d'un processus industriel signifie lui donner une valeur économique ou l'utiliser de manière avantageuse plutôt que de simplement le rejeter.

Les utilisations possibles de l'oxygène sont les suivantes :

- **Transformation chimique :** L'oxygène, en tant qu'oxydant, est utilisé dans l'industrie chimique, par exemple dans la production d'acide sulfurique ou d'acide nitrique.
- **Industrie alimentaire :** L'oxygène (et l'azote) sont utilisés pour empêcher la prolifération des bactéries ou autres micro-organismes responsables de l'altération des aliments. Les aliments conservent leur qualité et ont une plus longue durée de vie.
- **Découpage industriel :** En tant que gaz de coupe ou gaz process, l'oxygène peut être employé dans le découpage de matériaux de grande épaisseur, dont les métaux, par exemple le découpage au laser, au plasma, ou autogène.
- **Utilisation environnementale :** L'oxygène peut être utilisé pour améliorer la qualité de l'air ou de l'eau dans des zones polluées ou déficientes en oxygène. Par exemple, dans les stations d'épuration, l'oxygène peut être utilisé pour stimuler les processus de traitement biologique des eaux usées.
- **Production d'énergie :** L'oxygène peut être utilisé dans des procédés de combustion pour augmenter l'efficacité énergétique. Par exemple, dans certains types de centrales thermiques, l'oxygène peut être utilisé pour augmenter la température de combustion, ce qui améliore le rendement global du processus.
- **Recherche et développement :** L'oxygène co-produit peut être utilisé pour soutenir des projets de recherche et développement dans divers domaines scientifiques, notamment la recherche sur les matériaux, la biotechnologie, ou la nanotechnologie.
- **Médical :** L'oxygène peut également être utilisé dans le domaine de la santé, pour administration dans tous les cas où l'oxygène fait défaut à l'organisme humain, pour l'alimentation d'appareils respiratoires en anesthésie-réanimation, pour traitement de certaines pathologies ou encore comme vecteur pour certains médicaments inhalés.

³² Le processus se déroule sous des conditions de température et de pression différentes des conditions atmosphériques habituelles. Ainsi, l'alcool et le méthanol sont, dans ce processus, gazeux

Première estimation du bilan carbone du projet

VERSO ENERGY a fait réaliser par un bureau d'étude tiers un bilan carbone du projet LiCHEN. Ce bilan a été établi selon la méthode mise en place par l'ADEME³⁵.

Selon l'ADEME, l'impact GES d'une action/projet est la variation des émissions de gaz à effet de serre, exprimée en tonnes de CO₂ équivalent, due à sa mise en œuvre. Il se calcule en comparant les émissions du scénario de référence (sans action) avec celles du scénario avec action, sur une période donnée.

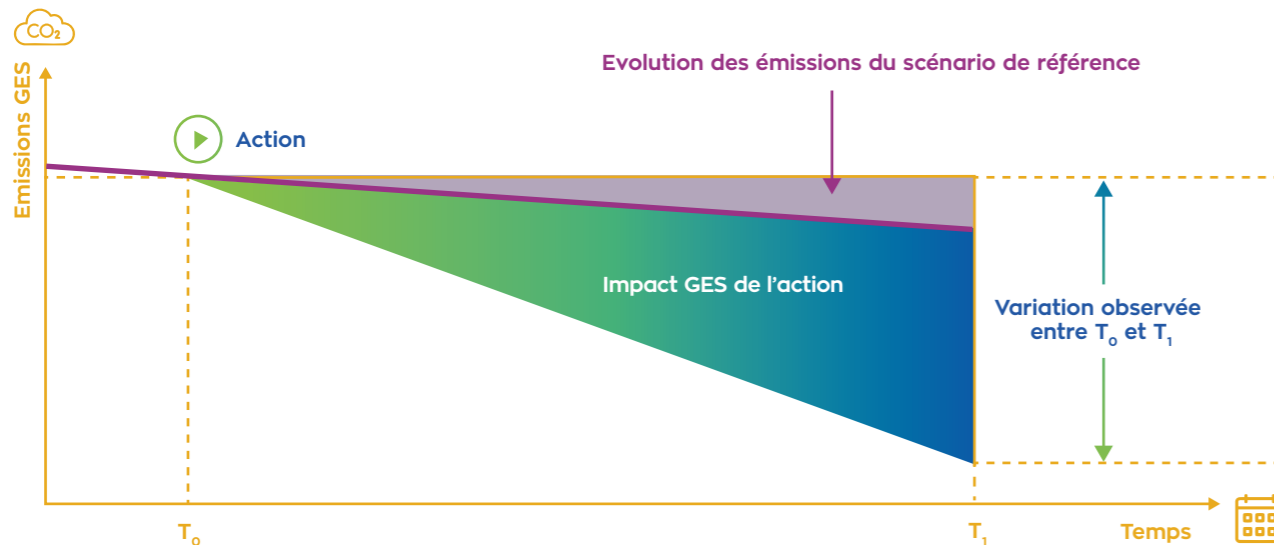


Figure 31 – Illustration du calcul des émissions de Gaz à effets de serre évitées pour un projet

Le scénario de référence dans le cas du projet LiCHEN, est la consommation du kérosène fossile dans les moteurs d'avions.

L'action est la production d'e-SAF dans son ensemble comprenant la consommation des ressources, l'énergie nécessaire, le traitement des rejets, le transport du produit final et sa consommation.

Selon la méthode ADEME, LiCHEN permet d'éviter plus de 9 250 000 tonnes de CO₂ pendant 25 ans d'exploitation.

L'insertion paysagère

Le projet LiCHEN sera conçu de sorte à minimiser l'impact paysager des bâtiments et des équipements industriels qui le composent. VERSO ENERGY privilégiera notamment une implantation en continuité directe de l'usine Sylvamo et/ou dans des zones éloignées de toute activité humaine.

À ce jour, la disposition précise des bâtiments du projet n'est pas encore figée. Ils pourraient être visibles des riverains. La plupart des bâtiments auront une hauteur d'environ 15 m mais les colonnes de méthanolation* et de capture de CO₂ pourront atteindre 50 m de haut environ.

Une intégration paysagère sera mise en place afin de minimiser l'impact visuel depuis les habitations. Ce sera un des thèmes abordés lors de la concertation. Le projet LiCHEN sera conçu pour réduire au minimum l'impact visuel des bâtiments et des équipements industriels associés. VERSO ENERGY envisagera notamment une implantation en continuité directe de l'usine Sylvamo et/ou dans des zones éloignées de toute activité humaine.

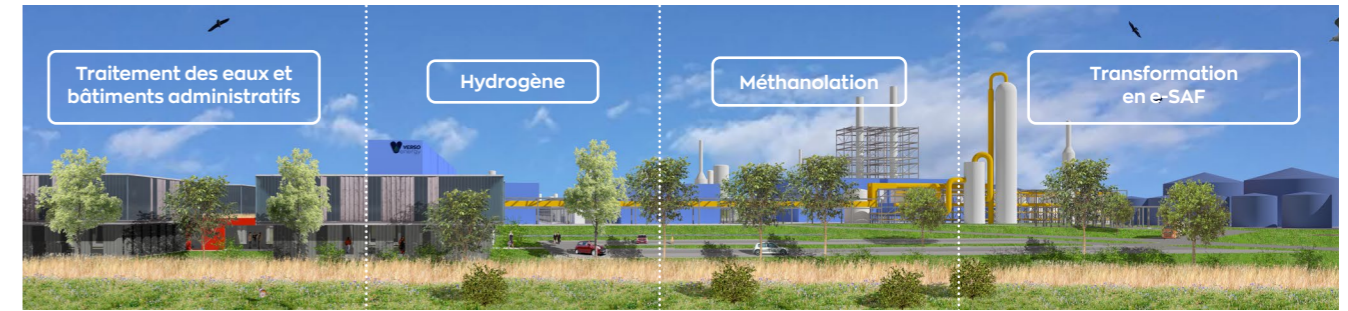


Figure 32 - Esquisse architecturale d'une usine d'e-SAF

Les déchets

Le projet produira 2 types de déchets principaux, tous deux non toxiques :

- > Les boues résiduelles suite au traitement des eaux
- > Les catalyseurs utilisés

En effet, le projet aura sa propre station d'épuration qui permettra de nettoyer les rejets d'eau. Les déchets retenus lors du processus seront évacués par une société spécialisée dans une filière de traitement adaptée.

Le renouvellement des catalyseurs sera peu fréquent, tous les 4 ans environ, et sera réalisé par des sociétés spécialisées. Les catalyseurs usagés seront, selon leurs natures et leurs caractéristiques, envoyés en filière de traitement agréée ou en filière de recyclage pour être à nouveau utilisés.

Type	Le projet LiCHEN	Mesures possibles
Odeur	Pas d'odeur Pas d'odeur	/
Bruit	Bruit lié à la circulation des camions et des engins de chantiers Respect de 60 dB en bordure de propriété	Réalisation uniquement pendant les heures ouvrées. Préfabrication des pièces pour minimiser l'assemblage sur place Calfeutrage, confinement, capotage, choix d'équipement minimisant la génération sonore, murs, discussion proactive avec les autorités
Lumière	Eclairage de sécurité	Éclairage dirigé vers le sol, éclairage/ extinction automatique, éclairage LED
Insertion paysagère	Hauteur de pratiquement tous les bâtiments de 15 m et quelques équipements de 50 m	Une étude précise de l'intégration paysagère avec des mesures comme des merlons, des bardages ou des murs végétalisés
Eau	La réalisation des fondations pourrait impacter accidentellement les eaux souterraines Prélèvement de moins de 1% du débit minimal de la Vienne	Des mesures de préventions et des modes opératoires spécifiques seront mis en place pour éviter les accidents. Synergie et réutilisation des eaux de Sylvamo
Rejets d'eau	Traitement des eaux sur site permettant des rejets compatibles avec le milieu naturel	/
Rejets atmosphériques	Rejet des gaz d'échappement des véhicules et de possiblement de poussières. Rejet supplémentaire d'O ₂ uniquement, neutre pour l'atmosphère	Contrôle des engins, arrêt des moteurs en cas de non-utilisation, bâches anti-poussières, lavage à sec des roues... Le dioxygène peut être utilisé dans le domaine médical, l'industrie alimentaire ou métallurgique, pour la purification de zones polluées...

Tableau 4 - Tableau de synthèse des enjeux en phase chantier (bleu) et en phase d'exploitation (noir)

³⁵ Pour plus d'informations sur la méthode de bilan carbone ADEME (site de l'ADEME) : <https://librairie.ademe.fr/changement-climatique/4827-methode-quantiges.html>

Enjeux et risques industriels et de sécurité

La maîtrise des risques

La maîtrise des risques est mise en œuvre tout au long du cycle de vie d'un établissement industriel.

Elle regroupe des outils pour éviter la survenue et les conséquences d'un accident : maîtrise du risque à sa source, maîtrise de l'urbanisation, organisation

des secours et information du public. Les outils de la maîtrise du risque industriel ont été sensiblement renforcés par la directive Seveso et la loi « risques ». ³⁴

Les exigences de la directive Seveso³⁵

La directive européenne SEVESO identifie les sites présentant des risques industriels afin d'imposer des contraintes plus strictes que les sites non classés SEVESO. Il faut donc noter que ce classement permet de donner des standards de sécurité plus hauts. Les installations SEVESO doivent fournir, entre autres :

- › Une politique de prévention des risques et des accidents ;
- › Des inventaires précis des substances sur site ;

› Une analyse des risques causés par les alentours pour éviter les effets domino*.

Toutes ces mesures sont mises en place pour plus de transparence et de sécurité. Pour vérifier l'application de ces mesures, les installations SEVESO sont contrôlées régulièrement par la DREAL qui va vérifier la conformité des conditions de sécurité.

La sécurité d'un site industriel est d'autant plus contrôlée si l'installation est classée Seveso.

Les risques identifiés à ce jour concernant le projet LiCHEN sont listés plus bas. Pour chacun, les opérations de maîtrise des risques qui seront mises en œuvre sont indiquées. L'ensemble de ces mesures

seront détaillées dans l'étude de dangers en cours de constitution, disponible au stade de l'enquête publique.

Comment est contrôlée une ICPE* ?

Une ICPE est contrôlée par l'exploitant selon des périodicités imposées, notamment au sujet des rejets et des nuisances. Les résultats des mesures effectués pendant ces contrôles sont transmis aux

services de l'État (police des installations classées). Une ICPE fait aussi l'objet de contrôles inopinés de l'État, conduits par des laboratoires agréés.

Systèmes de conduite et de mise en sécurité des installations

Les principaux paramètres de fonctionnement des installations (pression, température, niveaux, vibrations ...) seront surveillés en permanence par un système de contrôle commande avec report des informations en salle de contrôle où des opérateurs formés assureront la conduite des unités 24/h24 et le cas échéant la mise en sécurité des installations.

Des systèmes de détection incendie et de gaz associés à des systèmes de contrôle automatisés seront installés afin de permettre la mise en sécurité automatique des installations.

De plus, des systèmes de protection incendie seront mis en place sur le site afin de faciliter l'intervention des secours si nécessaire. Enfin, un système de management de la sécurité (HSE) sera mis en place sur le site avec présence de personnel HSE dédié.

La production d'hydrogène (H₂)

L'hydrogène est un gaz non toxique, non polluant, léger (dispersion atmosphérique rapide dans les espaces non confinés) mais inflammable. Sa flamme est peu radiative*, ce qui limite les effets domino* par radiation.

Toutefois, la fuite d'hydrogène, suivie de son mélange avec de l'oxygène (présent dans l'air), à proximité d'une source inflammable, peut générer un incendie ou une explosion.

- › Des mesures de protection préventive seront mises en place pour assurer la sécurité du site de LiCHEN et de ses riverains. Des systèmes de mesure (des différents gaz, hydrogène, oxygène, azote, de la température...) et de commande surveilleront en permanence et aideront à exploiter le site de manière efficace et sûre. Un système de sécurité intégré et certifié assurera l'arrêt automatique ou l'alerte selon les cas.

En cas de déclenchement d'un arrêt de sécurité ou de la mise à l'arrêt du système d'électrolyse, une purge des circuits à l'azote est automatiquement effectuée afin de chasser l'hydrogène par les événements, de permettre sa dispersion dans l'atmosphère et ainsi d'éviter tout risque.

Le stockage d'hydrogène (H₂)

Le projet ne prévoit pas de stockage d'hydrogène sur site en dehors des stockages tampons nécessaires au procédé industriel même. Compte tenu des faibles quantités liées au fonctionnement flexible de l'installation, les risques et les mesures de maîtrise des risques associées à ces derniers sont les mêmes que mentionnés dans la production d'hydrogène.

La production d'oxygène (O₂)

L'oxygène est un coproduit de l'électrolyse de l'eau. Il est inodore, incolore, non toxique et non polluant à l'état gazeux. L'oxygène est un comburant : il ne brûle pas, mais entraîne la combustion d'autres substances. Il ne représente donc pas un risque en soi, mais peut être un facteur aggravant en cas d'incendie.

- › Dans le cadre du projet, l'oxygène produit au niveau des électrolyseurs est strictement séparé de l'hydrogène. Après refroidissement et assèchement, il est, s'il n'est pas valorisé pour d'autres usages industriels, envoyé à l'évent afin d'être dispersé dans l'atmosphère de façon sécuritaire.

Le stockage d'azote (N₂)

L'azote présent sur site est employé lors des purges d'hydrogène ayant lieu pendant les phases de démarrage ou d'arrêt (normaux ou de sécurité) des électrolyseurs. Stocké sous forme liquide, il se vaporise sous l'effet de la pression atmosphérique et, dans les circuits, pousse l'hydrogène vers les événements. L'azote liquide a en effet la capacité de générer rapidement, par évaporation, un important volume d'azote gazeux, qui va déplacer les autres gaz présents.

L'azote est l'un des constituants majeurs de l'air et ne présente pas intrinsèquement de toxicité particulière. Toutefois, un volume trop important d'azote gazeux en milieu confiné, entraînant une réduction du taux d'oxygène de l'air par déplacement ou dilution, peut provoquer une asphyxie.

- › Ces stockages d'azote seront situés en extérieur afin de bénéficier de la ventilation naturelle pour disperser une potentielle fuite d'azote. Les opérateurs seront formés et équipés en permanence d'un détecteur 4 gaz permettant de mesurer en continu la quantité d'oxygène présente dans l'air, afin de les alerter en cas de taux trop faible.

³⁴ Loi n° 2003-699 du 30 juillet 2003 relative à la prévention des risques technologiques et naturels et à la réparation des dommages de 2003.

³⁵ Directive SEVESO 3 2012: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/HTML/?uri=CELEX:32012L0018#d1e1362-1-1>

La production et le stockage d'e-méthanol et d'e-SAF

Les réactions chimiques nécessaires à la production de carburants synthétiques peuvent, en cas de fuite et dans des cas extrêmes, entraîner des risques d'explosion ou d'incendie. VERSO ENERGY aura donc recours à des systèmes de détection incendie et de gaz, associés à des systèmes de contrôle automatisés pour mettre les installations en sécurité.

Le stockage du méthanol et de l'e-SAF fait appel à des mesures de sécurité strictes.

Le stockage est réalisé à pression atmosphérique dans des bacs dont le niveau est surveillé afin d'éviter tout débordement. Les bacs disposent aussi de moyens de rétention afin de contenir le cas échéant des fuites et limiter les risques de contaminations environnementales ou de propagation d'un incendie.

Le stockage des catalyseurs

Les catalyseurs* utilisés dans le processus de production pouvant être toxiques ou corrosifs, leur stockage et leur manipulation nécessitent des mesures de sécurité spécifiques.

Par conséquent, seront utilisés des conteneurs et des réservoirs conformes aux normes de sécurité appropriées. Le stockage des produits chimiques se fera dans des zones désignées, équipées de systèmes de ventilation et de détection des gaz si le stockage est réalisé dans un milieu confiné. Le personnel sera formé aux procédures de manipulation de ces produits et à la sécurité sur le lieu de travail.

Les transformateurs - Présence d'huile

Dans le poste de transformation électrique « client » (présent au sein du site de LiCHEN), de l'huile sera utilisée dans le circuit de refroidissement pour dissiper la chaleur du circuit magnétique et des enroulements. Environ 50 tonnes d'huile par transformateur sont nécessaires. Les risques liés aux transformateurs électriques sont l'incendie et la pollution des sols. Dans le cas où une fuite d'huile surviendrait, celle-ci pourrait se répandre, polluer le sol et occasionner un risque d'incendie en cas de contact avec une étincelle. Le transformateur, en cas de fuite et de perte d'huile, peut également surchauffer, prendre feu, voire exploser.

Pour éviter les risques de fuite et la propagation de l'huile, une fosse déportée pour sa collecte sera installée. Des murs pare-feu et des systèmes de détection et d'extinction incendie seront également prévus pour éviter la propagation d'un éventuel incendie. Un système de détection de surcharge du transformateur (capteurs de température, pression) ou de court-circuit (lecture du courant électrique) permettra de couper l'alimentation électrique des transformateurs par anticipation si une anomalie est détectée.

Le risque électrique

Le poste électrique* de VERSO ENERGY et les transformateurs peuvent par ailleurs générer un risque électrique. Le risque électrique comprend le risque de contact, direct ou non, avec une pièce nue sous tension, le risque de court-circuit et le risque d'arc électrique. Les conséquences peuvent inclure l'électrisation, l'électrocution, l'incendie et l'explosion.

Toutes les mesures de design et de conception permettant de réduire ces risques (isolation, réseau de terre, distances diélectriques, tenue aux court-circuits, etc.) seront prises en compte. Un système de détection de court-circuit (protection ampèremétrique) permettra de couper l'alimentation afin d'éviter les risques pour les personnes et la dégradation des composants. Enfin, un protocole d'exploitation avec des consignes strictes de mise à la terre, notamment, sera à respecter pour toute intervention sur les composants.

6.5 Retombées socio-économiques

Les emplois

Lors de la phase de construction du projet LiCHEN, qui durerait 3 ans, il est estimé qu'environ 1000 emplois seraient nécessaires. Une augmentation à 1800 emplois durant une période de 6 mois serait par ailleurs prévue. Divers secteurs d'activités seront mobilisés : génie civil, bâtiment, soudure, tuyauterie, calorifuge, montage mécanique, charpente, électricité, etc. Durant cette phase, VERSO ENERGY accordera une attention particulière à faire appel, autant que faire se peut, à des entreprises du territoire.

Durant la phase d'exploitation, à partir de 2029, la création d'emplois directs et indirects est estimée à 300 emplois.

À noter que, selon l'INSEE, en moyenne, 1 emploi industriel permet de créer 1,5 emploi indirect et 3 emplois induits dans le reste de l'économie.

La formation

Les métiers de la transition énergétique requièrent des formations spécifiques.

Une prise de contact avec les CCI (Chambres de Commerce et d'Industrie), l'AFPA régionale (Association pour la formation professionnelle des adultes) ainsi que les établissements d'enseignement supérieur du département, et de la Région est prévue afin de cartographier et répertorier les formations existantes pouvant être adaptées aux besoins de recrutement de LiCHEN.

Si nécessaire, ces échanges permettront également de définir et structurer de nouvelles formations autour de l'hydrogène et des carburants de synthèse.

Les retombées pour Sylvamo

L'achat du CO₂ par VERSO ENERGY apportera un complément de revenu à Sylvamo.

L'arrivée de l'installation de capture renforcera l'ancrage du site papetier dans son territoire et continuera sa transition écologique.

Sylvamo à Saillat-sur-Vienne c'est :

- > 600 employés
- > 4000 emplois indirects
- > 320 000 t /an de pâte à papier
- > Une production de ramettes de papiers émettant près de 3 fois moins de CO₂ que la moyenne des autres papiers vendus sur le marché français
- > Un approvisionnement de bois provenant d'un rayon moyen de 130 km autour de la papeterie

Autres retombées économiques locales, régionales et nationales

L'investissement initial de 2,2 Md€ pour le projet LiCHEN laisse prévoir des retombées économiques significatives à l'échelle locale, régionale et nationale, en termes de revenus pour l'entreprise, et de taxes et d'impôts versés à l'État et aux collectivités territoriales.

Plus précisément, VERSO ENERGY sera soumis à plusieurs taxes et redevances au profit de la collectivité, parmi lesquelles :

- > La contribution économique territoriale (CET) : cette taxe est composée de la cotisation sur la valeur ajoutée des entreprises (CVAE) et de la cotisation foncière des entreprises (CFE). Elle est perçue au profit des communes ou des EPCI*.
- > La taxe foncière sur les propriétés bâties (TFPB) : elle est due par les entreprises propriétaires ou usufruitières d'un bien immobilier bâti au 1^{er} janvier de l'année d'imposition. Des exonérations totales ou partielles peuvent être accordées à certains propriétaires, sous conditions.
- > La taxe foncière sur les propriétés non bâties (TFPNB) : elle est due par les propriétaires ou usufruitiers de terrains non bâtis au 1^{er} janvier de l'année d'imposition. Certaines catégories de propriétés peuvent bénéficier d'exonérations, sous conditions. Des dégrèvements peuvent également être accordés.

L'ensemble de ces taxes rapporterait entre 400 000 et 1 000 000 € par an aux collectivités.

Innovation et compétitivité

La mise en place de cette filière de carburant durable basée sur des technologies de pointe permettra à la France de se positionner comme un leader dans ce domaine émergent. Cela contribue à renforcer la compétitivité de l'industrie nationale et à développer un savoir-faire technologique exportable.

En conclusion, le projet LiCHEN présente des avantages sociétaux plus importants que la filière du kérosène fossile, en termes de retombées économiques locales et nationales, d'ancrage territorial et d'innovation.

6.6 Les effets du changement climatique sur le projet

Pour mesurer les effets du changement climatique sur le projet LiCHEN, Verso Energy a mandaté un cabinet indépendant³⁶ qui a appliqué la méthode OCARA, développée par la société « Carbone 4 ». Cette méthode repose sur une analyse systématique des risques climatiques et évalue les vulnérabilités des installations industrielles. Voici les principales étapes de cette approche :

- › **Identification des aléas climatiques** : Cette étape consiste à recenser les principaux aléas climatiques susceptibles d'affecter les installations.
- › **Identification des processus clés** : Il s'agit de déterminer les processus essentiels de chaque site et leur niveau d'importance.
- › **Évaluation de la sensibilité climatique** : Cette étape évalue la sensibilité des éléments clés impliqués dans les processus critiques face aux aléas climatiques.
- › **Évaluation de la capacité d'adaptation** : Ici, on évalue la capacité du site à anticiper ou à ajuster son fonctionnement en cas d'aléa.
- › **Calcul de l'impact potentiel** : Enfin, cette étape calcule l'impact potentiel de chaque type d'aléa en combinant la résilience et le niveau d'enjeu.

La méthode OCARA a permis d'identifier plusieurs points saillants.

Sur une échelle de 0 à 5 (5 désignant les processus les plus vulnérables aux changements climatiques), aucun processus du projet LiCHEN n'a dépassé la note de 2. Les principaux processus ayant atteint la note de 2 sont les suivants :

- › L'approvisionnement en électricité : les infrastructures électriques pourraient être affectées par des aléas climatiques.
- › L'approvisionnement en CO₂ : l'industrie papetière pourrait devoir s'adapter aux aléas climatiques, modifiant ainsi potentiellement ses émissions de CO₂.
- › Le transport de l'e-SAF par train : les infrastructures ferroviaires pourraient souffrir des aléas climatiques.
- › L'approvisionnement en eau : une réduction potentielle des niveaux des cours d'eau pourrait affecter l'approvisionnement en eau.
- › Le travail en extérieur : les conditions extrêmes pourraient rendre le travail en extérieur impraticable.

La méthode OCARA a montré que, bien que le changement climatique doive être pris en compte, il ne constitue pas un obstacle critique. Ainsi, le projet LiCHEN démontre une résilience notable face aux impacts climatiques.

³⁶ Bureau Veritas



Les alternatives au projet

7.1 Une implantation sur un autre site

Il serait possible d'envisager une implantation sur un autre site. Cependant, le foncier pour le projet LiCHEN est envisagé sur les parcelles mentionnées précédemment pour plusieurs raisons.

Tout d'abord, utiliser une partie du foncier mis à disposition par Sylvamo permet de bénéficier de synergies avec cet industriel. Ensuite, se rapprocher de

la source de CO₂ permet de maximiser l'efficacité du projet en minimisant le transport de CO₂. De plus, les ressources en eau et électricité semblent disponibles à proximité. Enfin, l'emplacement à proximité d'une infrastructure ferroviaire existante facilite le transport de l'e-SAF et limite les perturbations pour la population.

7.2 Restreindre le périmètre technique du projet

Une alternative au projet aurait pu être de s'arrêter à la production d'hydrogène ou à la production d'e-méthanol sans produire d'e-SAF à la suite. L'hydrogène aurait alors pu desservir les besoins d'industriels souhaitant se décarboner localement et l'e-méthanol aurait pu être destiné à la décarbonation du secteur maritime ou au secteur de la chimie industrielle. Cela impliquerait néanmoins de trouver des usages sans lien avec l'aérien qui est un secteur crucial à décarboner et pour lequel le projet LiCHEN a initialement été conçu.

En effet au vu de l'augmentation constante du trafic aérien et des prévisions de l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI) sur l'augmentation des émissions de l'aviation internationale d'ici à 2050, il est nécessaire d'envisager la décarbonation de ce secteur afin d'atteindre les objectifs de neutralité carbone. Le projet LiCHEN par sa production d'e-SAF représente une opportunité pour y contribuer.

7.3 Produire du carburant avec d'autres intrants

Produire de l'hydrogène à partir de combustible fossile

A l'heure actuelle, pour des raisons de coût, la quasi-totalité de l'hydrogène produit à travers le monde est issue de la transformation d'énergies fossiles (gaz naturel pour près de la moitié). Ce processus appelé vaporeformage*, très émetteur de gaz à effet de serre, pourrait être utilisé dans le cadre du projet LiCHEN accompagné d'un dispositif de captage de CO₂.

Il n'a pas été envisagé toutefois, car le vaporeformage*, même si le CO₂ émis est ensuite séquestré et enfoui, ne fait aujourd'hui pas partie de la stratégie française de l'hydrogène. En effet, le vaporeformage* ne permet pas de s'affranchir des énergies fossiles. Par ailleurs, le mix électrique français* massivement décarboné est un avantage dont la France souhaite profiter pour devenir le leader de l'hydrogène décarboné.

Le projet LiCHEN s'inscrit dans cette volonté et cette stratégie.

Produire de l'e-SAF à partir de CO₂ d'origine fossile

VERSO ENERGY pourrait envisager de s'approvisionner auprès d'industriels émettant du CO₂ d'origine fossile pour produire du carburant de synthèse, toutefois cela équivaldrait à pérenniser une consommation et une dépendance aux ressources fossiles qui n'est plus souhaitée aujourd'hui. De surcroît, la réglementation européenne ne permettra plus d'utiliser du CO₂ fossile comme intrant pour produire des carburants de synthèse dit « durables » (SAF) à partir de 2041. À partir de cette date, les seules sources de CO₂ permises seront le CO₂ capté directement dans l'air ou de source biogénique.

Le projet LiCHEN a sécurisé son approvisionnement en CO₂ biogénique* dans des volumes suffisants pour permettre sa viabilité dès à présent.

7.4 Ne pas produire de carburants synthétiques mais séquestrer le CO₂ biogénique* capté

Une alternative au projet aurait pu consister à capturer le CO₂ biogénique* émis par Sylvamo puis à l'injecter dans un réservoir géologique étanche à plus de 1000 m de profondeur (cavité souterraine terrestre ou marine). Si cette solution a le mérite d'abattre les émissions atmosphériques des chaudières – ou d'émetteurs

industriels de façon plus générale – elle ne répond toutefois pas au besoin de décarbonation du secteur de l'aviation, alors même que ses options pour se décarboner sont limitées et que le trafic aérien poursuit une trajectoire à la hausse³⁷.

7.5 Option zéro : ne pas réaliser le projet

Ne pas réaliser LiCHEN impliquerait de ne pas capter et valoriser le CO₂ émis par les chaudières biomasse* de Sylvamo et donc de maintenir le rejet à l'atmosphère d'environ 630 kt/an de CO₂. Par ailleurs, ne pas réaliser le projet serait manquer l'opportunité de créer une filière d'industrie verte, locale et compétitive qui contribuerait à la souveraineté énergétique et à l'atteinte de la neutralité carbone en 2050 de la France.

Ne pas valoriser le CO₂ biogénique* en vue de produire de l'e-SAF conduirait soit à privilégier d'autres carburants de synthèse comme le bioSAF produit en France ou ailleurs, quitte à devoir consommer de la biomasse au détriment d'autres usages, soit à réduire les objectifs d'incorporation de carburants de synthèse au profit des carburants fossiles*, ce qu'il faut justement éviter.

³⁷ <https://news.un.org/fr/story/2024/02/1143597>

LiCHEN

8

Les modalités de mise en œuvre du projet LiCHEN et de son raccordement

8.1 Les coûts et financements du projet

Le montant d'investissement du projet est aujourd'hui estimé à plus de 2,2 milliards d'euros, incluant les coûts de génie civil et d'équipements industriels ainsi que les coûts afférents au raccordement électrique.

La répartition de l'investissement par brique technologique serait la suivante :

- › 15 % pour la capture de CO₂ et le transport du gaz par canalisation
- › 50 % pour la production d'hydrogène par électrolyse
- › 35 % partagé entre la brique Methanol-to-Jet* et la brique méthanolisation*

VERSO ENERGY étudie des demandes de subventions locales, nationales et au niveau de l'Union Européenne (ex. Innovation Fund) pour l'aider à financer les infrastructures de son projet.

Néanmoins, le financement de LiCHEN peut-être entièrement assuré par les fonds propres et l'endettement de la société. Son modèle économique ne repose pas sur l'éventuelle obtention de subventions.



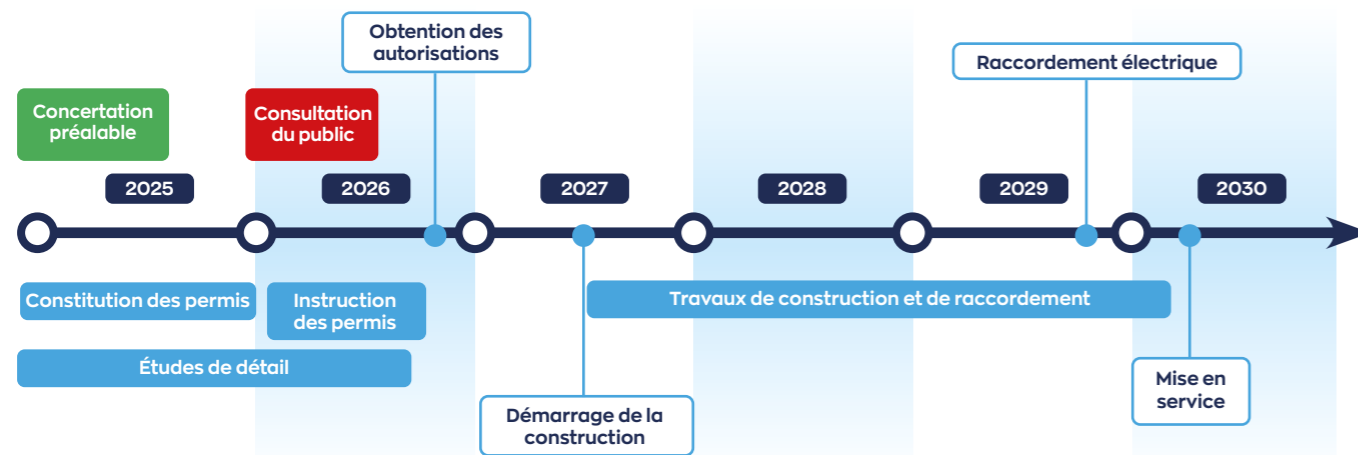
8.2 Les procédures auxquelles le projet serait soumis

Le projet LiCHEN sera soumis à :

- › Une évaluation et une autorisation environnementale découlant de l’instruction du Dossier de Demande d’Autorisation Environnementale préalablement constitué (voir partie 6.1)
- › Deux permis de construire : un à déposer sur chaque commune hôte du projet, soit Saillat-sur-Vienne et Etagnac le cas échéant.

8.3 Calendrier prévisionnel

Le planning prévisionnel du projet est le suivant : la mise en service est prévue fin 2029 avec une exploitation commerciale début 2030.



NEH

9

Le raccordement électrique du projet

9.1 La proposition de raccordement

Le projet LiCHEN porté par VERSO Energy sur les communes d'Étagnac et de Saillat-sur-Vienne, nécessite un raccordement au réseau électrique.

Le réseau de transport d'électricité existant autour des communes concernées est constitué de plusieurs lignes à 90 000 volts et d'une ligne à 400 000 volts. Ces lignes sont connectées entre elles dans le poste de transformation électrique de PLAUD situé sur la commune de Saint-Junien. Le réseau de lignes à 90 000 volts est destiné à alimenter la consommation et à acheminer la production d'électricité locale. Le réseau de lignes à 400 000 volts est destiné à transporter l'électricité sur de longues distances et à acheminer la puissance électrique nécessaire aux grands sites industriels ou à évacuer la production d'électricité des centrales électriques forte puissance.

En raison de la puissance nécessaire au fonctionnement du futur site (environ 900 MW³⁸, cette valeur est similaire à la puissance de production d'un réacteur nucléaire tels ceux de la centrale du Blayais) et du réseau électrique existant à proximité, RTE a proposé à VERSO

Energy un raccordement du projet LiCHEN sur le poste électrique 400 000 volts de PLAUD distant d'environ 6 km à vol d'oiseau. Cette proposition a été traduite dans la Proposition Technique et Financière remise à VERSO Energy par RTE et acceptée par VERSO Energy.

Le principe retenu pour le raccordement est la création d'une ligne aérienne à 400 000 volts d'environ 7 à 8 km entre le poste électrique de PLAUD et le site de VERSO Energy à Saillat-sur-Vienne. Le poste de PLAUD dispose d'une emprise foncière suffisante pour permettre l'installation des équipements nécessaires à l'arrivée de cette nouvelle ligne électrique aérienne.

Le schéma de principe de ce raccordement est présenté sur la figure 33, le fuseau de passage qui sera recherché pour la ligne électrique mesurant environ 100 mètres de largeur. Le fuseau représenté sur la figure 33 est indicatif pour visualiser son emprise sur le territoire, il ne préjuge pas du résultat de la concertation à venir qui permettra de définir le fuseau de moindre impact pour la ligne aérienne à construire.

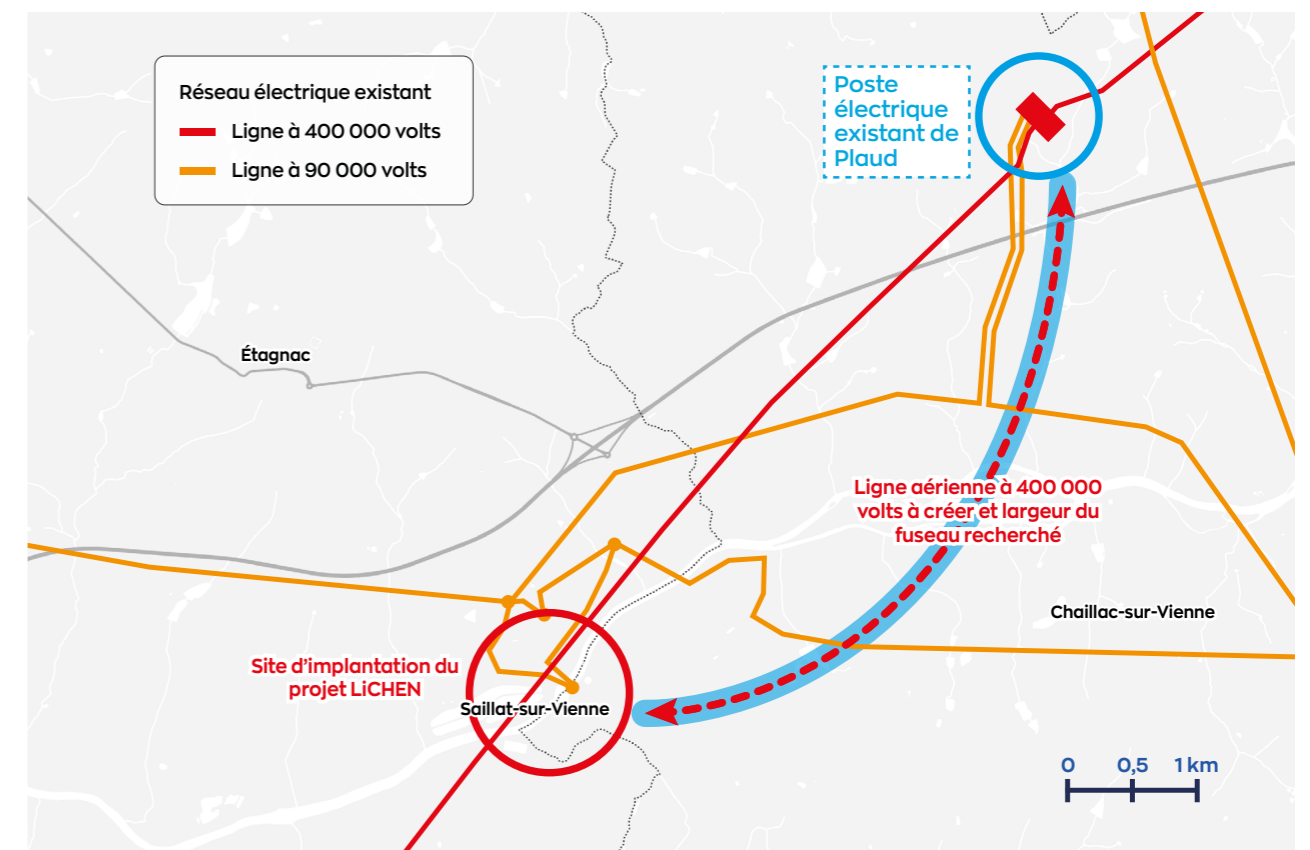


Figure 33 - Carte du réseau électrique existant et du raccordement électrique

³⁸1 MW : 1 Mégawatt = 1 million de Watts

Qu'est-ce qu'une Proposition Technique et Financière (PTF) ?

La Proposition Technique et Financière est la première étape obligatoire du processus de raccordement d'une installation au réseau public de transport d'électricité. Elle a pour objectif d'établir une offre de raccordement sur la base des données fournies par le demandeur, ici VERSO Energy. Elle présente la solution de raccordement retenue, la nature et l'ampleur des travaux à réaliser ainsi que le détail du coût et du délai de mise à disposition du raccordement. Elle permet de définir les modalités de réalisation du raccordement du projet de VERSO Energy au Réseau de Transport d'Électricité.

À ce stade du projet, le tracé de la future ligne électrique n'est pas connu. Sa définition fera l'objet d'études techniques et environnementales ultérieures et d'une concertation spécifique, la concertation « Fontaine » dont le principe est expliqué à la fin de ce chapitre. La solution de raccordement présentée dans ce dossier reflète les hypothèses d'étude à ce jour, et pourrait être modifiée si ces hypothèses venaient à évoluer.

Le raccordement aérien s'inscrit dans un territoire dont la topographie est vallonnée. La faible densité de population devrait permettre de trouver un tracé assez éloigné des habitations.

À ce stade du projet, de premiers enjeux naturels et humains ont pu être identifiés (Cf. infra paragraphe 4). Ceux-ci seront précisés ultérieurement par des études, notamment écologiques, approfondies.

Pour minimiser les impacts associés à la création d'un nouvel ouvrage, des mesures d'insertion environnementale seront définies en concertation avec tous les acteurs concernés en appliquant la démarche « Éviter, Réduire, Compenser et Suivre », à toutes les étapes de la vie du projet.

Pourquoi une ligne électrique aérienne ?

L'environnement rural pour une partie du territoire et industriel pour l'autre partie, l'absence d'urbanisation dense, la finalité industrielle du projet et le coût supérieur d'une solution souterraine par rapport à une solution aérienne, conduisent à privilégier un raccordement aérien. En effet, la solution souterraine nécessite un investissement 5 à 6 fois supérieur à la solution aérienne, aux conditions économiques actuelles.

9.2 Les caractéristiques d'une ligne électrique aérienne

Une ligne aérienne est composée de pylônes, de câbles conducteurs, de câbles de garde et d'isolateurs.

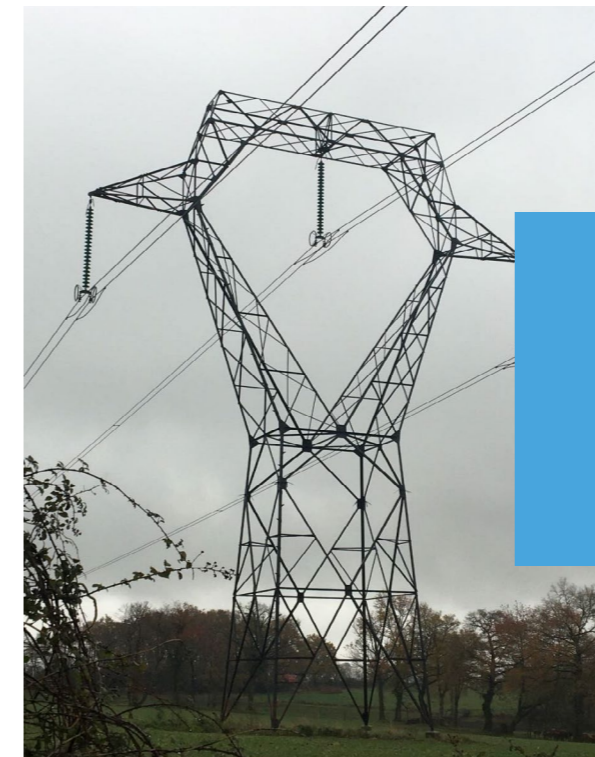
Les pylônes ou « supports »

Le support est constitué du pylône, d'une hauteur de 35 à 50 mètres dans le cas présent, et de ses fondations. Son rôle est de maintenir les câbles à une distance minimale de sécurité (définie par l'arrêté technique du 17 mai 2001 qui fixe les conditions techniques auxquelles doivent satisfaire les distributions d'énergie électrique) du sol et des obstacles environnants. Il permet de faire circuler le courant en toute sécurité pour les personnes et installations situées au voisinage des lignes.

Une ligne électrique comporte deux types de supports :

- Les supports dits « de suspension », reconnaissables grâce à leurs chaînes d'isolateurs verticales,
- Les supports dits « d'ancrage », identifiables à leurs chaînes d'isolateurs horizontales.

La superstructure correspond à un treillis métallique composé de « barres » ou de « cornières » constituant et assurant la rigidité de l'ensemble du pylône.



La longueur totale de la ligne et donc le nombre de pylônes dépend du tracé emprunté. A ce stade, RTE envisage une ligne d'environ 7 à 8 km de long, avec une distance entre les pylônes comprise entre 300 et 500 mètres, ce qui donnerait un total d'environ 20 pylônes, avec une emprise au sol de 100 m² par pylône.

Figure 34 - Photo d'un pylône « treillis »

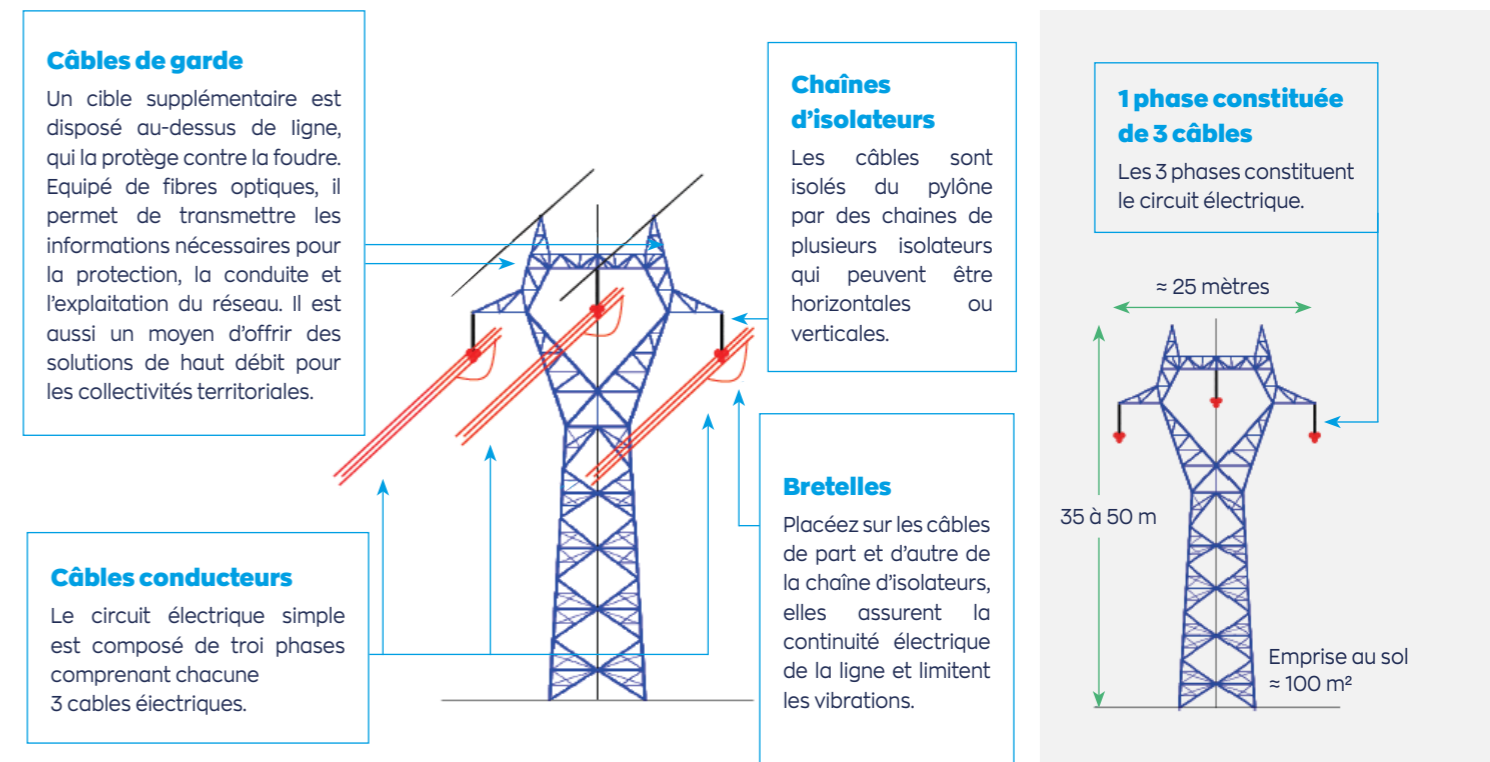


Figure 35 - Schéma de principe d'une ligne aérienne à simple circuit (RTE)

Figure 36 - Schéma simplifié du type de pylônes utilisés pour une ligne aérienne à simple circuit (RTE)

Le choix de la silhouette des pylônes se fait en fonction des lignes à réaliser, de leur environnement et des contraintes mécaniques liées au terrain et aux conditions climatiques de la zone. Des fondations sont nécessaires ; elles sont constituées de massifs en béton ou de pieux, suivant les pylônes et les caractéristiques rencontrées au niveau du sol. Pour la création d'une ligne à 400 000 volts simple circuit, les pylônes standards sont des treillis « B1 ».

Les câbles conducteurs

Le courant transporté est constitué de trois phases par circuit. Les lignes sont soit simples (un circuit), soit doubles (deux circuits). Les câbles conducteurs sont « nus » : l'isolation électrique est assurée par l'air et non par une « gaine isolante ».

C'est la distance des câbles conducteurs entre eux et avec le sol qui garantit la bonne tenue de l'isolement. Cette distance augmente avec le niveau de tension. Une portée de câbles correspond à la distance entre deux supports consécutifs.

La ligne à construire sera constituée d'un circuit comportant 3 câbles qui peuvent être constitués de plusieurs faisceaux (petits câbles).

Les câbles de garde

Il existe aussi des câbles qui ne transportent pas de courant, ce sont les « câbles de garde ». Ils sont disposés au-dessus des câbles conducteurs et les protègent contre la foudre. Certains permettent aussi de transiter des signaux de télécommunications nécessaires à l'exploitation du réseau public de transport d'électricité. **La ligne à construire comprendra 1 ou 2 câbles de garde.**

Les isolateurs

Les chaînes d'isolateurs, généralement en verre, assurent l'isolement électrique entre le pylône et le câble conducteur sous tension. Les isolateurs sont d'autant plus nombreux que la tension est élevée.

Les fibres optiques

Les câbles de garde ou les câbles conducteurs peuvent également contenir des fibres optiques en vue d'une transmission des signaux nécessaires à la surveillance et au pilotage du réseau de transport d'électricité. Dans certains cas, les fibres optiques excédentaires par rapport au besoin pour la conduite du réseau public de transport peuvent être mises à disposition auprès de la collectivité, le cas échéant par l'intermédiaire d'Artéria³⁹ en vue de la réduction de la fracture numérique des territoires.

9.3 Les travaux de construction d'une ligne électrique aérienne

RTE est maître d'ouvrage des travaux de raccordement. Ceux-ci comprennent la ligne électrique à 400 000 volts à réaliser ainsi que les équipements à installer dans le poste de PLAUD. VERSO Energy assurera pour

sa part la maîtrise d'ouvrage du poste électrique situé sur le site d'implantation de son projet et qui servira d'interface avec la ligne à 400 000 volts à construire.

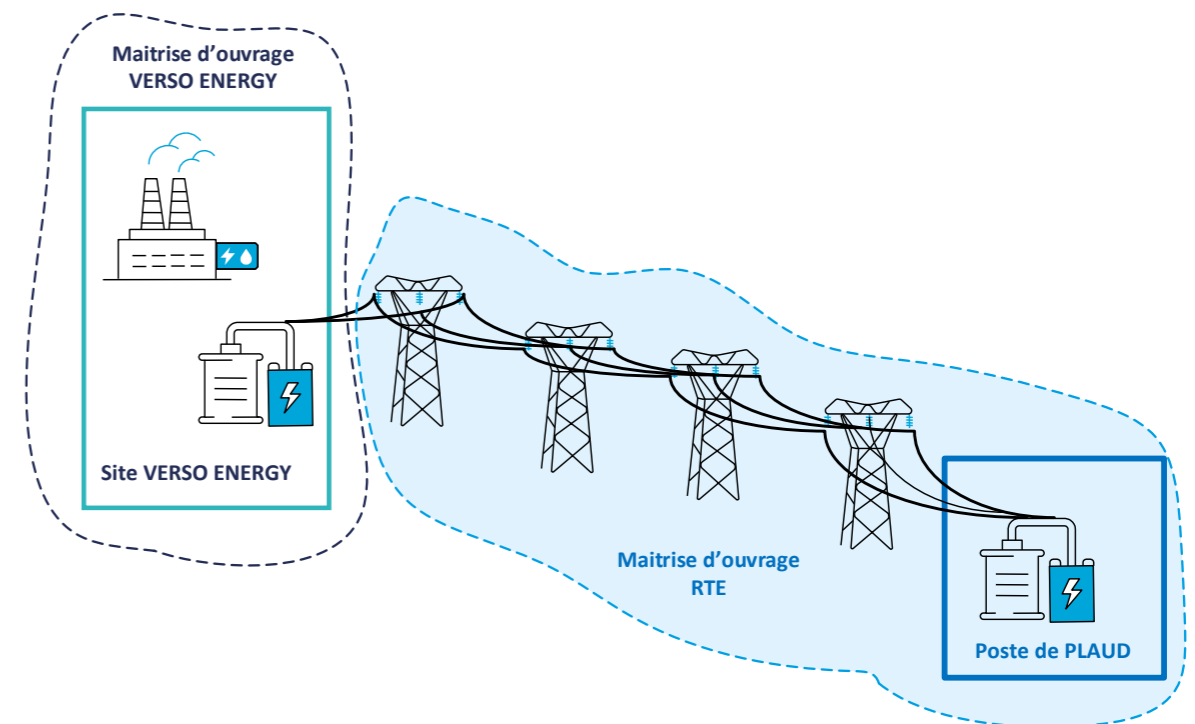


Figure 38 - Limite de responsabilité du raccordement électrique

La durée estimée d'un chantier de construction d'une ligne aérienne à 400 000 volts de 7 à 8 km est d'environ deux ans.



Figure 37 - Photos des composants d'une ligne aérienne

³⁹ Artéria : filiale de RTE

Les 3 grandes étapes des travaux sont :

A L'aménagements des accès

- › Partout où cela est possible, les pylônes sont acheminés à leur emplacement par des voies terrestres existantes : routes, puis chemins.
- › Les engins utilisés sont adaptés à la largeur et la praticabilité des pistes.
- › Le matériel nécessaire aux travaux est également acheminé par les routes et chemins existants.
- › Lorsque les supports se situent en plein champs, des accès temporaires sont créés. Selon la nature et la sensibilité du sol et de la végétation, ces accès peuvent être différents.
- › Des travaux héliportés pourront être envisagés au besoin selon les servitudes aériennes du territoire concerné.

Aucune circulation d'engins ni de dépôts de matériaux ne sont envisagés ailleurs que sur ces dispositifs.

Les différents types d'accès temporaires aménageables :

Sur géotextile : un géotextile (tissu isolant le remblai du terrain naturel) est déroulé et recouvert de tout venant permettant une bonne assise pour la circulation. L'ensemble est retiré en fin de chantier et la terre végétale, retirée et stockée au préalable, est répandue à nouveau sur le site.

Sur plaques : cela consiste à poser des plaques (métal, caoutchouc, bois) sur lesquelles les engins de chantier circulent exclusivement. Ces plaques d'environ 3 m de large et 2,5 m de long sont placées au fur et à mesure que l'engin qui les dépose avance, et mises bout à bout, pour créer un accès temporaire, le plus souvent lorsque le milieu naturel justifie leur emploi. Ces plaques restent en place de quelques jours à quelques semaines. Elles sont retirées de la même manière, sans que les engins ne roulent directement sur les prairies.



Figure 39 - Photo d'une plateforme de levage de pylône

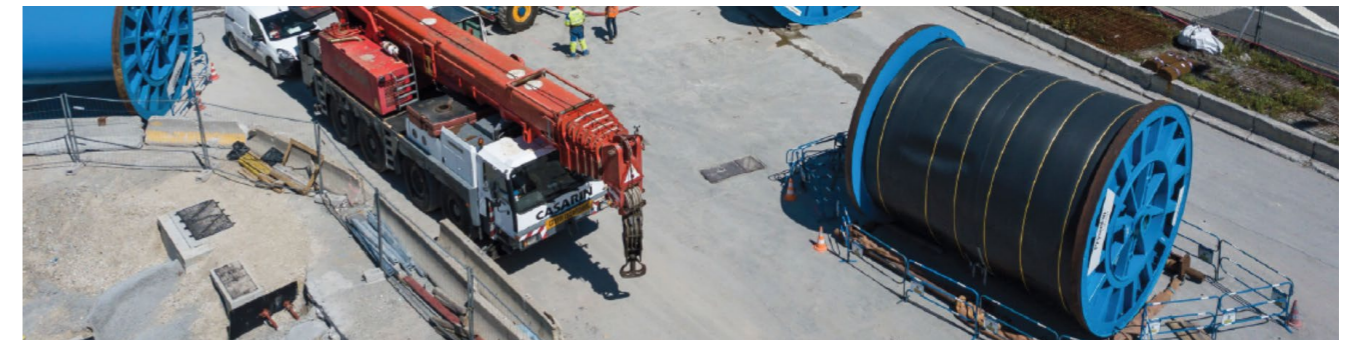


Figure 40 - Photo d'une plateforme de déroulage de câble

B La mise en place des pylônes

La mise en place d'un pylône nécessite plusieurs étapes :

- | | |
|--|--|
| <ol style="list-style-type: none"> 1 Réalisation des fondations, 2 Assemblage du pylône par tronçons au sol, 3 Levage des tronçons de pylône à l'aide d'une grue, | <ol style="list-style-type: none"> 4 Vissage du support sur ses fondations, 5 Déroulage des câbles, 6 Remise en état des plateformes de travail et des accès après travaux. |
|--|--|

C Le déroulage des câbles

Ce déroulage est effectué selon la technique dite « sous tension mécanique » ce qui permet d'éviter que le câble ne touche le sol et ainsi permet de ne pas perturber les activités sous des zones surplombées.

Cette technique consiste à se servir d'une câblette pour tirer le câble qui, de ce fait, ne touche pas le sol. De manière générale, les opérations de déroulage de câbles consistent à connecter le câble à un treuil qui le tire. Une freineuse est utilisée en bout de course pour réguler la tension et la vitesse du câble.

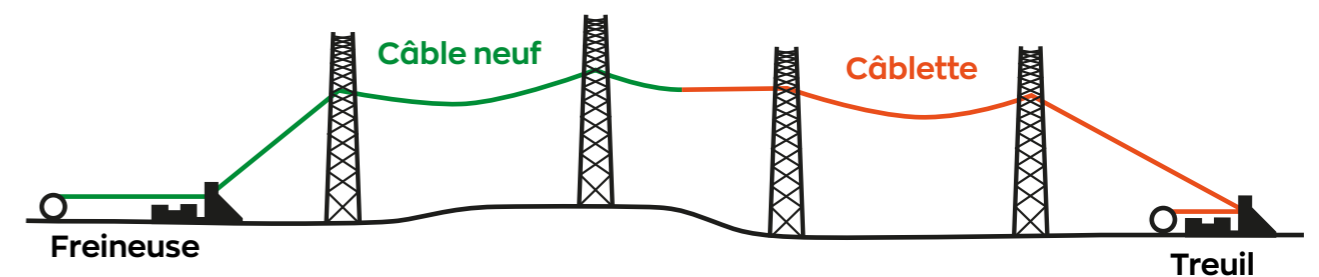


Figure 41 - Illustration du principe de déroulage d'un câble

D Les travaux dans le poste existant de PLAUD

Les travaux dans le poste de PLAUD consisteront à installer de nouvelles charpentes métalliques pour y accrocher les câbles électriques ainsi qu'à créer une nouvelle cellule ligne dans le poste 400 000 volts. Ces travaux se feront à l'intérieur de l'enceinte actuelle du poste.

À l'intérieur d'un poste, se trouve un certain nombre d'appareils électriques qui participent au

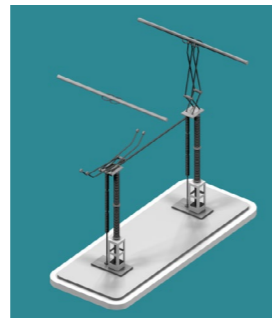
bon fonctionnement du réseau. L'ensemble des appareils de coupure ou d'isolement (disjoncteurs, sectionneurs), ainsi que l'appareillage de mesure et de protection propre à chaque ligne sont regroupés dans une cellule ligne. Une cellule ligne est destinée à connecter une ligne électrique à un poste, tout en permettant sa mise hors tension de manière sécurisée en cas d'incident ou de besoin d'intervention.

Les disjoncteurs



Ces appareils protègent le réseau contre d'éventuelles surcharges dues à des courants de défaut (foudre, arc électrique avec branche d'arbre...) en mettant des portions de circuit sous ou hors tension.

Les sectionneurs



Ces appareils assurent la coupure visible d'un circuit électrique et aiguillent le courant dans le poste.

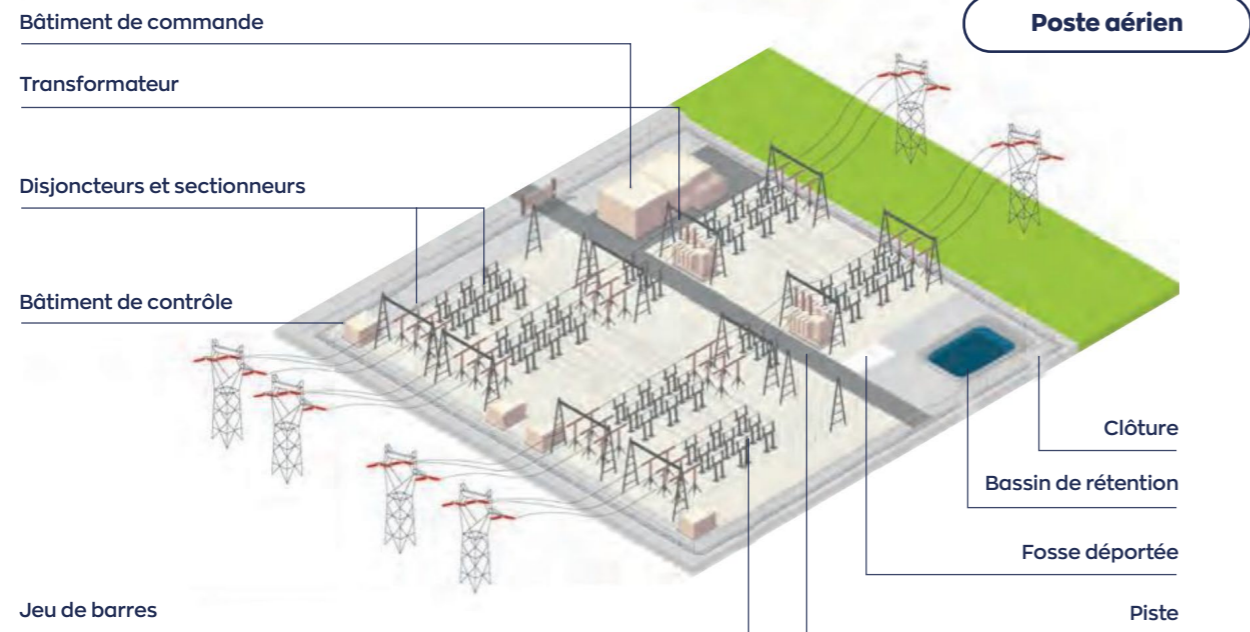


Figure 42 - Schéma type d'un poste électrique de transformation

9.4 Les enjeux et effets du raccordement électrique

Les lignes aériennes peuvent présenter des incidences sur l'environnement au sens large. Les impacts de la ligne 400 000 volts envisagée pour le raccordement du projet LICHEN seront précisés au cours des études à venir (études écologiques et d'impact).

Milieux naturels et biodiversité

Le territoire d'implantation de la ligne aérienne à 400 000 volts n'est pas concerné par des zonages de protection réglementaire du patrimoine naturel de type Natura 2000, réserves naturelles nationales ou parc naturel régionaux. En revanche, on recense à proximité trois zones concernées par un zonage d'inventaire du patrimoine naturel :

- La ZNIEFF de type 1 « Boisements de pente et végétations alluviales de Chaillac-sur-Vienne » ;
- La ZNIEFF de type 1 « Forêt d'Etagnac » ;
- La ZNIEFF de type 1 « Vallée de la Glane - Site Corot - Le moulin du Derot ».

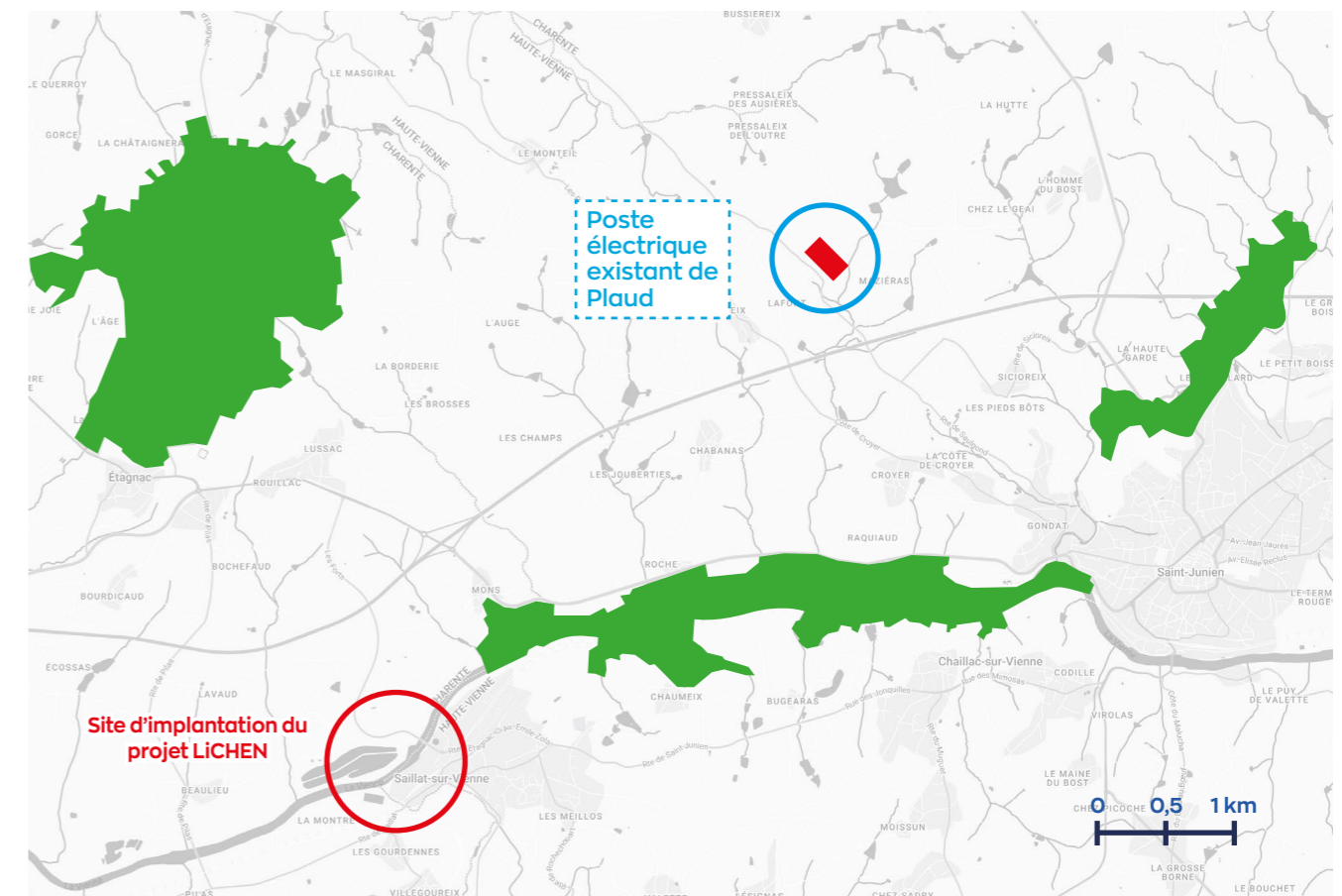


Figure 43 - Localisation des ZNIEFF de type 1 autour du projet

Selon l'implantation du site retenu par VERSO Energy, la construction de la ligne aérienne 400 kV pourrait nécessiter une traversée de la Vallée de la Vienne : des études écologiques spécifiques seraient alors menées.

Les conséquences potentielles de la création d'une nouvelle ligne aérienne peuvent être, notamment,

Impacts temporaires (phase chantier)

- › La limitation des emprises chantier et le choix des pistes d'accès au chantier ;
- › Le cas échéant, le balisage et la protection des zones sensibles (mares, fossés, zones humides, etc.) ;
- › L'adaptation du calendrier des travaux (par exemple, intervention en dehors des périodes de nidification ou de reproduction de certaines espèces identifiées plus localement, en dehors des périodes de floraison d'espèces exotiques envahissantes pour éviter leur propagation) ;

D'autres mesures peuvent être prévues pour éviter la propagation des espèces exotiques envahissantes.

selon le milieu considéré : dérangements temporaires des espèces en phase chantier, risque de modification des habitats et des espèces présentes, par exemple. Afin de limiter ces impacts négatifs potentiels, des mesures particulières seront mises en œuvre lors de la conception de l'ouvrage, telles que :

Impacts permanents (phase exploitation)

Une fois la ligne en place, celle-ci peut constituer un obstacle pour les oiseaux lors de leurs déplacements migratoires ou de simples vols locaux. Pour les secteurs où un risque de percussio est identifié pour une espèce sensible et / ou protégée, des dispositions sont définies par des experts biologistes en liaison avec les associations locales et régionales.

Milieu humain

La zone d'implantation du projet se situe dans une zone rurale, avec une faible densité de population. Elle est traversée par la route nationale 141 ainsi que

quelques voiries secondaires (départementale et communale), comme le montre la carte ci-dessous.

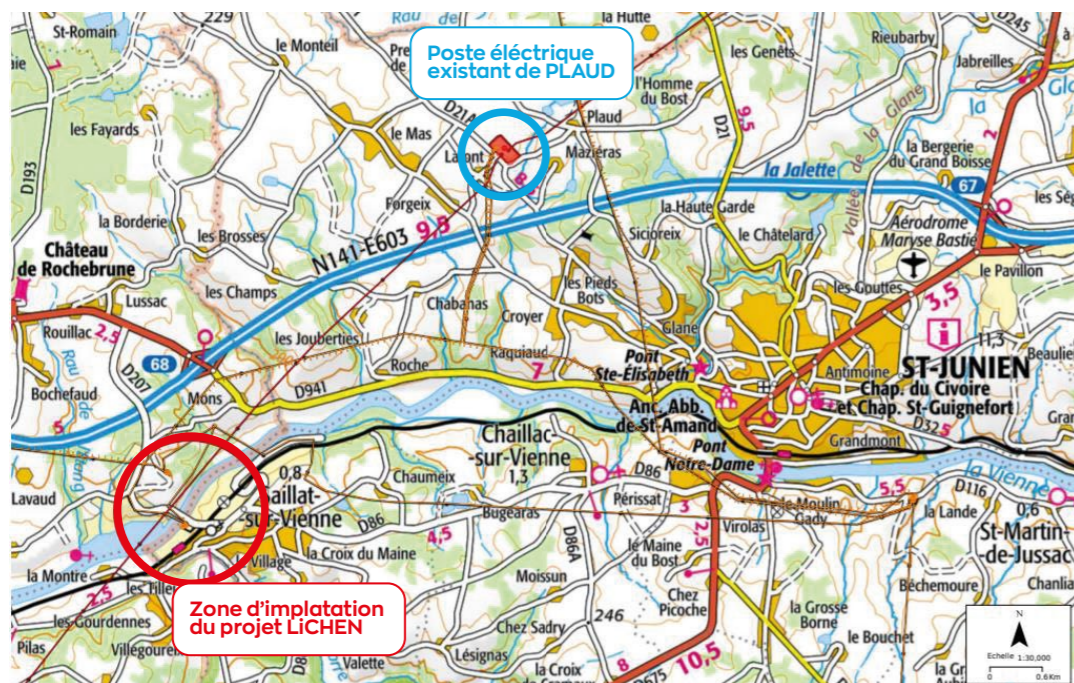


Figure 44 - Voiries et urbanisation dans la zone d'étude du projet de liaison aérienne 400 kV

Impacts temporaires (phase chantier)

Les impacts de la ligne aérienne de raccordement du projet de VERSO Energy sont essentiellement temporaires, liés aux nuisances du chantier.

La phase travaux peut en effet générer du bruit, des poussières et des perturbations transitoires de la circulation routière, mais ces impacts resteront localisés et ponctuels. La ligne aérienne pourra traverser le domaine public ou privé.

Les effets liés à la création et à la présence d'une ligne électrique aérienne sur les terrains et l'activité agricole sont de plusieurs ordres :

- › Des dommages aux cultures et aux sols peuvent résulter des opérations d'études préalables (étude géotechniques, hydrologiques...), des travaux de construction et, une fois l'ouvrage mis en service, des opérations de maintenance. En accord avec les exploitants, les propriétaires et les représentants de la profession agricole, RTE privilégie les accès générant le moins de dommages. Les dégâts qui ne sauraient être évités sont indemnisés sur la base de barèmes établis par les Chambres d'agriculture afin d'assurer une équité de traitement entre tous les exploitants agricoles.

Impacts permanents (phase exploitation)

› A ces effets temporaires, s'ajoutent ceux liés à la présence de la ligne comme le surplomb des câbles qui, en règle générale, ne cause pas de gêne à l'exploitation car la hauteur minimale des câbles d'une ligne électrique est suffisante pour permettre le passage des engins agricoles. La contrainte principale sur l'activité agricole résulte de la présence des pylônes dans certaines parcelles. RTE s'engage à rencontrer les propriétaires et exploitants concernés afin de discuter de la meilleure solution d'implantation en fonction de la géométrie des parcelles et de leur utilisation. Les préjudices liés à la présence des pylônes sont indemnisés conformément aux barèmes arrêtés par Chambres d'agriculture France (association nationale des Chambres d'agriculture).

De manière générale, les dispositions encadrant les interactions entre RTE et le milieu agricole sont précisées dans le protocole « Passage de lignes électriques en milieu agricole » signé en 2018 entre RTE, Enedis, Chambres d'agriculture France et la Fédération Nationale des Syndicats d'Exploitants Agricoles (FNSEA).

Foncier

En zones urbanisées ou d'habitat, la réglementation n'interdit pas formellement le surplomb de maisons d'habitation, mais il n'est pas souhaité par RTE ; un passage à l'écart des zones d'habitation est donc toujours recherché.

RTE n'étant pas propriétaire ni acquéreur des terrains traversés par les lignes aériennes, une convention amiable sera recherchée entre les propriétaires concernés et RTE afin de définir les conditions d'occupation des parcelles foncières et les modalités selon lesquelles RTE pourrait pénétrer dans la

propriété pour entretenir la future ligne aérienne. Ainsi, au droit de la ligne aérienne, une servitude limitant la constructibilité sera instaurée, pour toute la durée de vie de l'ouvrage.

La signature d'une convention de servitude sur les parcelles concernées par l'implantation de la ligne électrique ouvre droit à une indemnisation de la part de RTE. De même, une indemnisation des propriétaires d'habitation en cas de préjudice visuel avéré est prévue dans le cadre du contrat de service public liant RTE et l'Etat.

Santé et sécurité

Lorsqu'elles sont en service, les lignes électriques génèrent des champs électriques et magnétiques dont les niveaux sont encadrés par la réglementation afin qu'ils n'aient pas d'impact sur la santé humaine.

Concernant ces champs, la majorité des pays de l'Union Européenne, dont la France, applique les recommandations européennes. Ainsi, en France, tous les nouveaux ouvrages électriques doivent respecter un ensemble de conditions techniques définies par l'arrêté technique interministériel du 17 mai 2001. L'article 12 bis de cet arrêté fixe les limites suivantes :

- > 5 000 V/m pour le champ électrique ;
- > 100 µT pour le champ magnétique.

Les valeurs de champ magnétique relevées pour une ligne à 400 000 volts à 100 mètres de distance par rapport à son axe sont, en ordre de grandeur, inférieures à 1 µT, soit 100 fois moins que le seuil réglementaire. C'est une exposition comparable à celle produite par un ordinateur ou un sèche-cheveux. Les valeurs indicatives sous l'axe de la ligne sont quant à elles proches de 10 µT.

Le risque incendie est également pris en compte dès la phase de conception de l'ouvrage, grâce à la mise en place d'une servitude de 50 à 60 m de large dans l'axe de la ligne. Une fois l'ouvrage en service, ce layon est régulièrement entretenu pour éviter tout contact entre les câbles conducteurs et les arbres et arbustes avoisinants, afin de prévenir tout départ de feu.

Le paysage et le patrimoine

La création d'une ligne électrique aérienne peut avoir une incidence sur l'aspect paysager d'un site. Celui-ci repose, de manière générale, sur la perception des équipements et des structures depuis les zones d'habitat, les routes et les lieux fréquentés. Il dépend de l'ambiance paysagère de la zone concernée par l'ouvrage (structure de l'habitat – regroupé ou dispersé –, organisation du relief et de la végétation arborée...), de l'aspect visuel de l'ouvrage (silhouette, hauteur, répartition spatiale des pylônes), et de la présence d'arrière-plans ou d'écrans visuels. La définition d'un fuseau de moindre impact devra nécessairement prendre en compte cet aspect. Le relief et la végétation doivent également être considérés car ils peuvent créer des effets de masque permettant d'insérer au mieux la ligne dans le paysage par rapport à certains points de vue.








	5 cm		30 cm		1 m	
 Radio réveil	166	1,6	16	0,08	8	0,02
 Bouilloire	18	1,08	11	0,06	6	0,02
 Grille-pain	57	3	10	0,21	6	0,06
 Alimentation d'ordinateur	178	0,55	25	0,02	4	0,01
 Plaques à induction	94	0,57	32	0,2	4	0,13
 Sèche cheveux	187	0,72	28	0,05	7	0,04
 Télévision	364	0,01	75	0,01	10	0,01

Figure 45 - Valeurs des champs électriques et magnétiques à proximité d'appareils électriques à 50Hz

Source : Afsset, Effets sanitaires des champs électromagnétiques extrêmement basses fréquences, Rapport d'expertise collective, mars 2010, Annexe 6 • Données de mesure Supélec, p. 137 à 163 www.anses.fr/sites/default/files/documents/AP2008et0006Ra.pdf

Concernant le patrimoine historique et archéologique, les prescriptions associées aux sites classés et/ou protégés ainsi qu'à leurs périmètres de protection seront respectées.

Les pylônes de la ligne en projet ont une hauteur comprise, en règle générale, entre 40 et 60 mètres. À titre de comparaison, la hauteur des éoliennes terrestres peut atteindre 160 mètres.

Lors de l'élaboration du fuseau et du tracé de détail, RTE pourra recourir à des outils de simulation (photomontages) qui permettront de mieux appréhender l'intégration du futur ouvrage dans son environnement et pourront faciliter le choix d'un tracé.

9.5 La procédure de concertation spécifique aux réseaux électriques

La concertation « Fontaine » spécifique au raccordement électrique piloté par RTE

Le projet LICHEN porté par VERSO Energy donne lieu à une saisine obligatoire de la CNDP (commission nationale du débat public) dans le cadre de l'article L121-8 du Code de l'environnement. RTE, en tant que maître d'ouvrage du raccordement électrique, partie intégrante du projet d'ensemble, prend part au dispositif de concertation préalable du public.

La circulaire ministérielle du 9 septembre 2002 dite « Fontaine » fixe les modalités de la concertation pour les projets de développement du réseau public de transport d'électricité et les projets d'ouvrages de réseaux publics de distribution de tension supérieure ou égale à 63 000 volts.

L'objectif de cette concertation « Fontaine » est de définir, avec les élus, les services de l'Etat, les chambres consulaires et les associations représentatives, les caractéristiques du projet ainsi que les mesures d'insertion environnementale et d'accompagnement de celui-ci.

Cette circulaire prévoit que cette concertation soit pilotée par le préfet ou par un préfet coordonnateur.

La concertation « Fontaine » se déroule en deux étapes :

- > La première étape porte sur la présentation du projet et la délimitation d'une aire d'étude, avec les parties prenantes. Il s'agit de l'aire géographique au sein de laquelle seront recherchés les différents fuseaux possibles pour la future liaison électrique de raccordement ;
- > La seconde étape consiste à procéder au recensement des différentes sensibilités et enjeux à l'intérieur de cette aire d'étude, à rechercher et comparer des fuseaux potentiels dans l'aire d'étude puis à choisir celui de moindre impact. Le tracé de la liaison de raccordement est ensuite défini à l'intérieur du fuseau de moindre impact.

Articulation entre concertation « Fontaine » et concertation préalable du public sous l'égide de la CNDP

Les enseignements de la concertation préalable du public seront pris en compte dans le cadre de la concertation Fontaine. Pour ce faire, l'Aire d'Etude et le Fuseau de Moindre Impact (FMI) ne seront validés qu'après la remise du bilan des garants à l'issue de la concertation préalable du public du projet LICHEN et de son raccordement RTE.

A l'issue de ces différentes phases de concertation, le démarrage de la construction de la ligne électrique nécessitera la réalisation préalable des procédures suivantes :

- > Une demande de déclaration d'utilité publique ;
- > Une évaluation environnementale commune avec l'installation de Verso Energy ;
- > Eventuellement des demandes d'autorisations environnementales.

Lexique

ASTM International : L'ASTM International (anciennement connue sous le nom American Society for Testing and Materials) est une organisation internationale de normalisation, fondée en 1898 aux États-Unis. Elle développe et publie des normes techniques volontaires pour une large gamme de matériaux, produits, systèmes et services. Ces normes sont utilisées pour garantir la sécurité, la qualité et la performance de produits dans de nombreux secteurs, tels que l'aéronautique, la construction, l'énergie, l'environnement, les matériaux et bien d'autres.

Les normes ASTM couvrent des aspects comme les méthodes d'essai, les spécifications de matériaux, et les critères de performance. L'ASTM est particulièrement influente dans l'industrie, car de nombreuses réglementations et certifications de produits reposent sur ses normes.

Bas carbone : Bas-carbone désigne des activités, des technologies, ou des processus qui émettent peu de de CO₂, par rapport aux méthodes conventionnelles.

Biocarburants (ou bio-SAF pour l'aviation) : Les biocarburants sont des carburants alternatifs, produits à partir de biomasse brute ou recyclée telles que les huiles usagées, les déchets agricoles, les résidus forestiers.

Brique technologique : Le projet repose sur plusieurs « briques technologiques », chacune représentant une unité physique fonctionnelle qui sera implantée sur le site. Chaque brique a une fonction spécifique et pourrait, en théorie, fonctionner de manière autonome si les intrants nécessaires sont fournis.

Cahier d'acteurs : Le cahier d'acteur est une contribution libre et volontaire qui permet à toute personne morale d'exprimer son positionnement argumenté sur un sujet du débat. Son contenu relève de la totale responsabilité de l'organisme qui le rédige et n'engage que lui. Le cahier d'acteur doit respecter un format unique pour permettre à chaque structure, quel que soit son poids et ses moyens, de publier aux mêmes conditions, un support qui sera porté à connaissance du public et qui viendra nourrir le compte-rendu de la commission.

<https://www.debatpublic.fr/sites/default/files/2023-12/DSF-mode-d-emploi-cahiers-d-acteur.pdf>

Carburants durables (ou SAF pour l'aviation) : Les carburants durables sont des carburants produits à partir de ressources renouvelables ou de matières premières durables, comme le CO₂ biogénique ou la biomasse. Ils visent à réduire les émissions de gaz à effet de serre et à limiter l'impact environnemental tout en offrant une alternative aux carburants fossiles, notamment dans des secteurs comme l'aviation ou le transport maritime.

Carburants fossiles : Sources d'énergie comme le pétrole, le charbon et le gaz naturel, issues de la décomposition de matières organiques anciennes. Leur combustion libère de l'énergie mais aussi des gaz polluants et des gaz à effet de serre tel que le CO₂.

Catalyseur : Substance qui accélère une réaction chimique sans être consommée, utilisée pour rendre les processus plus efficaces et moins polluants.

Chaudière biomasse : Une chaudière biomasse est un système de chauffage qui utilise des matières organiques comme le bois, les résidus agricoles ou les granulés pour produire de la chaleur. Elle transforme la biomasse en énergie thermique via un processus de combustion. Ce type de chaudière est une alternative écologique aux énergies fossiles.

CO₂ biogénique : Selon l'ADEME le carbone biogénique est le carbone contenu dans la biomasse d'origine agricole ou forestière, émis lors de sa combustion ou dégradation, ainsi que celui contenu dans la matière organique du sol. Quelle que soit son origine, biogénique ou fossile, une molécule de CO₂ agit de la même façon sur l'effet de serre. Cependant, au contraire des énergies fossiles, la biomasse peut se renouveler à l'échelle humaine, avec des cycles plus ou moins longs (cultures annuelles, forêts).

Code de l'environnement : Le code de l'environnement est un recueil de textes réglementaires ayant pour objectif de protéger nos écosystèmes face aux aléas climatiques et aux impacts de nos activités humaines :

https://www.legifrance.gouv.fr/codes/texte_lc/LEGITEXT000006074220/

dB (A), décibel : Unité de mesure de la puissance sonore. L'intensité des sons est exprimée en décibels sur une échelle allant de 0 dB(A), seuil de l'audition humaine, à environ 120 dB(A), limite supérieure des bruits usuels de notre environnement.

Dossier de demande d'autorisation environnementale (DDAE) : Le DDAE est le Dossier de Demande d'Autorisation Environnementale, anciennement dénommé Dossier de Demande d'Autorisation d'Exploiter. Ce dossier administratif et technique est à effectuer pour toute installation (nouvelle ou à modifier) pouvant présenter des dangers ou inconvénients selon l'article L. 511-1 du Code de l'Environnement. Il doit notamment contenir :

- cartes et plans de situation de l'installation,
- étude d'impact sur l'environnement,
- étude de dangers.

Eau industrielle : Eau brute (non potable), destinée à un procédé industriel.

Effet domino : Il s'agit d'un risque en matière de sécurité - dans les industries à haut risque, une défaillance dans l'une des installations peut entraîner des incidents en chaîne, tels que des fuites, des explosions ou des incendies, mettant en danger la vie des travailleurs et des communautés environnantes. On parle également d'effet domino dans le cas où un incident dans une entreprise aurait un impact sur les autres entreprises à proximité.

Électricité bas-carbone : Une électricité bas carbone est une électricité émettant peu de CO₂ durant sa production. L'énergie nucléaire française est considérée bas carbone.

Électrode : Élément solide qui peut conduire l'électricité. La cathode est l'électrode reliée à la borne positive d'une source de courant alors que l'anode est l'électrode reliée à la borne négative.

Électrolyse : Réaction chimique permettant, sous l'effet d'un courant électrique, de décomposer une substance chimique en plusieurs autres éléments. L'électrolyse de l'eau est un procédé électrolytique qui décompose l'eau en dioxygène et dihydrogène gazeux grâce à un courant électrique.

Électrolyte : Substance permettant le passage de l'électricité.

Empreinte carbone : Mesure de la quantité totale de gaz à effet de serre, principalement du CO₂, émis directement ou indirectement par une personne, une organisation ou un produit au cours de son cycle de vie.

EPCI (Établissement Public de Coopération Intercommunale) : Un EPCI (Établissement Public de Coopération Intercommunale) est une structure qui regroupe plusieurs communes pour gérer ensemble des services publics ou des projets communs.

Event : Système d'aération placé sur un réservoir, une tour, ou une tuyauterie.

e-SAF : Le e-SAF est produit à partir de la combinaison d'hydrogène renouvelable et bas-carbone et de CO₂ (biogénique dans le cas du projet LiCHEN) capturé dans l'air ou en sortie de cheminées d'industries.

Gaz à effet de serre (GES) : Gaz comme le dioxyde de carbone (CO₂) et le méthane (CH₄) qui piègent la chaleur dans l'atmosphère, contribuant au réchauffement climatique.

GIEC (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat) : Le GIEC, ou Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (en anglais IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change), est un organisme international créé en 1988 par l'ONU et l'Organisation météorologique mondiale. Il regroupe des scientifiques du monde entier pour évaluer l'état des connaissances sur le changement climatique, ses causes, ses impacts, et les possibilités d'adaptation et d'atténuation. En savoir plus :

<https://www.ecologie.gouv.fr/politiques-publiques/comprendre-giec>

Hydrogène (H₂) : C'est la plus petite molécule de l'univers. Sous sa forme gazeuse, l'hydrogène associe deux atomes d'hydrogène : on l'appelle alors dihydrogène ou gaz d'hydrogène. On utilise généralement le terme d'hydrogène pour désigner ce qui est en réalité le gaz d'hydrogène. L'appellation « hydrogène gris » désigne communément l'hydrogène produit à partir de la technique du vaporeformage* d'hydrocarbures, et celle d'« hydrogène vert », l'hydrogène produit à partir de l'électrolyse de l'eau, au moyen d'électricité renouvelable.

Installation classée pour la protection de l'environnement (ICPE) : Classement réglementaire réservé aux installations qui, en raison des nuisances ou des risques de pollution ou d'accident qu'elles présentent, sont soumises à de nombreuses normes et à des autorisations. Une ICPE peut être une usine, mais aussi une installation agricole, une station-service, un hôpital...

Plus d'informations : <https://entreprendre.service-public.fr/vosdroits/F33414>

ISDND (installations de stockage de déchets non dangereux) : Une installation de stockage de déchets non dangereux (ISDND) est une installation dédiée à l'enfouissement contrôlé de déchets qui ne présentent pas de danger pour la santé ou l'environnement.

Mégawatt, MW (1 000 000 watts) : Unité de mesure de la puissance. Le MWe correspond à la puissance utilisée ou délivrée par un système électrique, soit 1 000 kilowatt électrique.

Méthanol (CH₃OH ou MeOH) : Alcool simple, utilisé comme carburant, solvant ou matière première chimique, souvent fabriqué à partir de gaz naturel ou de biomasse.

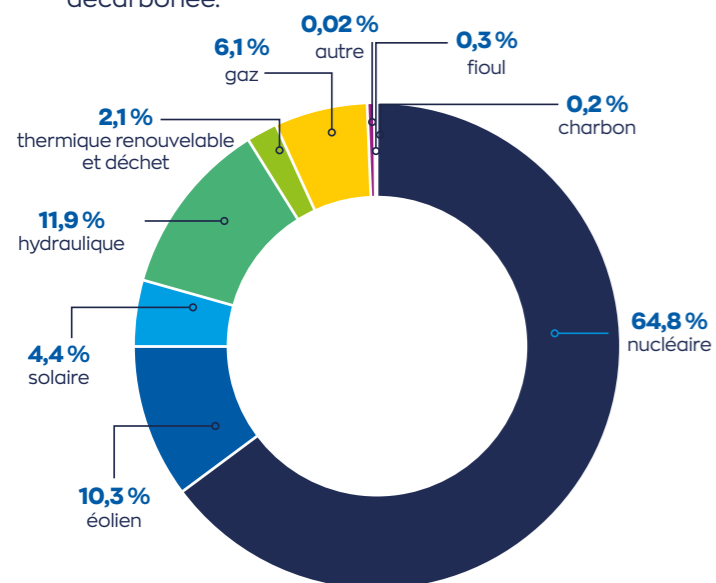
Méthanolisation ou méthanolation (anglicisme) : Processus chimique pour produire du méthanol à partir de gaz comme le CO₂ et l'hydrogène, souvent utilisé pour des carburants ou des produits chimiques.

Methanol-to-Jet (MTJ): Procédé de transformation du méthanol en chaîne d'hydrocarbures correspondant aux carburants d'aviation actuellement utilisé dans le transport aérien (kérosène également appelé carburéacteur ou jetfuel).

Mix électrique : Le terme « mix électrique » fait référence à la composition ou à la répartition des différentes sources d'énergie utilisées pour produire de l'électricité dans un système énergétique donné. Il s'agit d'une description de la part relative de chaque source d'énergie, telle que le charbon, le gaz naturel, le pétrole, le nucléaire, l'hydroélectricité, l'éolien, le solaire, etc., dans la production totale d'électricité d'une région, d'un pays ou d'une entreprise.

Mix électrique français : L'électricité produite en France est obtenue via différentes sources d'énergie : nucléaire (pour les deux tiers), renouvelable et fossile.

Le mix électrique est bas carbone grâce à la production renouvelable et la production d'origine nucléaire. Ainsi, 92% de la production d'électricité est décarbonée.



Source : Bilan électrique 2023 RTE

Oléfines : Les oléfines sont des composés chimiques, qui contiennent une double liaison entre deux atomes de carbone. Elles sont utilisées principalement dans l'industrie pour fabriquer des produits comme les plastiques, les caoutchoucs et d'autres matériaux.

Oxygène - dioxygène (O₂) : Molécule abondamment présente sur la Terre. Sous sa forme gazeuse, l'oxygène associe deux atomes d'oxygène : on l'appelle alors dioxygène ou gaz d'oxygène. On utilise généralement le terme d'oxygène pour désigner ce qui est en réalité le gaz d'oxygène.

PLU (Plan Local d'Urbanisme) : Plan local d'urbanisme (PLU) regroupe l'ensemble des différents documents visant à assurer le bon développement urbain de nos villes.

Le Plan local d'urbanisme organise le développement de la commune en fixant des règles d'urbanisme et des règles de construction selon un découpage précis en différentes zones. Il permet d'encadrer rigoureusement les projets urbains, leurs styles architecturaux, leurs impacts sur l'environnement collectif et sur le développement durable. Cet ensemble de plans et de documents sert notamment aux aménageurs et aux entreprises lorsqu'ils sont en demande de permis de construire, d'autorisation commerciale ou de déclaration préalable de travaux.

Poste électrique : Élément du réseau électrique servant à la fois à la transmission et à la distribution électrique. Il permet de diminuer la tension électrique en vue de sa consommation par les utilisateurs.

Power Purchase Agreement (PPA) : Un Power Purchase Agreement (PPA), ou « contrat long terme d'achat d'électricité », est un accord signé entre un producteur d'énergie et un acheteur, qui est généralement un utilisateur final ou un fournisseur d'électricité. Ce contrat définit les modalités d'achat et de vente de l'électricité produite par le producteur sur une période prolongée, pouvant s'étendre de 3 à 20 ans.

Dans un PPA, le producteur d'énergie s'engage à fournir une quantité spécifiée d'électricité au client à un prix convenu à l'avance. De son côté, le client s'engage à acheter cette électricité pendant toute la durée du contrat. Le prix de l'électricité peut être fixe ou varier en fonction de certains paramètres, tels que les fluctuations des prix des combustibles ou les conditions du marché.

Proton Exchange Membrane (PEM) : L'électrolyse PEM (membrane échangeuse de protons) est une méthode de production d'hydrogène par électrolyse de l'eau consistant à séparer les électrodes par une membrane polymère étanche au gaz et fortement

acide, laissant passer les ions H⁺ (protons). Très réactive, elle peut être utilisée efficacement si les électrolyseurs sont alimentés par des énergies intermittentes. La technologie PEM* est née au début des années 50, avec le programme spatial américain, principalement dans l'idée d'une pile à combustible.

Proposition Technique et Financière (PTF) : La demande de Proposition Technique et Financière (PTF) est une étape obligatoire du processus de raccordement électrique. La PTF a pour objectif d'établir, sur la base des données fournies par le demandeur, les conditions du raccordement électrique : description technique, coûts et délais de réalisation maximums.

QMNA5 : Le QMNA5 est le débit le plus bas d'une rivière que l'on peut s'attendre à observer en moyenne une fois tous les cinq ans.

Radiative : Une flamme peu radiative est une flamme qui émet très peu de chaleur sous forme de rayonnement, c'est-à-dire qu'elle chauffe moins les objets à distance. La majeure partie de son énergie est transférée par contact direct ou par l'air qui l'entoure.

Seveso : Classement de certaines installations industrielles qui manipulent, fabriquent, utilisent ou stockent des substances dangereuses. Les quantités de produits dangereux stockées sont prises en compte pour déterminer le classement ou non d'une installation en site Seveso.

Vaporeformage : Le vaporeformage, également appelé reformage à la vapeur d'eau, est un procédé chimique utilisé pour produire de l'hydrogène à grande échelle. Il s'agit d'une réaction chimique entre un hydrocarbure (tel que le méthane) et de la vapeur d'eau en présence d'un catalyseur pour produire de l'hydrogène gazeux (H₂) et du monoxyde de carbone (CO).

ZNIEFF (Zone naturelle d'intérêt écologique, faunistique et floristique) : Les ZNIEFF sont un inventaire scientifique qui localise et décrit les secteurs du territoire national particulièrement intéressants sur le plan écologique, faunistique et/ou floristique.

Annexes

Annexe 1 : Contexte réglementaire approfondi

Le contexte Français

L'application des règles européennes en France ?

Avec l'entrée en vigueur des premiers mandats ReFuelEU Aviation dès le 1^{er} janvier 2025, la France doit finaliser sa stratégie d'implémentation de ce règlement européen et les pénalités associées.

C'est ainsi que début novembre 2024, le gouvernement français a présenté un projet de loi portant diverses dispositions d'adaptation au droit de l'Union européenne (DADUE), et parmi elles l'intégration des mesures de

ReFuelEU Aviation dans le Code de l'environnement*. Ce projet de loi, qui doit encore être déposé au Parlement, spécifie notamment les sanctions à mettre en place si des manquements aux obligations issues du règlement européen ReFuel EU Aviation étaient observées.

Les scénarios énergétiques français des acteurs de référence

En combinant sobriété, efficacité et substitution des acteurs, des entités françaises de référence telles que l'ADEME et RTE ont élaboré des scénarios pour atteindre des objectifs climatiques pertinents.

L'ADEME – Scénarios pour une France Neutre en Carbone en 2050⁴⁰

L'ADEME (Agence de la transition écologique) a développé quatre scénarios potentiels pour la France à l'horizon 2050. Le document «Futurs en transition 2050» explore ainsi quatre scénarios pour atteindre la neutralité carbone en France d'ici 2050. Ces scénarios mettent en lumière les différentes voies possibles, chacune avec ses avantages et défis, pour réduire les émissions de CO₂ et garantir la sécurité énergétique. Ils montrent qu'il n'y a pas de solution unique, mais une combinaison de choix technologiques, économiques et sociétaux adaptés aux besoins et contraintes spécifiques.

Scénario	Objectifs	Défis
Génération Frugale Transition conduite par la sobriété et la contrainte, sans technologies de captage et stockage de carbone	Réduction massive de la consommation, indépendance énergétique	Changements comportementaux importants, acceptabilité sociale
Coopérations Territoriales Gouvernance partagée et coopérations locales pour une transition progressive mais soutenue	Cohésion sociale, investissements massifs dans les renouvelables	Coordination complexe, acceptabilité des changements
Technologies Vertes Innovation technologique au service de systèmes énergétiques décarbonés	Avancées technologiques, efficacité énergétique	Dépendance aux technologies, coûts élevés
Pari Réparateur Confiance dans la capacité à réparer les systèmes sociaux et écologiques	Réduction des impacts environnementaux, résilience	Incertitudes sur l'efficacité des réparations, coûts de mise en œuvre

Dans son analyse ayant conduit à ces scénarios, l'ADEME examine les diverses solutions de décarbonation. Les e-carburants, également appelés carburants de synthèse dans le rapport, figurent parmi les options pertinentes pour réduire les émissions du secteur des transports. Bien que la demande en carburants liquides, incluant les e-carburants, soit en diminution, elle restera néanmoins très significative selon l'ADEME. L'agence souligne toutefois que le développement des e-carburants nécessite une production d'électricité suffisante.

RTE – Futurs Énergétiques 2050

RTE publie en 2021 les «Futurs énergétiques 2050» qui explore les différentes voies pour atteindre la neutralité carbone en France d'ici 2050 sous le prisme de l'énergie. Le document met en avant l'importance de diversifier les sources d'énergie et de combiner les efforts de production et de consommation pour garantir la sécurité énergétique tout en réduisant les émissions de CO₂.

Différents scénarios de production et de consommation sont considérés.

Scénarios de production

Scénario	Objectifs	Défis
100% Renouvelables : Dépendance totale aux énergies renouvelables (éolien, solaire, hydraulique)	Émissions nulles de CO ₂ , indépendance énergétique	Besoin de stockage massif, gestion de l'intermittence
Mix Renouvelables avec Nucléaire : Majorité d'énergies renouvelables avec une part de nucléaire existant	Réduction des émissions, stabilité de l'approvisionnement	Gestion des déchets nucléaires, acceptabilité sociale
Renouvelables et Nouveau Nucléaire : Combinaison de renouvelables et de nouveaux réacteurs nucléaires	Sécurité énergétique, réduction des émissions	Coûts élevés, délais de construction
Mix avec Forte Relance Nucléaire : Forte relance du nucléaire avec une part de renouvelables	Stabilité et sécurité énergétique	Acceptabilité sociale, gestion des déchets
Nucléaire Majoritaire : Nucléaire dominant avec une part réduite de renouvelables	Sécurité d'approvisionnement, faible émission de CO ₂	Risques liés au nucléaire, gestion des déchets
Nucléaire et Fossiles avec Capture de Carbone : Combinaison de nucléaire, énergies fossiles avec capture et stockage de CO ₂	Réduction des émissions, utilisation des infrastructures existantes	Coûts de la capture de CO ₂ , dépendance aux fossiles

⁴⁰ <https://www.ademe.fr/les-futurs-en-transition/>

Trajectoires de Consommation

Stratégie Nationale Bas-Carbone (SNBC)

Consommation modérée avec des efforts d'efficacité énergétique

Sobriété

Réduction significative de la consommation par des changements de comportement et des politiques de sobriété

Réindustrialisation

Augmentation de la consommation due à une réindustrialisation massive

L'engagement du gouvernement français pour la réindustrialisation⁴¹ et les carburants durables

En 2021, le gouvernement Français lance le plan d'investissements « France 2030 », un vaste programme d'investissement pour préparer l'avenir industriel et technologique du pays. Doté de 54 milliards d'euros sur cinq ans, ce plan vise à renforcer la compétitivité industrielle, soutenir l'innovation et accélérer la transition écologique.

Objectifs principaux de France 2030

- **Réindustrialisation**: Relancer l'industrie française en créant de nouvelles filières industrielles et technologiques.
- **Transition écologique** : Décarboner l'industrie pour réduire les émissions de gaz à effet de serre de 35 % d'ici 2030.
- **Technologies d'avenir**: Investir dans des secteurs innovants comme l'hydrogène vert, les énergies renouvelables, et les petits réacteurs modulaires (SMR).
- **Mobilité durable** : Produire en France près de 2 millions de véhicules électriques et hybrides d'ici 2030.
- **Santé et alimentation** : Développer des biomédicaments et promouvoir une alimentation saine et durable.

Les carburants durables y sont explicitement cités⁴² comme une filière à développer en priorité pour décarboner l'aviation.

Dans son rapport annuel 2024⁴³ et dans un avis de 2023⁴⁴ sur la captation et l'utilisation du carbone (CO₂), le Haut Conseil pour le Climat reconnaît les carburants durables et les e-fuels comme une solution pertinente pour décarboner les secteurs où l'électrification est inadaptée, tels que l'aviation. Cependant, il alerte sur l'insuffisance de CO₂ biogénique disponible en France pour répondre à la demande. Néanmoins, le projet LICHEN, ayant déjà sécurisé son approvisionnement en CO₂, échappe à cette contrainte.

La souveraineté énergétique

Cette réindustrialisation s'inscrit dans l'objectif de renforcer l'indépendance énergétique de la France, tel qu'énoncé dans la Stratégie française pour l'énergie et le climat⁴⁵. Actuellement, la France dépend presque entièrement des importations de pétrole brut. La production nationale de carburants pour l'aviation, notamment dans le cadre du projet LICHEN, pourrait contribuer à améliorer cette indépendance énergétique.

Le projet LICHEN s'inscrit pleinement dans les objectifs de réindustrialisation de la France donnés dans France 2030

La vision des acteurs français du secteur de l'aviation

La feuille de route de la décarbonation de l'aviation française

En 2023, le secteur aérien a officiellement remis au Gouvernement sa feuille de route de décarbonation, conformément à l'article 301 de la loi n°2021-1104 du 22 août 2021, dite « loi Climat et résilience »⁴⁶. La loi dispose que « pour chaque secteur fortement émetteur de gaz à effet de serre, une feuille de route est établie conjointement par les représentants des filières économiques, le Gouvernement et les représentants des collectivités territoriales pour les secteurs dans lesquels ils exercent une compétence ». Cette feuille de route coordonne les actions mises en œuvre pour chacune des parties pour atteindre les objectifs de réduction des émissions de gaz à effet de serre fixés par la Stratégie nationale bas carbone (SNBC).

La feuille de route de la décarbonation de l'aviation française vise à réduire les émissions de CO₂ du secteur aérien à moyen (2030) et long terme (2050).

Objectifs principaux

- **Renouvellement des flottes** : Introduction d'avions plus économes en carburant.
- **Optimisation des opérations** : Amélioration des opérations aériennes au sol et en vol pour réduire la consommation de carburant.
- **Carburants durables** : Incorporation massive de carburants d'aviation durables.
- **Technologies hydrogène** : Développement et déploiement de technologies utilisant l'hydrogène.

Encore une fois, dans cette vision par le secteur, les carburants d'aviations durables comme le e-SAF jouent un rôle clé dans la décarbonation de l'aviation.

Les scénarios modélisés par la feuille de route

La feuille de route de la décarbonation de l'aviation française a également permis de modéliser, avec l'aide de l'Office national d'études et de recherches aérospatiales (ONERA), des scénarios de décarbonation sur le périmètre de la France (vols au départ et à destination de la France métropolitaine ou de l'Outre-mer) et sur le périmètre international (vols au départ de la France vers l'international).

Sur le **périmètre France**, la filière projette deux scénarios :

- Un scénario « Action » : ce scénario prévoit une activité décarbonée « à près de 80 % à horizon 2050 », avec une compensation des émissions résiduelles pour atteindre la neutralité carbone. Les mesures incluent également « le renouvellement des flottes, l'utilisation d'avions plus performants, des opérations aériennes optimisées et l'incorporation de carburants d'aviation durables (CAD) »⁴⁷. Ce scénario prévoit une accélération de la décarbonation après 2030 grâce notamment à une utilisation accrue de CAD et à l'arrivée d'avions plus performants.
- Un scénario « Accélération » : Ce scénario projette une décarbonation de l'activité aérienne « à hauteur de 92% à horizon 2050 et plus volontariste dès 2030 où les objectifs de la SNBC 2 seraient améliorés de 43 %, notamment grâce à plus d'incorporation de CAD dès 2030 (10 % en 2030 et max de 85% d'incorporation en 2050 vs. 63 % dans le scénario Action, en lien avec Refuel EU Aviation) et à une accélération de l'innovation »⁴⁶.

⁴¹ Pour plus d'informations : <https://www.economie.gouv.fr/france-2030#42> www.info.gouv.fr/actualite/france-2030-le-gouvernement-detaille-le-volet-aeronautique-du-plan

⁴² www.info.gouv.fr/actualite/france-2030-le-gouvernement-detaille-le-volet-aeronautique-du-plan

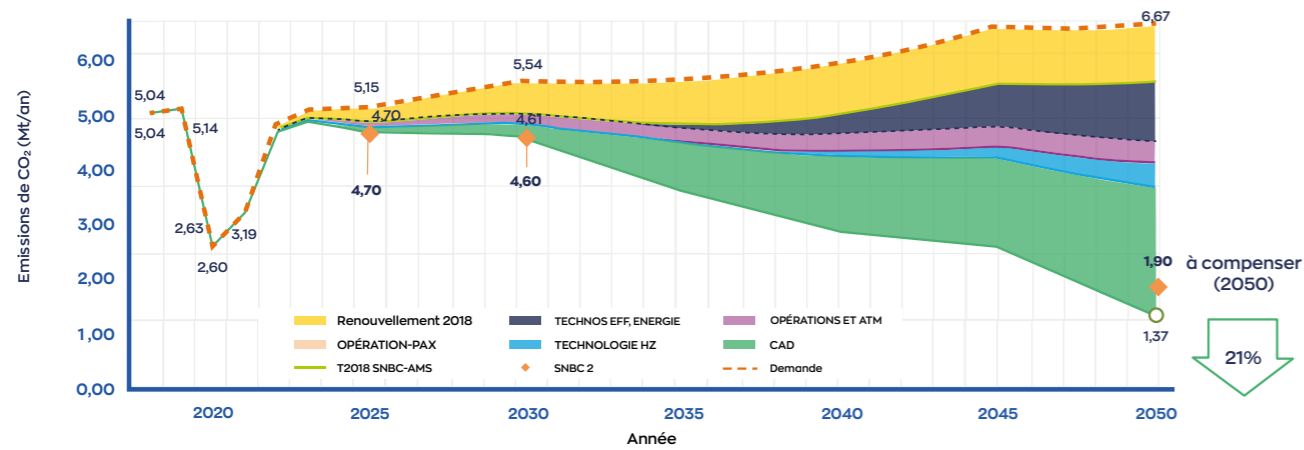
⁴³ <https://www.hautconseilclimat.fr/publications/rapport-annuel-2024-tenir-le-cap-de-la-decarbonation-protger-la-population/>

⁴⁴ <https://www.hautconseilclimat.fr/wp-content/uploads/2023/11/Haut-conseil-pour-le-climat-Avis-CCS.pdf>

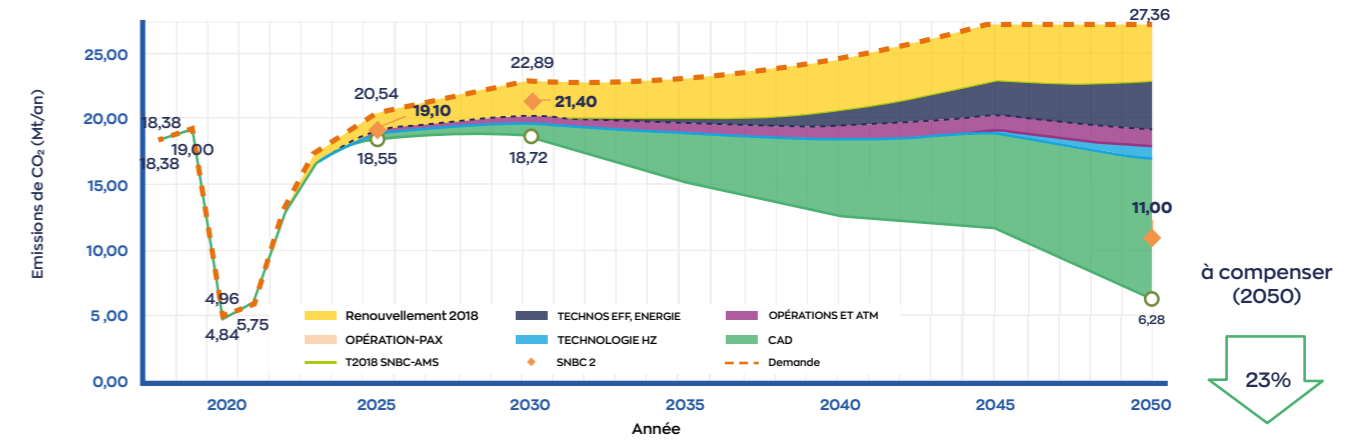
⁴⁵ https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/documents/23242_Strategie-energie-climat_def2_0.pdf

⁴⁶ Article 301 - LOI n° 2021-1104 du 22 août 2021 portant lutte contre le dérèglement climatique et renforcement de la résilience face à ses effets (1) - Légifrance (legifrance.gouv.fr)

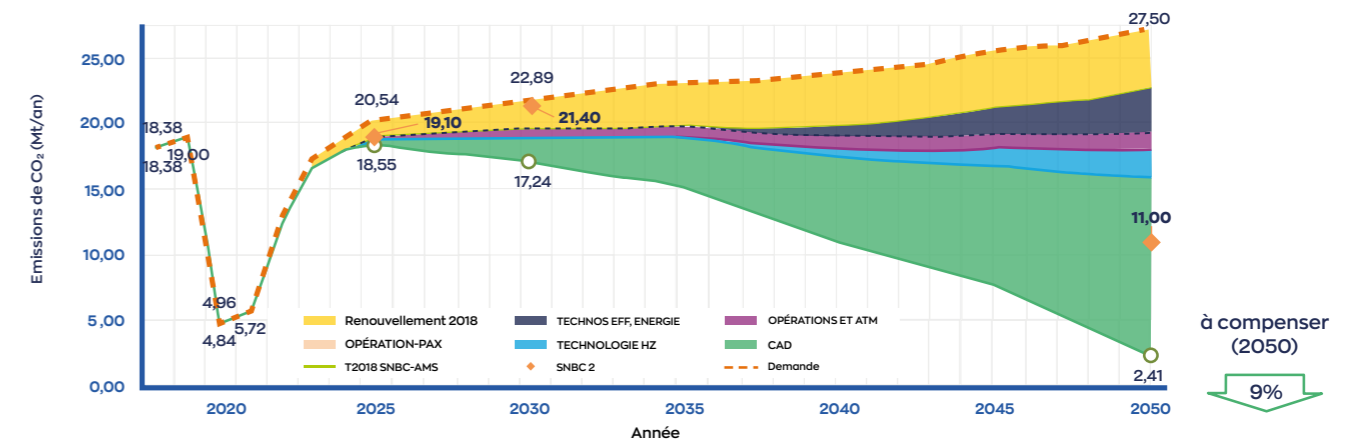
⁴⁷ Proposition de feuille de route décarbonation transport aérien.pdf (ecologie.gouv.fr)



Trajectoire de décarbonation périmètre France - Scénario Action



Trajectoire de décarbonation périmètre France - Scénario Action



Trajectoire de décarbonation périmètre France - Scénario Accélération

Figure 46 - Les trajectoires de décarbonation du périmètre France pour le scénario Action et le scénario Accélération

Sur le **périmètre international**, deux scénarios sont proposés dans la feuille de route :

› Un scénario « Action » : ce scénario prévoit une activité décarbonée « à 77% à horizon 2050 ».

› Un scénario « Accélération » : ce scénario projette une décarbonation « à hauteur de 91% grâce à une incorporation plus importante de CAD dès 2030 et à une accélération de l'innovation ».

Figure 47 - Les trajectoires de décarbonation du périmètre international pour le scénario Action et le scénario Accélération

Cette feuille de route démontre que ces objectifs sont réalistes, crédibles et atteignables en mobilisant plusieurs leviers tels que la conception et le déploiement de nouvelles technologies d'avions, plus économes en énergie et moins bruyants, ainsi que l'utilisation massive de nouveaux carburants décarbonés.

Un appel à projets pour soutenir des projets de production industrielle de carburants d'aviation durables en France

Dans le cadre du Plan de relance France 2030, le Gouvernement a annoncé le 15 décembre 2023 le lancement d'un nouvel appel à projets "CARB AERO"⁴⁸ visant à soutenir des projets de production industrielle de carburants d'aviation durables en France. Cet appel à projets, dont l'instruction est portée par l'ADEME, fait

suite à l'annonce du Président de la République en juin 2023 « d'un soutien de l'Etat pour le développement d'une filière nationale de production de carburants aéronautiques capable de produire 500.000 tonnes par an à l'horizon 2030 correspondant aux objectifs d'incorporation fixés au niveau européen par le règlement ReFuel EU Aviation ». Plus largement, l'objectif est « de permettre au secteur aérien d'atteindre ses objectifs de réduction des émissions de gaz à effet de serre et de décarbonation en 2050 tout en préservant l'indépendance énergétique du pays et en créant des emplois dans les territoires en lien avec nos filières agricoles et de déchets ». L'appel à projets est doté d'un budget de 200 millions d'euros.

VERSO ENERGY a candidaté à cet appel à projet.

⁴⁸ Appel à projets - Développement d'une filière de production française de carburants aéronautiques durables (CARB AERO) | Entreprises | Agir pour la transition écologique | ADEME

Le projet LiCHEN s'inscrit donc dans un contexte européen et français favorable à l'implantation d'un marché de l'e-SAF. Du fait de sa taille, il contribuerait à faire passer la filière à l'échelle supérieure et ainsi consolider le rôle de la France comme pays phare dans ce domaine porteur d'avenir.

Base documentaire

Réglementation européenne

- › Directive 2018/2001 du 11 décembre 2018 relative à la promotion de l'utilisation de l'énergie produite à partir de sources renouvelables (RED II)
- › Directive 2023/2413 du Parlement européen et du Conseil du 18 octobre 2023 modifiant la directive 2018/2001, le règlement 2018/1999 et la directive 98/70/CE en ce qui concerne la promotion de l'énergie produite à partir de sources renouvelables (RED III)
- › Règlement délégué (UE) 2023/1184 de la Commission du 10 février 2023 complétant la directive (UE) 2018/2001 du Parlement européen et du Conseil en établissant une méthodologie de l'Union définissant des règles détaillées pour la production de carburants liquides et gazeux renouvelables destinés au secteur des transports, d'origine non biologique
- › Règlement délégué (UE) 2023/1185 de la Commission du 10 février 2023 complétant la directive (UE) 2018/2001 du Parlement européen et du Conseil en établissant un seuil minimal de réduction des émissions de gaz à effet de serre pour les carburants à base de carbone recyclé et en précisant la méthode d'évaluation des réductions des émissions de gaz à effet de serre réalisées grâce aux carburants liquides et gazeux renouvelables destinés aux transports, d'origine non biologique, et aux carburants à base de carbone recyclé
- › Règlement 2023/2405 du 18 octobre 2023 relatif à l'instauration d'une égalité des conditions de concurrence pour un secteur du transport aérien durable (ReFuelEU Aviation)
- › Projet de Règlement pour une industrie « zéro net »

Législation française

- › Loi n° 2015-992 relative à la croissance verte
- › Loi n° 2019-1147 du 8 novembre 2019 relative à l'énergie et au climat
- › Ordonnance n° 2021-167 du 17 février 2021 relative à l'hydrogène
- › Loi n° 2023-973 du 23 octobre 2023 relative à l'industrie verte

Politiques publiques

- › Programmation Pluriannuelle de l'Énergie (PPE)
- › Projet de troisième édition de la programmation pluriannuelle de l'énergie soumise à la concertation (novembre 2024)
- › Stratégie nationale bas carbone (SNBC)
- › Projet de Stratégie nationale bas-carbone n°3 -Premières grandes orientations à l'horizon 2030 et enjeux à l'horizon 2050 (novembre 2024)
- › Engagement pour la croissance verte relatif à la mise en place d'une filière de biocarburants aéronautiques durables en France (2017)
- › Plan de déploiement national de l'hydrogène pour la transition énergétique (2017)
- › Stratégie nationale pour le développement de l'hydrogène décarboné en France (2023)

Rapports et avis d'organismes officiels

- › Rapport de l'Agence internationale de l'énergie - The Role of E-fuels in Decarbonising Transport (2023)
- › Rapport de l'Agence internationale pour les énergies renouvelables - Perspectives pour les transitions énergétiques mondiales (2023)
- › Rapport de l'Académie des technologies - La décarbonation du secteur aérien par la production de carburants durables (2023)
- › Avis de l'Académie des technologies sur la décarbonation du secteur aérien par la production de carburants durables (2023)
- › Rapport de l'Académie des sciences - L'hydrogène aujourd'hui et demain (2024)
- › Rapport de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques - La décarbonation du secteur de l'aéronautique (2024)
- › Rapport de RTE - Futurs énergétiques 2050 : les scénarios de mix de production à l'étude permettant d'atteindre la neutralité carbone à l'horizon 2050 (2022)
- › Rapport de RTE - La transition vers un hydrogène bas carbone (2020)
- › Rapport du Haut Conseil pour le Climat - Rapport annuel 2024 - « Tenir le cap de la décarbonation, protéger la population » (2024)
- › Avis du Haut Conseil pour le Climat - Avis sur la stratégie de capture du carbone, son utilisation et son stockage (CCUS) (2023)

Divers

- › IFPEN - Biocarburants et e-fuels
- › ADEME - Élaboration de scénarios de transition écologique du secteur aérien
- › Connaissance des énergies - Les « e-fuels » : quel rôle dans la transition énergétique ?
- › France Hydrogène - L'Encyclopédie H₂
- › SIA PARTNERS - Observatoire des e-fuels

Toutes les informations sur
concertation-lichen.eu