



Proposition de projet

**Concepts régionaux pour un
approvisionnement et un stockage
d'énergie intégrés, efficaces et durables
dans la Région Métropolitaine
Trinationale du Rhin Supérieur (RMT) –
RES_TMO**

Annexe descriptive du formulaire en ligne

Sommaire

Description de la problématique identifiée au regard de l'objectif spécifique sélectionné	3
Objectifs du projet.....	5
Mise en œuvre opérationnelle du projet.....	6
Type d'action 1: Coordination et relations publiques	6
Action 1.1: Coordination	6
Action 1.2: Relations publiques.....	6
Action 1.3: Reproduction et diffusion des résultats du projet.....	7
Type d'action 2: Analyse des potentiels de production et de stockage des énergies renouvelables dans la RMT	8
Action 2.1: Analyse des potentiels de production d'énergies renouvelables dans la RMT	8
Action 2.2: Analyse du stockage géologique des énergies renouvelables	9
Type d'action 3: Modélisation et élaboration de scénarios pour les marchés de l'électricité et de capacité	10
Action 3.1: Définition de la RMT et élaboration de scénarios	10
Action 3.2: Modélisation des marchés de l'électricité dans la RMT et les régions environnantes... ..	11
Action 3.3: Modélisation des marchés/systèmes locaux au niveau du réseau de distribution.....	11
Action 3.4: Modélisation transfrontalière (comportement technique et économique sur le réseau basse tension).....	12
Action 3.5: Développement d'un outil d'aide à la décision.....	12
Type d'action 4: Analyse des conditions socioculturelles et intégration des points de vue des acteurs	13
Action 4.1: Organisation d'ateliers avec des acteurs clés de la scène énergétique (collectivités, opérateurs, associations)	14
Action 4.2: Conduite de 30 entretiens (préliminaires puis approfondis) auprès d'acteurs clés de la scène énergétique dans la région du Rhin Supérieur	14
Action 4.3: L'acceptabilité sociale et la participation des habitants à des projets énergétiques territoriaux concrets dans le Rhin Supérieur	15
Action 4.4: Valorisation scientifique et sociétale élargie du projet, de sa valeur exemplaire et de ses résultats.....	15
Type d'action 5: Analyse du cadre réglementaire pour la conception du marché de l'électricité	16
Action 5.1: Collecte des textes juridiques pertinents aux échelles nationales et européennes.....	17
Action 5.2: Etat de l'art dans le domaine du droit des énergies renouvelables	17
Action 5.3: Analyse des textes juridiques et approche comparative des textes.....	17
Action 5.4: Propositions pour une amélioration du cadre juridique du marché de l'électricité	18
Type d'action 6: Etude des structures d'incitation dans l'approvisionnement énergétique	18

Action 6.1: Identification des obstacles politiques et économiques à la coopération	18
Type d'action 7: Sécurité des données dans les réseaux intelligents dans la RMT.....	19
Action 7.1: Analyse des réglementations européennes en vigueur en termes de sécurisation des données.....	19
Action 7.2: Simulation de possibles scénarios de cybersécurité dans le secteur énergétique de la RMT	20
Action 7.3: Utilisation des NILM (nonintrusive load monitoring) pour renforcer la sécurité des données énergétiques auprès du consommateur	20
Documentation.....	21

Description de la problématique identifiée au regard de l'objectif spécifique sélectionné

La transition vers les énergies renouvelables (Renewable Energy Sources - RES) est considérée dans le monde entier et dans la RMT comme une condition essentielle et préalable à la décarbonisation des systèmes énergétiques afin d'atteindre les objectifs de la politique climatique. En outre, après les catastrophes de Tchernobyl et de Fukushima, les risques de l'énergie nucléaire sont devenus plus significatifs. Dans la société et la politique européenne, cette prise de conscience a conduit à une nouvelle réflexion, amorçant le début de la transition énergétique. Par exemple, l'Allemagne s'est engagée à supprimer définitivement le nucléaire d'ici 2022. En France, la loi de 2015 sur la transition énergétique prévoyait une réduction de 50% du nucléaire dans la production d'énergie d'ici à 2025. En Suisse, la « stratégie énergétique 2050 » adoptée en 2014, interdit la construction de nouvelles centrales nucléaires et prévoit des objectifs pour la suppression progressive du nucléaire. Toutefois, la fermeture programmée des centrales nucléaires (par exemple Fessenheim) et du charbon (en Allemagne), et la part importante attribuée aux RES dans la RMT posent des défis, comme la sécurité de l'approvisionnement et la flexibilité des systèmes énergétiques.

Bien que le marché commun de l'énergie de l'UE encourage le commerce transfrontalier de l'électricité et la concurrence, un nombre croissant de pays de l'UE mettent en place des mécanismes permettant d'assurer une sécurité nationale d'approvisionnement, ce qui peut constituer un frein pour les signaux efficaces de prix fondés sur les flux et pour le commerce transfrontalier de l'énergie. En outre, les pays semblent préférer l'autosuffisance au soutien mutuel et ont peu confiance dans la capacité des flux transfrontaliers à assurer la sécurité énergétique en période de forte consommation. La libre concurrence sur les marchés de l'énergie ne semble pas suffisante pour garantir aux gouvernements nationaux que leur approvisionnement énergétique restera sûr à long terme. Toutefois, les mécanismes de capacité et les marchés de l'énergie dits „scarcity markets“ ne s'excluent pas mutuellement et peuvent être utilisés ensemble pour assurer la sécurité de l'approvisionnement dans un contexte où les besoins en flexibilité augmentent en raison de l'utilisation accrue des RES (Hawker et al., 2017).

Selon Rehner et McCauley (2016), la transformation du système énergétique exige la prise en compte d'une diversité d'aspects dans différentes dimensions temporelles : la sécurité d'approvisionnement, la faisabilité économique, ainsi que la compatibilité environnementale et socioculturelle. Krutz et ses collaborateurs (2009) définissent la sécurité d'approvisionnement énergétique selon les termes suivants: disponibilité, accessibilité, abordabilité et acceptation. La sécurité d'approvisionnement énergétique doit être assurée dans le cadre d'orientations politiques, comme dans le Baden-Württemberg, où d'ici à 2050 les objectifs consistent à réduire de 90% les gaz à effet de serre (année de référence 1990) et à atteindre 80% d'énergies renouvelables (RES). Une contribution importante des énergies renouvelables à un approvisionnement sécurisé en énergie peut être étudiée, d'une part, dans la diversification des différentes RES et leur répartition spatiale complémentaire et, d'autre part, dans le développement de concepts énergétiques régionaux intraeuropéens (Rehner et McCauley, 2016).

L'Allemagne, la France et la Suisse ont actuellement des stratégies différentes pour assurer la sécurité d'approvisionnement sur la base des RES. Si la France, par exemple, est focalisée sur la gestion des pointes de consommation en période hivernale, c'est en Allemagne que l'équilibre entre production et consommation doit être maintenu. Ce manque de coordination transfrontalière est associé à des distorsions du marché (surcapacité de production d'électricité, effondrement des prix de l'électricité, écarts de prix importants d'un pays à l'autre, etc.), avec des conséquences négatives pour les investissements et les échanges transfrontaliers d'énergie. En outre, les trois pays ont des priorités différentes dans l'utilisation des RES, bien que les conditions naturelles (le potentiel de ressources)

soient similaires. La France, par exemple, exploite la géothermie, contrairement à l'Allemagne et à la Suisse où cette technique n'est pas socialement acceptée malgré un potentiel existant. L'Allemagne, par exemple, exploite l'énergie éolienne dans la Forêt-Noire – contrairement à la Suisse et à la France qui mobilisent peu cette source d'énergie. La Suisse et la France utilisent principalement des déchets biogènes pour la production de biogaz, tandis que l'Allemagne utilise des matières premières renouvelables. Dans la région du Rhin Supérieur, les diversités ne concernent pas seulement l'exploitation différenciée du potentiel de RES, mais aussi des conditions cadres politiques, législatives et culturelles hétérogènes.

L'Europe est confrontée à deux défis majeurs en termes de sécurité d'approvisionnement énergétique: la sécurité et la fiabilité d'approvisionnement à court terme en électricité; et la sécurité d'approvisionnement à long terme, qui nécessite des investissements pour atteindre dans l'avenir un équilibre entre l'offre et la demande. Dans la proposition législative "Une énergie propre pour tous les Européens", la Commission Européenne souligne en particulier le potentiel des zones de marché régionales. Selon le Winter Package, ces zones de marché doivent faire appel à des solutions régionales dotées de mécanismes et de capacité viables pour garantir la sécurité d'approvisionnement, l'efficacité énergétique et la viabilité économique dans le contexte de la production décentralisée d'électricité à partir des énergies renouvelables. La Commission Européenne souligne que la sécurité d'approvisionnement d'un réseau intra-européen entièrement interconnecté et synchronisé, en particulier dans les régions frontalières, peut être rendue plus efficace et compétitive qu'au niveau purement national ou par rapport au modèle actuel du marché européen de l'énergie. La Commission demande donc une évaluation de l'adéquation fondée sur une méthodologie commune afin d'obtenir une image réaliste des besoins potentiels de production, en tenant compte de l'intégration des marchés et des flux d'électricité provenant d'autres pays.

En effet, d'importants gains peuvent être réalisés en maximisant les flux d'énergie dans les régions frontalières (Ringler et al., 2017), et l'optimisation de l'utilisation des sources d'énergie renouvelables locales joue un rôle important dans le développement des systèmes énergétiques régionaux basés sur les RES. De plus, l'utilisation de technologies de stockage et des réseaux énergétiques intelligents pourrait potentiellement assurer un flux d'énergie constant à des proportions élevées en RES (Klevas et al., 2014). Toutefois, les marchés de l'énergie en Europe restent largement confinés aux frontières nationales et les pays continuent de s'appuyer sur des mécanismes nationaux de capacité plutôt que sur le commerce transfrontalier pour assurer la sécurité de l'approvisionnement à l'intérieur de leurs frontières. Cette configuration peut conduire à une utilisation inefficace des ressources et du potentiel que les régions pourraient mobiliser au-delà des frontières nationales. Dans le souci de parvenir à une sécurité d'approvisionnement fondée sur les RES, les pays de la RMT doivent optimiser leurs systèmes énergétiques en utilisant des capacités complémentaires de production, de demande et de stockage.

Selon le programme opérationnel d'INTERREG V Rhin Supérieur (axe prioritaire B), la réduction de la pollution de l'environnement dans le cadre du développement économique et urbanistique du Rhin Supérieur revêt une importance capitale pour le développement durable de la région couverte par le programme. Dans le cadre de l'Objectif Spécifique 6, la réduction des émissions de polluants atmosphériques et de gaz à effet de serre vise à mobiliser des potentiels complémentaires pour réduire la consommation d'énergie et pour produire et utiliser des énergies renouvelables dans tous les secteurs de l'économie du Rhin Supérieur. Dans le cadre de ce projet, des concepts régionaux et des outils de mise en œuvre seront élaborés en collaboration avec d'importants acteurs du secteur, institutionnels et associatifs d'Allemagne, de France et de Suisse, afin de mobiliser des potentiels complémentaires pour la production, le stockage et l'utilisation des énergies renouvelables et de contribuer ainsi à une part importante des énergies renouvelables.

Objectifs du projet

L'objectif global du projet est d'examiner les potentiels et les synergies résultant de la complémentarité des capacités de production, de demande et de stockage dans la RMT sur plusieurs dimensions afin de développer des concepts et des instruments innovants permettant d'utiliser plus efficacement ces potentiels transfrontaliers régionaux. Les conditions cadres juridiques, politiques et socioculturelles ainsi que la faisabilité économique d'un marché de l'énergie intégré et basé sur les RES dans la RMT sont examinées. Sur la base de ces analyses, une feuille de route sera élaborée avec des concepts, des scénarios, des outils et des recommandations à l'intention des décideurs pour une utilisation optimale des potentiels complémentaires et une intégration transfrontalière des RES dans la RMT, en collaboration avec des partenaires et les principaux groupes d'intérêts institutionnels, économiques et scientifiques (acteurs du secteur de l'énergie) de la région du Rhin Supérieur. La feuille de route vise à identifier et à lever les obstacles frontaliers à l'augmentation de la part des RES dans le mix énergétique, à utiliser au mieux les potentiels complémentaires de production, de demande et de stockage des RES et à générer ainsi des effets de synergie. Cela contribuerait à la fois à réduire les émissions de polluants atmosphériques et de gaz à effet de serre dans la zone couverte par le programme et à assurer la sécurité de l'approvisionnement en dépit des changements majeurs intervenus dans les systèmes énergétiques de la RMT.

Le projet peut être divisé en cinq composantes complémentaires :

1. l'analyse des potentiels de production d'énergie renouvelable et de stockage géologique, en tenant compte des différentes technologies disponibles dans la RMT, à l'aide de données statistiques, de cartes, de télédétection et de modélisation GIS.
2. la modélisation d'une zone transnationale de commerce de l'électricité dans la RMT sur la base d'un modèle de marché de l'électricité existant et l'élaboration de scénarios pour une infrastructure de production d'électricité et de réseau basée sur les RES optimisées dans la RMT.
3. l'analyse du cadre socioculturel, économique et réglementaire et des structures d'incitation économique qui permettraient à la RMT de fonctionner comme une région RES en réseau transnational.
4. l'intégration des points de vue des principaux acteurs du secteur de l'énergie dans les scénarios basés sur des modèles pour la conception d'un marché intégré de l'énergie de la RMT. En outre, une étude d'acceptation des solutions développées sera réalisée avec la participation des acteurs clés de la scène énergétique.
5. l'analyse de modèles et de technologies dans un laboratoire réel, en tenant compte de la sécurité des données dans les réseaux électriques intelligents et le développement de solutions de cybersécurité.

Le projet vise également à saisir les différences socioculturelles dans l'acceptation et la perception, à échanger des expériences positives et à renforcer les objectifs communs.

Tous les résultats seront intégrés dans une « Feuille de route pour un marché intégré de l'énergie RES pour la RMT », qui contiendra des concepts, des scénarios, des outils et des recommandations pour une utilisation transfrontalière optimale des potentiels complémentaires, sur la base de structures de réseau transnational optimisées. La feuille de route aidera les décideurs politiques à mettre en œuvre la transformation du système énergétique dans la zone du programme.

Mise en œuvre opérationnelle du projet

Type d'action 1: Coordination et relations publiques

Action 1.1: Coordination

Une contribution décisive et continue au projet consiste en la coordination du projet. La coordination assure la réalisation des objectifs du projet, le respect des délais et de la planification budgétaire, ainsi que l'organisation administrative, financière et logistique du projet selon les règles du programme Interreg V Rhin Supérieur. Enfin, la coordination est responsable de la préparation des demandes de paiement pour le remboursement du cofinancement FEDER et de l'organisation des réunions de projet au sein du consortium. Dans le cadre de cette action, la diffusion avec les partenaires au cours du projet et la documentation bilingue des résultats seront coordonnées. Une coordination minutieuse des projets et une gestion efficace de la qualité sont assurées par la mise en œuvre de plusieurs mesures.

Partenaire responsable: Université de Freiburg, Centre pour les énergies renouvelables (ZEE)

Partenaires participants: Tous

Début : 01.02.2019

Fin : 31.01.2022

Actions prévues et livrables internes correspondants sont les suivants :

- Création d'un plan de gestion des données
- Création d'un plan de travail détaillé incluant un plan d'étape
- Contrôle de la qualité de l'avancement du projet par la mise en place de réunions régulières de projet à Freiburg : 3 réunions par an, dont 1 réunion de lancement (soit un total de 9 réunions de travail)
- Suivi des résultats, contrôle qualité, respect des objectifs, du budget et des délais.

Action 1.2: Relations publiques

Partenaire responsable: Université de Freiburg (ZEE)

Partenaires participants: Tous

Début : 01.02.2019

Fin : 31.01.2022

Une contribution importante au projet est la diffusion de l'information et des résultats par le biais des relations publiques. Il s'agit notamment de la création d'un site web, d'un flyer du projet et d'un court métrage, de la publication de newsletters sur l'avancement du projet, ainsi que de l'organisation d'événements (événements d'ouverture et de clôture publiques). Le site web informe sur l'état d'avancement et les résultats actuels du projet et permet l'échange et la visualisation des données collectées. En outre, le site web peut être utilisé comme plateforme de communication centrale pour présenter les partenaires du projet. Il nous semble particulièrement important de diffuser les résultats à la société par le biais des médias appropriés (par exemple, des articles de presse).

Les connaissances et les informations sur le travail du projet seront diffusées à la fois lors des événements prévus (lancement et clôture, ateliers) et par le biais du site web du projet et des publications prévues (newsletter, articles de presse, brochure du projet et court métrage). Dans tous les cas, la mise en réseau sera activée et des liens entre les partenaires du projet et les acteurs du groupe cible seront rendus possibles. Enfin, les ateliers avec les acteurs clés de la scène énergétique prévus au sein de l'action 4 devraient intégrer les perspectives du groupe cible et leurs différents types

de connaissances dans les résultats du projet. Ainsi, le projet peut générer un "résultat" appropriable et utilisable par les partenaires auquel ils auront contribué.

Lors de l'événement de clôture public, les résultats du projet seront présentés, donnant aux décideurs une vue d'ensemble complète de la feuille de route qui a été élaborée avec les partenaires. Ils seront ainsi sensibilisés aux nouvelles possibilités d'accélérer la transition vers un système énergétique décarboné.

Les livrables escomptés sont les suivants :

- **Événement d'ouverture publique - 80 participants** (Communication - Participants à un événement d'information généraliste)
- **Événement de clôture public - 120 participants** (Communication - Participants à un événement d'information généraliste)
- **4 articles sur le début et la fin du projet dans la presse locale** (Communication - Articles parus dans la presse et les médias généralistes avec mention du programme, du FEDER et/ou de l'Union européenne)
- **Présence sur Internet : Création d'un site web du projet - au moins 2000 visites** sur le site web (Communication - Connexions à un produit en ligne)
- **Présence sur Internet : création d'un flyer du projet** (Communication - Supports d'information différents conçus)
- **Présence sur Internet : création d'un flyer du projet**, disponible sur le site web - 300 téléchargements du flyer (Communication – Téléchargements)
- **Publication de newsletters - 8 newsletters publiés**, 1 par trimestre à partir de la deuxième année du projet (Communication - Supports d'information différents conçus)
- **Publication de newsletters - 80 inscriptions** (Communication - Inscriptions en ligne / d'abonnements / de followers)
- **Publication de newsletters - 240 visites** (Communication - Connexions à un produit en ligne)
- **Réalisation d'un court métrage avec présentation des résultats du projet**, disponible sur le site (Communication - Supports d'information différents conçus)
- **Réalisation d'un court métrage avec présentation des résultats du projet**, disponible sur le site - **100 visites** (Communication - Connexions à un produit en ligne).

Action 1.3: Reproduction et diffusion des résultats du projet

Partenaire responsable: Université de Freiburg (ZEE)

Partenaires participants: Tous

Début : 01.10.2019

Fin : 31.01.2022

L'Université de Freiburg (ZEE) coordonnera la préparation de la « Feuille de route pour un marché intégré de l'énergie basé sur des RES dans le Rhin Supérieur » ainsi que la préparation d'un résumé à l'intention des décideurs politiques. Les deux documents seront mis à la disposition du grand public sur le site web du projet et contiendront les concepts, scénarios, outils et recommandations élaborés avec les acteurs du secteur énergétique de l'Action 4.1 pour une utilisation optimale des potentiels complémentaires et une intégration transfrontalière des RES dans le Rhin Supérieur. La feuille de route et le résumé à l'intention des décideurs politiques seront achevés et publiés en janvier 2022.

Les livrables escomptés sont les suivants :

- Feuille de route et résumé à l'intention des décideurs politiques: OS 6 - Nouveaux concepts, outils et installations favorisant la diminution de l'impact environnemental dans le cadre du développement de l'économie et de l'urbanisme dans le Rhin Supérieur (2) ;
- Feuille de route et résumé à l'intention des décideurs politiques: supports d'information différents conçus (2);
- Feuille de route et résumé à l'intention des décideurs politiques: nombre d'exemplaires distribués d'un support d'information (50 téléchargements chacun).

Type d'action 2: Analyse des potentiels de production et de stockage des énergies renouvelables dans la RMT

Action 2.1: Analyse des potentiels de production d'énergies renouvelables dans la RMT

Partenaire responsable: Université de Freiburg, Chaire de télédétection et de systèmes d'information paysagère (FeLis)

Partenaires participants: Université de Freiburg, Chaire de sédimentologie et de recherche quaternaire, Badenova, TransnetBW, Unistra-LIVE - Laboratoire Image, Ville, Environnement, CNRS-LIVE

Début : 01.02.2019

Fin : 31.01.2022

La description des potentiels de production des énergies renouvelables s'effectue sur la base des conditions cadres naturelles. Sur cette base, les potentiels réels sont présentés en tenant compte des contraintes techniques, économiques et réglementaires. Les données topographiques, les données paysagères, les données d'utilisation, les données de surface, les données météorologiques et les données géologiques sont compilées pour l'étude potentielle. Les zones qui ne conviennent pas comme sites de production en raison d'exigences réglementaires ou naturelles sont éliminées par filtration. Sur cette base, une évaluation du potentiel est réalisée. Nous utilisons des ensembles de données et des données de télédétection disponibles gratuitement, ainsi que des ensembles de données qui nous sont fournis par les partenaires du projet et les autorités (par exemple, l'Agence Spatiale Européenne ESA, Copernicus, Sentinel, l'Agence fédérale de l'environnement et l'Office d'État pour l'information géographique et l'aménagement du territoire (LGL) Baden-Württemberg en Allemagne).

Les résultats des projets Plan-EE et Oui-Biomasse ainsi que les résultats des autres études seront aussi utilisés. Dans le cadre du projet Oui-Biomasse, une feuille de route pour l'utilisation durable de la biomasse dans la RMT a été élaborée pour servir de plan d'action et d'orientation stratégique pour la mise en œuvre de projets de biomasse durable. Une base de données sur les potentiels régionaux de biomasse a également été développée, ainsi qu'une base de données technico-économiques sur les technologies prometteuses de conversion de la biomasse adaptées à la RMT et une stratégie d'orientation politique (scénario „best case“). Plan-EE a fourni un outil de planification online basé sur GIS pour une utilisation optimale des RES dans la RMT, basé sur deux régions modèles (Strasbourg et Palatinat du Sud).

Ces résultats seront utilisés et étendus en incluant les analyses existantes sur l'utilisation de la biomasse et l'expansion des énergies renouvelables dans l'étude potentielle et, sur cette base, en évaluant et en cartographiant les potentiels de production et de stockage pour toutes les technologies RES appropriées pour toute la région du Rhin Supérieur.

Les livrables escomptés sont les suivants :

- Rapport: Enregistrement des potentiels RES, séparés en fonction des potentiels précédemment utilisés et non utilisés. Le rapport contient une représentation spatiale et une classification des potentiels en fonction des différentes ressources RES - cartes des potentiels d'énergies renouvelables utilisées et inutilisées.
- Rapport: Présentation des distances de raccordement des potentiels RES inutilisés jusqu'à présent aux réseaux de distribution et de transport existants ou aux points de raccordement au réseau. Le rapport contient une représentation spatiale des réseaux et de leur distance par rapport aux sites potentiels de production (cartes et description liées au déploiement du réseau existant). Les spécifications techniques, économiques et de distance sont prises en compte.
- Rapport: Élaboration de scénarios sur la base d'études de cas. Une représentation spatiale des résultats sous la forme d'un rapport, y compris des cartes et des tableaux, est fournie. Sur la base de l'étude de cas, les performances possibles, l'extension nécessaire du réseau au nœud de distribution suivant et les impacts environnementaux sont évalués.

Action 2.2: Analyse du stockage géologique des énergies renouvelables

Partenaire responsable: Université de Freiburg, Chaire de sédimentologie et de recherche quaternaire

Partenaires participants: Université de Freiburg (FeLis), Unistra-LIVE, CNRS-LIVE, Badenova.

Début : 01.02.2019

Fin : 31.01.2022

Pour les futurs systèmes énergétiques basés sur des énergies renouvelables (RES), le stockage intermédiaire de l'énergie constitue une part importante de la sécurité d'approvisionnement. Pour pouvoir garantir cela, des systèmes de stockage de l'énergie à court et à long terme et saisonniers, sont nécessaires. Ces systèmes de stockage d'énergie à long terme comprennent les centrales électriques au gaz, dans lesquelles l'énergie excédentaire est utilisée pour l'électrolyse de l'eau afin de produire de l'hydrogène, et les centrales électriques à accumulation d'air comprimé. L'objectif de cette action est d'analyser le potentiel de stockage intermédiaire de l'énergie sous forme de gaz dans le sous-sol géologique de la RMT. Malgré les pertes d'énergie dues aux processus de conversion, le stockage de l'énergie dans les milieux géologiques jouera un rôle central pour les futurs systèmes énergétiques en raison de l'important potentiel de stockage. Le potentiel de stockage dépend fortement de la géologie régionale, car des roches appropriées doivent être disponibles. Dans le cadre de cette action, le potentiel de stockage géologique de la RMT fera l'objet d'une étude approfondie pour la première fois. Il s'agit notamment d'analyser la séquence sédimentaire du Fossé rhénan supérieur, en particulier les couches évaporitiques, du point de vue du lieu de stockage, de la taille et de la sécurité. Les anciennes mines de sel près de Mulhouse et de Buggingen, où se trouvent des cavernes souterraines qui pourraient être utilisées pour le stockage de l'énergie, revêtent une importance particulière. De plus, l'analyse du potentiel de stockage d'énergie des anciennes installations minières par la RMT fait partie de cette mesure. L'objectif est de déterminer dans quelle mesure ces cavités peuvent être utilisées pour le stockage et si leur utilisation en tant que stockage d'énergie entre en collision avec d'autres types d'utilisation. Pour l'analyse du stockage géologique de l'énergie, le lien avec la production régionale d'énergie régénérative est important.

En ce qui concerne le stockage géologique de l'énergie dans la RMT, les aspects suivants sont étudiés : i) A quelles profondeurs se trouvent les roches appropriées pour le stockage de l'énergie ? ii) Quelles mines anciennes peuvent être utilisées comme installations de stockage d'énergie ? iii) Dans quelle mesure, compte tenu des conditions géologiques, le stockage de l'énergie pourrait-il avoir lieu dans la

RMT et dans quels ordres de grandeur ? iv) Quel est le meilleur potentiel de couplage entre le stockage de l'énergie et la production d'énergie renouvelable?

Les livrables escomptés sont les suivants :

- Classification et cartographie des différentes roches sédimentaires de la RMT comme stockage d'énergie, en termes de propriétés de stockage, de localisation et de facteurs géologiques. La carte tridimensionnelle qui en résulte montre les possibilités d'utilisation des roches sédimentaires de la RMT pour différents types de stockage d'énergie. Evaluation des emplacements de stockage en fonction de leur adéquation.
- Classification et cartographie des anciennes mines de la RMT en fonction de leurs propriétés de stockage d'énergie (localisation et facteurs géologiques). La carte tridimensionnelle qui en résulte montre les possibilités d'utilisation des anciennes installations minières de la RMT pour différents types de stockage d'énergie. La proximité des sources d'énergie renouvelables est également indiquée.
- Aperçu du potentiel total du stockage géologique de l'énergie dans la RMT et de son rôle pour la sécurité d'approvisionnement des futurs systèmes énergétiques: Vue d'ensemble détaillée des différentes possibilités de stockage géologique de l'énergie dans la RMT, de leur utilité et de leur intégration potentielle dans la sécurité d'approvisionnement des systèmes d'énergie renouvelable.

Type d'action 3: Modélisation et élaboration de scénarios pour les marchés de l'électricité et de capacité

Une zone transnationale de commerce de l'électricité dans la région du Rhin Supérieur sera modélisée et analysée à l'aide de divers scénarios. L'objectif est d'utiliser au mieux les technologies de production et de stockage d'électricité tout en exploitant les potentiels locaux. Les limites de la zone de marché à attribuer à la RMT doivent être déterminées sur la base des lignes de réseau encombrées dans les zones de marché/pays existants.

Partenaire responsable: Institut de technologie de Karlsruhe, Institut Franco-Allemand de Recherche sur l'Environnement (KIT-DFIU)

Partenaires participants: Université de Haute-Alsace, Institut de Recherche en Informatique, Mathématiques, Automatique et Signal (UHA-IRIMAS), Université de Freiburg (ZEE), Unistra-LIVE et CNRS-LIVE, TransnetBW, Badenova

Début : 01.02.2019

Fin : 31.01.2022

Action 3.1: Définition de la RMT et élaboration de scénarios

Partenaire responsable: KIT-DFIU

Partenaires participants: UHA-IRIMAS, Université de Freiburg (ZEE), Unistra-LIVE et CNRS-LIVE, TransnetBW, Badenova.

Début : 01.02.2019

Fin : 31.01.2022

Les données pour la modélisation du marché de l'électricité (demande d'électricité, capacités des lignes, etc.) seront déterminées et traitées. Les limites de la RMT seront définies dans les limites des lignes électriques, là où il peut y avoir des goulets d'étranglement dans le transport d'électricité. L'analyse du potentiel des énergies renouvelables réalisée dans le cadre de l'action 2.1 sert de base à

l'expansion éventuelle des énergies renouvelables dans le modèle du marché de l'électricité. Les potentiels des différentes technologies d'énergie renouvelable doivent être liés à des profils d'alimentation régionaux afin de pouvoir quantifier la quantité d'électricité qui peut être produite par unité de temps. En outre, il convient d'élaborer des scénarios qui incluent les éléments significatifs des politiques énergétiques, telles que des objectifs de réduction des émissions (élimination progressive du charbon, expansion des interconnexions pour accroître les échanges d'électricité à faibles émissions). En particulier, le développement des interconnexions (lignes électriques transfrontalières) doit être renforcé afin de permettre les échanges transfrontaliers régionaux d'électricité. D'autres réglementations, telles que la diminution de l'apport en énergie nucléaire en France (50% d'ici 2035), en Allemagne et en Suisse, doivent également être prises en compte dans l'élaboration des scénarios.

Afin d'analyser les effets d'une éventuelle zone de marché de l'électricité de la RMT, deux scénarios d'expansion des interconnexions (capacités transnationales de transport d'électricité) sont d'abord élaborés. Le premier scénario tiendra compte des valeurs d'expansion actuelles du plan décennal de développement du réseau (PNDT). Ce plan prévoit une expansion plus modérée des interconnexions, notamment entre l'Allemagne et la France. Une expansion plus ambitieuse sera donc supposée dans un deuxième scénario. Cela pourrait accroître l'exploitation des ressources de la région.

Dans un troisième scénario, nous étudierons la suppression progressive de diverses technologies conventionnelles (par exemple, la suppression progressive en l'Allemagne et la réduction de l'énergie nucléaire en France et en Suisse d'ici 2035).

Action 3.2: Modélisation des marchés de l'électricité dans la RMT et les régions environnantes

Partenaire responsable: KIT-DFIU

Partenaires participants: UHA-IRIMAS, Université de Freiburg (ZEE), Unistra-LIVE et CNRS-LIVE, TransnetBW, Badenova.

Début : 01.02.2019

Fin : 31.01.2022

Cette action s'appuie sur le projet de recherche DESK et AVerS pour l'analyse de la sécurité d'approvisionnement. Un modèle de marché de l'électricité existant doit être étendu par ce que l'on appelle le "market splitting", de sorte qu'une zone de marché transnationale distincte soit créée pour la région RMT. Les objectifs liés aux taux de RES et aux réductions de CO2 seront définis. A l'aide de la modélisation, nous analyserons les coûts supplémentaires que ces objectifs régionaux engendreront en plus des objectifs nationaux. En outre, il convient d'analyser quel taux d'autosuffisance peut être atteint si les objectifs de construction en matière d'énergies renouvelables sont atteints et si des ressources supplémentaires sont utilisées de manière optimale.

Sur la base de la modélisation et des scénarios de l'action 3.1, une analyse de la RMT en tant que zone de marché indépendante sera réalisée, c'est-à-dire une zone délimitée dans l'espace qui doit être équilibrée autant que possible par l'utilisation intelligente des RES et le contrôle de la consommation énergétique, afin que l'échange d'électricité avec les zones voisines puisse être minimisé sans perdre en rentabilité.

Action 3.3: Modélisation des marchés/systèmes locaux au niveau du réseau de distribution

Partenaire responsable: UHA-IRIMAS

Partenaires participants: KIT-DFIU, ENEDIS, TransnetBW, Badenova

Début : 01.02.2019

Fin : 31.01.2022

La surcharge des réseaux de distribution par la production inflexible à partir des RES augmente et conduit finalement à une réduction de la production afin d'éviter les pannes de réseau. Actuellement, les réseaux de distribution se terminent aux frontières nationales et sont rarement raccordés pour utiliser l'électricité excédentaire ou mieux faire face à la congestion. La connexion des réseaux de distribution, même au-delà des frontières, pourrait permettre de transporter l'électricité excédentaire produite dans le réseau de distribution/zone du réseau vers les zones voisines. Dans un modèle de simulation de réseaux de distribution sélectionnés le long de la vallée du Rhin Supérieur, la connexion de ces réseaux sera analysée. En outre, il sera prouvé que si le photovoltaïque, la biomasse et d'autres énergies renouvelables peuvent être mieux exploités pour servir les marchés locaux qui vont même au-delà des frontières de la RMT.

Action 3.4: Modélisation transfrontalière (comportement technique et économique sur le réseau basse tension)

Partenaire responsable: UHA-IRIMAS

Partenaires participants: KIT-DFIU, TransnetBW, Badenova

Début : 01.02.2019

Fin : 31.01.2022

La modélisation sera réalisée sur le simulateur en temps-réel Opal-RT. Cette mesure débouchera sur un modèle d'échange d'électricité transfrontalier à multiples facettes qui couvre différents aspects de la production et du comportement de consommation en adaptant les modèles existants aux données spécifiques de la RMT. Les scénarios issus des mesures de l'action 3.1 ainsi que le modèle du marché de l'électricité de l'action 3.2 seront utilisés comme entrées. Les données doivent être interprétées et analysées pour donner une meilleure représentation universelle. Cela aidera à comprendre l'interaction entre la production et la consommation. Les informations obtenues caractériseront l'influence des RES et du stockage sur le réseau électrique.

Action 3.5: Développement d'un outil d'aide à la décision

Partenaire responsable: CNRS, LIVE - Laboratoire Image, Ville, Environnement

Partenaires participants: UNISTRA-LIVE, KIT-DFIU, UHA-IRIMAS

Début : 01.02.2019

Fin : 31.01.2022

La mesure vise à développer, et à appliquer sur la base des données collectées dans les autres actions (2.1, 2.2), un modèle qui permette à un décideur de choisir parmi un ensemble de stratégies énergétiques celles qui atteindront des objectifs fixés en termes de réduction des consommations d'énergie, d'augmentation de la part des énergies renouvelables dans la consommation d'énergie finale, de réduction des émissions de polluants (gaz à effet de serre et autres polluants nocifs), et ce pour un enveloppe budgétaire donnée. Le concept basé sur de la modélisation intégrée dépassera l'optimisation unique car un ensemble d'indicateurs auquel pourrait se référer un décideur sera proposé pour indiquer un ensemble de possibilités. Ce concept a été mis en application dans plusieurs projets précédents (Projet Life+ OPERA ; FP7 APPRAISAL ; Thèse de Jessie Madrazo, EPFL/LIVE 2018) principalement pour optimiser le coût-efficacité des stratégies de réduction de la pollution de l'air. Il s'agit ici de coupler les questions énergétiques et de pollution. L'application du modèle sur la région du Rhin Supérieur s'appuiera sur une analyse top-down combinée des potentiels de production et de stockage des énergies renouvelables, de la demande en énergie (pas uniquement en termes d'électricité mais aussi en termes de chaleur), et des comportements des usagers et des décideurs qui seront décrits dans les autres actions.

Les livrables escomptés des mesures 3.1 à 3.5 sont les suivants :

- Une description géographique de la zone de marché du Rhin Supérieur (3.1)
- Deux scénarios d'expansion des capacités transnationales de transport d'électricité (3.1)
- Un scénario de desuppression progressive de diverses technologies conventionnelles (3.1)
- Un rapport sur l'efficacité d'une zone de marché de la RMT (3.2)
- Modèle des marchés de l'électricité dans la RMT et les régions environnantes (3.2)
- Formulation des objectifs d'augmentation de la part des RES et de réduction des émissions de gazs nocifs ou à effets de serre dans la zone de marché décrite (3.2)
- Formulation du taux d'autosuffisance atteignable (3.2)
- Rapport: Modélisation des marchés/systèmes locaux au niveau du réseau de distribution (3.3)
- Rapport sur les possibilités d'interconnexion transfrontalière dans le réseau basse tension (3.4)
- Rapport sur l'outil d'aide à la décision et son application (études de cas) pour la mise en place de stratégies énergétiques (3.5)
- Outil (Software) d'aide aux décisions (OAD) relatives aux stratégies énergétiques (3.5).

Chaque concept décrit ci-dessus sera décrit dans un court rapport de 3 à 5 pages et difusé sous forme électronique (sur le site web) ou papier. Les résultats de chacun des modèles et de l'outil d'aide à la décision seront résumés dans un rapport supplémentaire de 5 à 10 pages et difusé sous forme électronique (sur le site web) ou papier. Par exemple, les résultats du modèle de marché de l'électricité comprennent, entre autres, le développement des capacités pour les énergies renouvelables et les technologies de stockage, le mix électrique dans la RMT, la réduction des émissions de CO2 par rapport à 1990 et l'évolution des prix de l'électricité dans les différents scénarios, notamment jusqu'en 2035, mais aussi les corridors à long terme jusqu'en 2050.

Type d'action 4: Analyse des conditions socioculturelles et intégration des points de vue des acteurs

Le développement d'un marché régional et transfrontalier des énergies renouvelables dans le Rhin Supérieur suppose d'intégrer la diversité des contextes socioculturels, à partir de deux échelles : 1) les possibilités et conditions pour des acteurs clés (fournisseurs d'énergie, opérateurs de réseaux, associations, décideurs) de travailler ensemble au-delà des cadres nationaux ; 2) l'acceptabilité des innovations sociales impliquant les citoyens à la production locale des énergies renouvelables. Les actions envisagées serviront, d'une part, à étudier les conditions socioculturelles de développement d'un marché des énergies renouvelables dans la région du Rhin Supérieur sur la base des deux échelles mentionnées, et d'autre part, à déployer un processus dans lequel les acteurs de la scène énergétique participent au développement de concepts, scénarios, outils et recommandations pour une utilisation optimale des potentiels complémentaires et une intégration transfrontalière des RES dans la région du Rhin Supérieur.

Partenaire responsable du groupe d'activité: Unistra, SAGE - Laboratoire Sociétés, Acteurs et Gouvernement en Europe

Partenaires participants: Université de Freiburg (ZEE ; Département de politique économique et de théorie de la régulation publique - Social Contract Laboratory (SoCoLab)), Université de Haute-Alsace, Institut de Recherche en Informatique, Mathématiques, Automatique et Signal (UHA-IRIMAS), Université de Bâle, Centre de recherche pour la religion, l'économie et la politique (ZRWP), Université de Bâle, Centre de recherche en énergie, société et changement (CREST), Eurométropole de

Strasbourg, Pôle d'équilibre territorial et rural de Sélestat, Pôle d'équilibre territorial et rural de Saverne, coopérative „Zusamme Solar Colmar“, Badenova, Transnet-BW

Début : 01.02.2019

Fin : 31.01.2022

Action 4.1: Organisation d'ateliers avec des acteurs clés de la scène énergétique (collectivités, opérateurs, associations)

01.02.2019 – 30.11.2021

Unistra-SAGE et l'Université de Freiburg (ZEE) organiseront une série de 6 ateliers transfrontaliers avec des acteurs clés de la scène énergétique. Ces ateliers permettront aux acteurs de discuter des défis ainsi que des solutions communes pour faciliter le développement d'un marché intégré des énergies renouvelables, une mise en réseau ainsi qu'une meilleure collaboration pour des projets locaux, régionaux et transfrontaliers au sein du Rhin Supérieur. Les connaissances et les perspectives des principaux acteurs du secteur de l'énergie (ou leurs besoins) seront inclus dans l'élaboration des solutions (concepts, outils, recommandations) et finalement intégrés dans des scénarios et la feuille de route pour la conception d'un marché des énergies renouvelables dans la région trinationale du Rhin-Supérieur.

L'organisation du dernier atelier (novembre 2021) avec les partenaires clés de la scène énergétique: L'objectif est de réunir 40 personnes lors de cette journée. Au cours de cet atelier, les scénarios sur les capacités de développement d'un marché régional de l'électricité verte dans la région du Rhin-Supérieur (scénarios élaborés au sein de l'action 3) seront présentés et les défis, potentiels et solutions communes seront discutés dans plusieurs groupes de travail. Les scénarios complétés par les contributions des partenaires sont intégrés dans une première version de la « Feuille de route pour un marché intégré des énergies renouvelables dans la RMT », avec des concepts, scénarios, outils et recommandations pour une utilisation optimale des potentiels complémentaires et une intégration transfrontalière des RES dans la région du Rhin Supérieur. La première version de la feuille de route est ensuite partagée avec les partenaires, qui ont la possibilité de faire part de leurs commentaires et de leurs nouvelles contributions. L'Université de Freiburg (ZEE) coordonne ce processus ainsi que la production du résultat final (la feuille de route et le résumé pour les décideurs politiques).

Les livrables escomptés sont les suivants :

- **6 ateliers** avec les partenaires et les acteurs clés de la scène énergétique de la RMT (OS 6 - Nouveaux supports d'information et de mesures de sensibilisation mis en place) : 1 en 2019, 2 en 2020 et 3 en 2021.
- **15 participants par atelier** pour les 5 premiers ateliers ; 75 au total (Communication - Participants à un événement d'information spécialisée).
- **40 participants pour le dernier atelier** (Communication - Participants à un événement d'information spécialisée).

Action 4.2: Conduite de 30 entretiens (préliminaires puis approfondis) auprès d'acteurs clés de la scène énergétique dans la région du Rhin Supérieur

01.02.2019 – 31.12.2021

Unistra-SAGE, l'Université de Freiburg (Social Contract Laboratory (SoCoLab) au Département de politique économique et de théorie de la régulation publique) et UHA-IRIMAS conduiront des entretiens (10 pour chaque pays, 30 au total) auprès d'acteurs clés régionaux afin d'identifier les défis et les solutions communes au développement d'un marché intégré des RES et d'un potentiel de coopération transfrontalière dans le secteur énergétique. Les premiers entretiens exploratoires (4 par

pays) serviront à l'organisation du premier atelier. La deuxième phase (environ 6 entretiens par pays, 18 au total) se focalisera sur des cas concrets définis en coopération avec nos partenaires.

Côté allemand, des collaborations avec les opérateurs Badenova et TransnetBW sont envisagées. En Alsace, un partenariat est conclu avec le Pôle d'Équilibre Territorial et Rural de Sélestat. En effet le PETR de Sélestat développe déjà une coopération transfrontalière avec le district d'Emmendingen pour discuter des possibilités de coopération et de mise en réseau dans le cadre de projets énergétiques communs. L'analyse lexicométrique des entretiens est réalisée à l'aide de logiciels (MaxQDA et Iramuteq). Enfin, les résultats seront ensuite comparés entre les trois régions et pour chaque groupe d'acteurs (décideurs, entreprises, experts) une typologie des représentations d'un marché commun de l'énergie, des stratégies de coopération et de prospective (les obstacles et potentiels complémentaires à leur solution) sera proposée. Les entretiens révéleront également les besoins des différents partenaires, les principaux obstacles au développement des RES, les défis liés à l'existence de trois marchés nationaux de l'électricité, les potentiels complémentaires qui existent dans la région et les mécanismes qui permettraient l'exploitation de ces potentiels.

Le livrable escompté est:

- Un Working Paper: Défis et solutions pour un marché intégré de l'énergie RES dans la région du Rhin supérieur.

Action 4.3: L'acceptabilité sociale et la participation des habitants à des projets énergétiques territoriaux concrets dans le Rhin Supérieur

01.02.2019 – 31.12.2021

Un cas régional et une dimension transfrontalière (coopérative énergétique franco-allemande) permettront d'examiner l'acceptabilité des innovations qui cherchent à associer les habitants à l'objectif d'un marché régional transfrontalier dans le Rhin Supérieur. La comparaison entre un cas régional et un projet transfrontalier permettra d'analyser les aspects socioculturels quant au potentiel de développement de projets énergétiques au niveau du Rhin Supérieur.

- Un partenariat avec la coopérative énergétique franco-allemande « Zusammen Solar Colmar » permettra une analyse comparative (France/Allemagne) de la participation citoyenne. L'étude conduite par SAGE comptera 15 entretiens.

- Une collaboration avec le Pôle d'Équilibre Territorial et Rural de Saverne permettra à SAGE d'étudier l'essor de centrales villageoises (10 entretiens avec des habitants).

L'analyse des entretiens aidera à comprendre les obstacles et les leviers qui conditionnent la participation des habitants aux projets de coopération et plus généralement, à la production locale d'énergies renouvelables, et de comparer un projet régional avec un projet à dimension purement transfrontalière. Le partenariat avec la coopérative franco-allemande "Zusammen Solar Colmar" (deux associations "Energies partagées en Alsace" et "FESA GmbH" ont développé un projet énergétique transfrontalier et citoyen) permettra une analyse comparative de la participation des habitants en Allemagne et en France. La perspective comparative examinera également l'acceptation sociale des mécanismes participatifs au regard des cadres nationaux qui autorisent différents degrés de décentralisation.

Action 4.4: Valorisation scientifique et sociétale élargie du projet, de sa valeur exemplaire et de ses résultats

01.09.2019 – 31.01.2022

Les laboratoires SAGE, l'Université de Freiburg et UHA-IRIMAS en collaboration avec les autres partenaires contribueront à la valorisation des résultats sur les potentiels et les défis de la coopération

transfrontalière en matière de développement d'un marché régional des énergies renouvelables. Un ouvrage restituera les acquis des études empiriques conduites et reviendra sur les conceptions d'un marché commun de l'énergie et de la coopération interrégionale et transfrontalière entre les différents acteurs. En parallèle, le travail de diffusion s'appuiera sur la publication d'au moins deux articles scientifiques dans des revues à comité de lecture, et au moins trois communications à des colloques ou séminaires, dont les thèmes porteront sur des enjeux d'énergie et de coopération transfrontalière.

La communauté scientifique investie (a) dans les enjeux énergétiques (et d'énergies renouvelables) et (b) dans les enjeux de développement territorial et transfrontalier en Europe, dans le Rhin Supérieur et bien au-delà, nationalement et à l'international, en diffusant grâce à des scènes et des supports de publication reconnus ; ainsi que les décideurs et experts (entreprises, collectivités...) à travers cette diffusion sociétale élargie.

Les livrables escomptés sont les suivants :

- Publication d'un ouvrage sur la coopération transfrontalière des acteurs clés de la scène énergétique (en mentionnant le soutien explicite d'Interreg).
- Publication d'au moins 2 articles scientifiques dans des revues à comité de lecture de portée nationale et internationale (dont au moins 1 article en open access).
- Au moins 3 communications à des colloques, journées d'étude, ou séminaires de recherche appliquée, sur la thématique des énergies ou de la coopération transfrontalière.

Type d'action 5: Analyse du cadre réglementaire pour la conception du marché de l'électricité

Partant de l'hypothèse que la régulation peut être soit un levier, soit un frein majeur au développement des énergies renouvelables, ce projet fournira une analyse juridique et une évaluation de l'impact des différents régimes nationaux de soutien aux RES en France, en Allemagne et éventuellement en Suisse, avec une attention particulière aux effets transfrontaliers. La loi sur les énergies renouvelables (EEG 2014 dans sa version 2016, sur le développement de l'énergie solaire et éolienne), avec son processus innovant d'appel d'offres et de formation des prix, sera l'un des points forts. Ce nouveau cadre vise à attirer davantage d'investissements en mettant sur un pied d'égalité les petites, moyennes et grandes entreprises. Les questions importantes seront les incitations à mettre en œuvre des modèles de prosomation et les possibilités de participation et de coopération transfrontalières dans les procédures d'appel d'offres.

La conception de ce nouveau cadre sera comparée à celle du cadre en vigueur en France (Règlement 2011-1105 du 14 septembre 2011 mettant en œuvre les directives 2009/28/CE et 2009/30/CE du Parlement européen et du Conseil du 23 avril 2009 dans le domaine des énergies renouvelables et des biocarburants), avec un accent particulier sur les possibilités de participation transfrontalière dans les programmes de soutien respectifs. En outre, les deux régimes de soutien doivent être examinés pour déterminer s'il est nécessaire de les adapter à la réforme actuelle de la réglementation communautaire.

Enfin, l'étude fournira le cadre conceptuel pour l'analyse de texte envisagée dans les deux premiers objectifs. Il s'agira de réfléchir sur le concept de justice environnementale dans le contexte du développement des énergies renouvelables afin d'identifier les exigences légales nécessaires à sa mise en œuvre et donc de développer davantage le cadre juridique par des recommandations. Une question importante sera la coordination entre la promotion nationale et à petite échelle des énergies renouvelables et le système d'échange de quotas d'émission à l'échelle de l'UE, avec une trajectoire de réduction des émissions de gaz à effet de serre conçue pour l'ensemble de l'UE, en particulier dans

le secteur de l'approvisionnement électrique. Les principales caractéristiques d'un nouveau cadre juridique pour l'Allemagne, la France et éventuellement la Suisse, qui permettrait le développement des énergies renouvelables par la mise en valeur des potentiels régionaux complémentaires, sont présentées. Dans ce cadre, des recommandations juridiques sont formulées qui permettraient aux trois pays d'identifier et de réduire les obstacles frontaliers à l'augmentation de la part des RES dans le bouquet énergétique et d'utiliser au mieux les potentiels complémentaires de production, de demande et de stockage pour les RES.

Partenaire responsable: CNRS-SAGE

Partenaires participants: Université de Freiburg, Chaire de droit public en droit administratif, de l'information et de l'environnement européen.

Début : 01.02.2019

Fin : 31.01.2022

Action 5.1: Collecte des textes juridiques pertinents aux échelles nationales et européennes

01.03.2019 – 30.04.2019

La recherche se situe, dès le départ, géographiquement sur plusieurs terrains. Juridiquement, la recherche oblige ainsi à collecter les textes juridiques au sein de plusieurs ordres juridiques et à plusieurs échelles. Il s'agira ainsi de réunir les textes de droit français, allemand et suisse relatif aux énergies renouvelables mais aussi de rechercher les normes pertinentes au sein de l'Union européenne. Au delà, des textes juridiques bruts, il conviendra de s'intéresser à l'ensemble des documents préparatoires à l'adoption de ces textes pour en comprendre le contexte, les enjeux et les tensions qui les sous-tendent. Cette première action permettra ainsi de réunir le matériel juridique brut nécessaire à la recherche. Cette collecte doit également s'étendre aux mesures prises en application de cette réglementation et au contentieux éventuel entourant la mise en oeuvre de ces dispositions.

Action 5.2: Etat de l'art dans le domaine du droit des énergies renouvelables

01.03.2021 – 31.01.2022

Le matériel juridique brut devra être complété par une recherche doctrinale approfondie afin de faire le point sur l'état de l'art dans le domaine du droit des énergies renouvelables. La doctrine juridique, notamment selon une approche de droit comparé, a été prolifique ces trois dernières années sur cette thématique et est ainsi porteuse de pistes de réflexions qui pourront, tout à fait, être pertinentes pour nos terrains de recherche.

Action 5.3: Analyse des textes juridiques et approche comparative des textes

01.05.2019 – 30.04.2021

En parallèle à la recherche sur l'état de l'art, il conviendra de procéder à une analyse critique du matériel brut réuni afin d'identifier les leviers et les freins juridiques au développement des énergies renouvelables. A cette fin, il conviendra de mettre en perspective les différentes analyses des droits nationaux pour en faire rejaillir „les bonnes pratiques“ qui seraient transposables dans un autre ordre juridique.

Action 5.4: Propositions pour une amélioration du cadre juridique du marché de l'électricité

01.05.2019 – 30.04.2021

Au terme de l'analyse juridique menée sur l'existant, il sera possible de dessiner les contours de ce que devrait être le cadre juridique attendu pour permettre le développement des énergies renouvelables en valorisant les potentiels régionaux complémentaires, cadre juridique qui réponde à l'exigence de justice environnementale, en d'autres termes l'idéal-type, et ainsi de proposer des améliorations des cadres juridiques analysés. Dans ce contexte, des recommandations juridiques seront formulées afin de permettre aux trois pays d'identifier et de réduire les obstacles frontaliers à l'augmentation de la part des RES dans le mix énergétique de la RMT et d'utiliser au mieux les potentiels complémentaires de production, de demande et de stockage des RES.

Les livrables escomptés sont les suivants :

- Un Working-Paper (jusqu'au 01.07.2021) qui sera publié sur le site web du projet, et
- Plusieurs articles scientifiques, au moins deux (jusqu'au 31.01.2022).

Type d'action 6: Etude des structures d'incitation dans l'approvisionnement énergétique

La garantie de la sécurité énergétique régionale transforme le bien "énergie" initialement plutôt réel en un service. La question se pose de savoir à quoi ressemble un transfert réussi de la responsabilité de la fourniture d'énergie de l'État à l'exploitant. Ce problème de gouvernance présente un intérêt particulier dans le contexte de voisins étroitement liés, la RMT, où la coopération et les partenariats internationaux seraient possibles afin d'obtenir des meilleurs résultats.

Partenaire responsable: Université de Freiburg, Département de politique économique et de théorie de la régulation publique

Partenaires participants: KIT-DFIU, Université de Bâle, Centre de recherche en énergie, société et changement (CREST)

Début : 01.02.2019

Fin : 31.01.2022

Action 6.1: Identification des obstacles politiques et économiques à la coopération

Dans un premier temps, les objectifs politiques nationaux relatifs au secteur énergétique seront analysés et comparés. Une présentation détaillée et complète des pratiques du marché de l'énergie dans les trois pays sera réalisée. À cette fin, les données techniques et les prévisions de développement issues du projet DESK du KIT seront extraites et serviront de base à la description des pratiques mercantiles. Les coopérations internationales existantes seront prises en compte dans cette analyse. L'expertise de Badenova sera également intégrée dans l'analyse.

Dans une deuxième étape, des enquêtes seront menées sur les objectifs des différents acteurs impliqués : les consommateurs d'énergie du secteur privé, les foyers, les exploitants de réseaux et les fournisseurs d'électricité. L'objectif de ces enquêtes est de récolter des informations relatives aux points suivants :

- La résistance politique face au transfert de responsabilité dans le cadre de la sécurité d'approvisionnement ;
- la manière d'élaborer des incitations pour l'utilisation des RES. Ces incitations doivent être le fruit d'une coopération politique transfrontalière. Les enquêtes permettront de lever le voile sur le potentiel de ce type de coopération transfrontalière.

Dans une troisième étape, des expériences de laboratoire en économie seront réalisées. Les raisons de ces expériences sont les suivantes : le marché de l'électricité est soumis, depuis quelques années, à un changement de fonctionnement. La production et gestion de l'électricité se fait, de manière croissante, non plus par les fournisseurs conventionnels d'énergie, mais par exemple par foyers producteurs d'électricité grâce à des panneaux solaires. La sécurité d'approvisionnement reste, quant à elle, garantie par une infrastructure gérée par des instances publiques. Ainsi, pour déterminer la propension de la population à l'égard d'un transfert de tâches du secteur public au secteur privé sur le marché de l'énergie, des informations seront recueillies dans les trois États en utilisant des méthodes expérimentales en économie. Ces expériences de laboratoire en économie se focaliseront sur l'aptitude et la propension des acteurs privés à participer au changement de fonctionnement. Les résultats de ces expériences compléteront les résultats des enquêtes auprès des acteurs locaux.

Enfin, toutes les informations recueillies dans cette action serviront à modéliser le comportement des acteurs. Les comportements simulés seront mis en relation avec les simulations du marché de l'électricité issues de la littérature et du modèle du type d'action 3. Cette analyse servira à formuler des recommandations politiques et juridiques. L'implémentation de ces recommandations sera examinée dans cette action mais aussi dans le cadre du type d'actions 5.

Le livrable escompté est:

- Rapport : Évaluation de la politique économique, y compris une description et une analyse des processus et procédures politiques et des recommandations normatives visant à accroître la sécurité énergétique, l'autonomie et la viabilité sociale. Les acteurs et leurs domaines de responsabilité dans la fourniture d'énergie seront enregistrés, présentés et modélisés en fonction des structures incitatives de leur domaine d'activité spécifique.

Type d'action 7: Sécurité des données dans les réseaux intelligents dans la RMT

La cybersécurité est une condition préalable essentielle au fonctionnement des réseaux intelligents qui, à leur tour, sont nécessaires pour mettre en œuvre une proportion élevée des RES dans la région. Les informations transférées entre les différents points de mesure, de traitement et de contrôle permettent de déterminer les capacités de charge nécessaires en fonction du temps (c'est-à-dire prévision de charge ou prévision des prix). Cependant, l'utilisation de ce type d'outils technologiques comporte des risques de cybersécurité. S'appuyant sur des études antérieures sur la sécurité de l'information, cet ensemble de travaux proposera des solutions pour la protection des données.

Partenaire responsable: UHA-IRIMAS

Partenaires participants: KIT-DFIU, TransnetBW, Badenova, ENEDIS, Mobasolar

Début: 01.02.2019

Fin: 31.01.2022

Action 7.1: Analyse des réglementations européennes en vigueur en termes de sécurisation des données

Les résultats de cette analyse constituent la plate-forme de base qui permettra d'identifier les problèmes de sécurité déjà recensés et de les comparer aux résultats de l'enquête qui sera réalisée de manière détaillée auprès des acteurs locaux de la RMT (opérateurs du réseau). Les éléments de l'analyse ainsi que ceux de l'enquête seront scindés en des groupes rudimentaires, afin de classer les problèmes et les solutions possibles pour les futures approches technologiques pour la sécurité des systèmes d'informations. Les améliorations tiendront compte de la dimension sociale et permettront

certainement la mise en place de nouvelles approches améliorant la sécurisation des données et de l'approvisionnement de l'énergie.

Les livrables escomptés sont les suivants :

- Rapport détaillé sur les réglementations européennes pour la sécurisation des données énergétiques.
- Rapport sur les réponses à l'enquête auprès des opérateurs du réseau électrique dans les trois régions.

Les résultats pourront révéler de nouveaux éléments sur les failles de sécurités aidant à améliorer les recommandations européennes recensées dans le premier rapport.

Action 7.2: Simulation de possibles scénarios de cybersécurité dans le secteur énergétique de la RMT

Des scénarios issus de l'étude de l'action précédente seront reproduits sous forme de modèles dans un simulateur en temps réel. Le simulateur en question est un OPAL-RT disponible à l'UHA. Les scénarios tiendront compte des spécificités de la RMT avec les possibles failles de cybersécurité propre à la région. Les modèles seront enrichis avec les données des opérateurs de réseaux et les simulations au sein du laboratoire. Les productions par les énergies renouvelables et les infrastructures de communications associées seront intégrées dans les modèles. Il sera ainsi possible de faire apparaître de nouvelles failles de sécurités non encore élucidées en vue de protéger les données et les infrastructures énergétiques des cyber-attaques.

Les livrables escomptés sont les suivants :

- Modèles prévisionnels de failles de sécurité dans la RMT : Smart Meter et partage de l'énergie, au moins deux modèles prévisionnels.

On peut envisager deux scénarios :

- 1) Cyberattaque via les objets connectés (dont les compteurs intelligents) et les atteintes à la vie privée. Simulation des possibles failles de communication avec l'installation massive de compteurs intelligents.
- 2) Cyberattaque sur l'approvisionnement et l'échange d'énergie (production décentralisée, transport et stockage). Simulation des failles sur le maillage et les échanges de flux énergétiques entre particulier (éventuellement la blockchain).

Action 7.3: Utilisation des NILM (nonintrusive load monitoring) pour renforcer la sécurité des données énergétiques auprès du consommateur

Le succès du déploiement du réseau intelligent dépendra du fonctionnement global du système électrique en tant qu'organisation socio-économique. Une des étapes les plus vulnérables reste les nouveaux compteurs intelligents et communicants, avec le processus de transfert des données entre consommateur et centre de contrôle. La sécurisation de cette procédure exclura définitivement une partie des cyber-attaques précédemment citées. De tels problèmes peuvent être résolus en utilisant des compteurs intelligents équipés de technologies de sécurité de l'information telles que des clés secrètes partagées ou une architecture de communication hautement résiliente. Cette tâche servira de lien avec le projet « Smart Meter Inclusif ».

Le livrable escompté est:

- Rapport de recommandations de protection trinational contre les cyberattaques en vue du renforcement de la sécurité énergétique.

Documentation

Ministère fédéral de l'économie et de la technologie (BMWi) et Ministère fédéral de l'environnement, de la protection de la nature et de la sûreté nucléaire (BMU) (2010). Energy concept for an environmentally friendly, reliable and affordable energy supply, Berlin.

Hawker, G., Bell, K. et Gill, S. (2017). Recherche énergétique et sciences sociales Sécurité de l'électricité dans l'Union européenne - Le conflit entre les mécanismes nationaux de capacité et le marché unique. *Chemical Physics Letters*, 24, 51-58.

Klevas, V., Biek, K. et Murauskait, L. (2014). Innovative method of RES integration into the regional energy development scenarios, 64, 324-336.

Kruyt, B., van Vuuren, D.P., de Vries, H.J.M., Groenenberg, H. (2009). Indicateurs de sécurité énergétique. *Politique énergétique* 37 (6), 2166-2181

Lechtenböhrer, S. & Samadi, S. (2013). Soufflé par le vent. Remplacement de l'énergie nucléaire dans la production d'électricité en Allemagne. *Environmental Science & Policy*, Volume 25, janvier 2013, 234-241.

Rehner, R. et McCauley, D. (2016). Sécurité, justice et carrefour de l'énergie : Évaluation des implications de l'abandon progressif du nucléaire en Allemagne. *Energy Policy* 88, 289-298.

Ringler, P., Keles, D. et Fichtner, W. (2017). Comment bénéficier d'une conception commune du marché européen de l'électricité. *Energy Policy*, 101 (septembre 2016), 629-643.

Starling, G. (2011). *Managing the Public Sector*, Boston, p. 386-392.