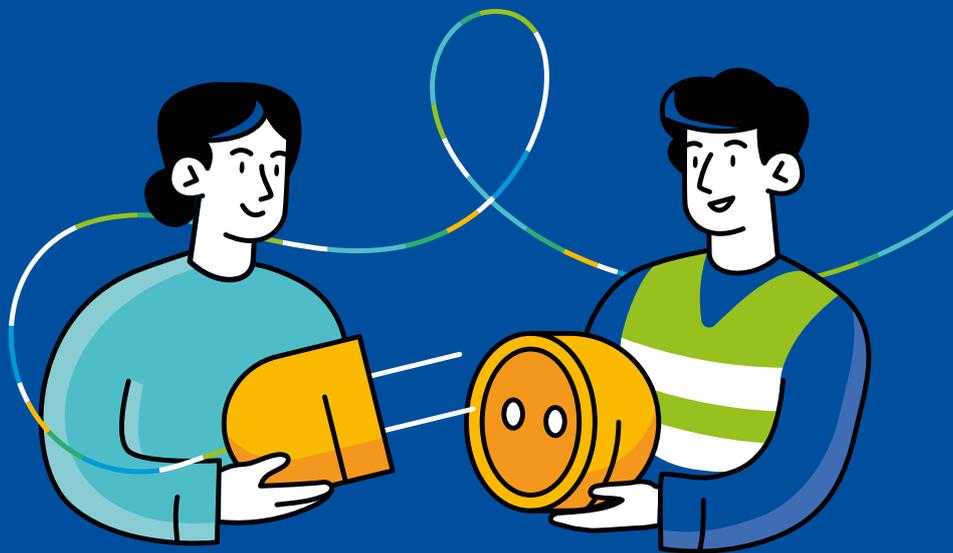




Programme de R&D et d'Innovation d'Enedis

ENEDIS



DISPOSITIONS RÉGLEMENTAIRES

La Commission de Régulation de l'Énergie (CRE) a mis en place un dispositif destiné à donner à Enedis les moyens pour mener à bien les projets de R&D et d'innovation nécessaires à la conception des réseaux électriques de demain, en garantissant notamment l'absence de frein tarifaire. Les charges d'exploitation d'Enedis consacrées à la R&D, prévues dans le tarif d'utilisation des réseaux publics d'électricité (TURPE) pour la période 2021/2024, s'élèvent à 57 M€ environ par an. En outre, la CRE publie tous les deux ans un rapport destiné à donner aux acteurs du secteur de l'électricité de la visibilité sur les travaux menés par Enedis.

SOMMAIRE



Enedis, distributeur d'électricité leader en matière d'innovation p.4

Programme de R&D et d'Innovation d'Enedis p.6

AMBITION

1 “Développer et exploiter un réseau physique et digital au service de la performance industrielle” p.8

Améliorer la performance opérationnelle p.9

Mieux répondre aux besoins des clients et développer de nouveaux services p.11

Accompagner l'évolution de nos métiers et transformer nos pratiques managériales p.11

AMBITION

2 “Transformer la gestion du réseau au service de l'accélération de la transition écologique” p.12

Intégrer massivement les EnR p.13

Intégrer le stockage en réseau et développer les flexibilités p.14

Électrifier les usages p.16

Permettre de nouvelles optimisations locales p.17

Consommer moins et mieux p.18

Digitaliser de bout en bout p.19

Expérimenter dans le cadre des démonstrateurs smart grids p.21

Des partenaires académiques pour approfondir les sujets de pointe avec les meilleurs experts p.22

L'Open Innovation à Enedis p.23

Enedis, distributeur d'électricité leader en matière d'innovation

Enedis est le gestionnaire du réseau public de distribution d'électricité sur 95 % du territoire français continental. Ce réseau appartient aux autorités concédantes (communes ou regroupements de communes) qui lui en confient la gestion par une délégation de service public.

Enedis est ainsi responsable de deux grandes missions de service public :

- l'accès au réseau de distribution sans discrimination,
- la modernisation, le développement et l'exploitation du réseau.

Depuis sa création en 2008, Enedis fait partie des quatre principaux distributeurs européens d'électricité, avec 37,5 millions de clients et la responsabilité de la gestion d'un parc d'actifs important : 2 300 postes sources, 1,4 million de kilomètres de lignes électriques, 790 000 postes de distribution publique.

Le réseau public de distribution d'électricité se trouve aujourd'hui, partout dans le monde, au carrefour de nombreuses transitions : énergétique, environnementale, numérique, économique et sociétale.

Toutes ces transitions impactent nos métiers et la façon de travailler.

Nous passons d'un système électrique centralisé avec une production pilotable, qui s'adapte à la consommation, à un système électrique partiellement décentralisé avec des moyens de production intermittents, non pilotables, situés souvent au plus près des consommateurs.

Des logiques locales se développent pour adapter autant que possible la consommation à la production avec l'émergence des flexibilités, de l'autoconsommation et du stockage. Certaines logiques d'autonomie vont émerger mais cette décentralisation va très largement s'appuyer sur le réseau de distribution d'électricité qui devient une véritable colonne vertébrale de la transition écologique en cours.



Simultanément, le déploiement de 35,5 millions de compteurs communicants et la transformation numérique ont fait apparaître un nouveau métier pour Enedis de gestionnaire de données et ouvrent de nouvelles perspectives d'améliorations majeures de notre performance industrielle et de développement de nouveaux services.

Enfin, les attentes sociétales nous orientent vers un service public plus proche des territoires, plus écologique, plus local et plus inclusif.

Dans ce contexte, l'innovation n'est à l'évidence pas une option.

Enedis s'appuie sur sa R&D et sa capacité à innover pour assurer ses missions de manière toujours plus performante en inventant le réseau de demain, qui sera plus "smart", plus numérique, plus interactif, plus inclusif, au service des clients, des acteurs du marché de l'électricité et des territoires.

Programme de R&D et d'Innovation d'Enedis

Enedis a construit un programme de recherche ambitieux, qui bénéficie du savoir-faire des femmes et des hommes de l'entreprise, acquis dans la durée et sur l'ensemble des territoires. Il comprend un panel de projets portant sur les enjeux majeurs de la distribution d'électricité, menés au sein de l'entreprise, avec ses propres ressources – avec l'implication de plus d'une centaine de salariés – en favorisant l'innovation participative, mais aussi avec l'appui de laboratoires de recherche reconnus, d'entreprises innovantes, de start-up ou en collaboration avec des partenaires européens.



Pour la mise en œuvre de ce programme, la Commission de Régulation de l'Énergie a validé un financement de 57 millions d'euros par an sur la période 2021/2024.

Afin de garantir que les priorités de recherche et d'innovation correspondent bien aux attentes des acteurs du secteur de l'énergie électrique, une consultation publique a été réalisée en début de période tarifaire.

Le programme de R&D et d'innovation d'Enedis s'articule aujourd'hui autour de deux ambitions clés :

- Développer et exploiter un réseau physique et digital au service de la performance industrielle
- Transformer la gestion du réseau au service de l'accélération de la transition écologique

Pour ces deux ambitions, il s'agit d'une part de construire une vision de long terme, d'anticiper les ruptures technologiques ou sociétales, d'identifier de nouveaux services attendus et d'autre part de concevoir des solutions industrielles concrètes dans des délais maîtrisés.

La création de valeur et la capacité à utiliser de façon opérationnelle les produits et services conçus sont des points d'attention constants.

Principalement composé d'activités de recherche appliquée, de développement expérimental et complété d'un dispositif "Open Innovation" pour nouer des collaborations avec des start-up prometteuses, le programme de R&D et d'innovation s'enrichit d'expérimentations menées dans des démonstrateurs.

Les activités de R&D et d'innovation sont menées avec de nombreux partenaires:

- Une quinzaine d'universités et laboratoires de recherche dont EDF R&D, Grenoble INP, CEA-Liten, Laboratoire L2EP de Lille, Mines ParisTech, École Polytechnique, École Normale Supérieure, CentraleSupélec, Datastorm-GENES, Paris Dauphine,...
- 40 start-up et PME innovantes
- De nombreux acteurs industriels notamment dans le cadre de projets collaboratifs smart grids (démonstrateurs, projets européens)

Chaque projet présenté dans la suite du rapport est caractérisé par des indicateurs qui précisent la finalité des travaux, leur nature et leur état d'avancement

Indicateur relatif à la finalité des travaux :

				
Performance industrielle	Sûreté, résilience et sécurité	Transition écologique	Services aux clients	Salariés

Indicateur relatif à la nature de la recherche (TRL – Technology Readiness Level) :

			
R&D exploratoire	Maquettage et validation de concept	Démonstration	Pré-industrialisation

Indicateur relatif à l'avancement des actions de R&D :

Cadrage	En cours	Finalisation	Terminé
---------	----------	--------------	---------

1 “Développer et exploiter un réseau physique et digital au service de la performance industrielle”

Enedis s’est engagée à avoir en 2025 l’un des meilleurs rapport qualité-prix en Europe ainsi qu’à rétablir 90% des clients en 48h en cas d’incident climatique majeur sur le réseau.

Pour respecter ces engagements, nous concevons et développons des solutions innovantes pour disposer de composants performants, pour gérer au mieux nos actifs, pour observer, conduire et exploiter nos réseaux HTA et BT, pour prévoir le bilan électrique et évaluer les pertes, et nous assurer de la résilience des réseaux face au changement climatique et à l’interdépendance croissante entre système électrique et système IT.

Nos clients attendent d’Enedis un service performant et une communication améliorée, notamment lors des raccordements, des interventions ou des incidents. Mais nos clients attendent aussi de nouveaux services, en lien notamment avec la révolution numérique, la transition écologique et les nouveaux usages de l’électricité qui l’accompagnent.

La transition écologique et la révolution numérique font évoluer nos métiers et les transformations sociétales impactent les attentes à l’externe, mais aussi à l’interne de l’entreprise : nous nous fixons pour objectif de renforcer la confiance et de remettre l’initiative et la responsabilité des salariés au cœur de nos modes d’organisation. Nous conjuguerons les apports des sciences sociales et du numérique pour préparer les évolutions, améliorer la performance, la sécurité et accompagner les transformations.

3 défis structurent le programme de R&D et d’Innovation au service de la performance industrielle :

- Améliorer la performance opérationnelle
- Mieux répondre aux besoins des clients et développer de nouveaux services
- Accompagner l’évolution de nos métiers et transformer nos pratiques managériales

1.1 Améliorer la performance opérationnelle

Utilisation des drones pour la performance opérationnelle



TRL
8-9

Le drone présente de nombreuses qualités qui lui font jouer un rôle croissant pour la maintenance des ouvrages électriques : légèreté et compacité le rendent déplaçable et déployable rapidement ; il permet d'approcher rapidement les ouvrages distants des voies d'accès. Enfin, la qualité de la captation d'images est aujourd'hui au rendez-vous. Les photos réalisées par ces dispositifs permettent ainsi d'apprécier l'état d'un équipement. En les associant à des outils d'analyse reposant sur l'Intelligence Artificielle, des diagnostics peuvent aujourd'hui être établis automatiquement dans un grand nombre de cas. Le drone est un nouvel outil industriel dans la palette des solutions d'appui à la maintenance chez Enedis.

Aujourd'hui, de nouveaux usages du drone font leur apparition : des initiatives sont en cours pour utiliser les drones dans la pose de dispositifs avifaunes ou encore de masses anti-giratoires pour prévenir la formation de manchons de glace sur les lignes aériennes.

Cadrage En cours Finalisation Terminé

De nouvelles solutions sans SF₆ pour l'appareillage de réseau



TRL
8-9

L'hexafluorure de soufre désigné couramment par sa formule chimique "SF₆" est utilisé depuis plus de 40 ans dans les matériels à moyenne et haute tension. Ses caractéristiques électriques encore inégalées aujourd'hui ont permis des gains en matière d'encombrement, de fiabilité, de performance et de maintenance. Du fait d'un potentiel de réchauffement global particulièrement élevé, on vise aujourd'hui à en limiter l'usage. Sans attendre le renforcement des contraintes réglementaires liées à son utilisation, Enedis a engagé, en partenariat avec plusieurs constructeurs, le développement de solutions alternatives sans aucun gaz fluoré. Ainsi dès juillet 2021, les premières solutions de disjoncteurs moyenne tension à coupure dans le vide destinés aux postes sources ont été industrialisées. Dorénavant tous les postes neufs d'Enedis sont équipés exclusivement de cette génération de disjoncteurs. Poursuivant cette démarche, un marché de développement a été conclu en 2022 avec deux fournisseurs pour l'approvisionnement d'interrupteurs moyenne tension destinés aux postes de distribution.

Cadrage En cours Finalisation Terminé



Anticiper les impacts du changement climatique sur les réseaux



TRL
1-3

Le réseau électrique de distribution aérien et souterrain, présent sur tout le territoire, est naturellement exposé aux aléas climatiques. Ces derniers ne sont pas nouveaux et sont bien pris en compte par Enedis pour le développement et l’exploitation du réseau.

Cependant, les conséquences du changement climatique sur la répartition et l’intensité des aléas climatiques posent la question des niveaux de risques futurs, et des écarts éventuels avec ceux pris en compte pour la conception des réseaux. Avec l’aide du laboratoire de météorologie dynamique de l’École Polytechnique, en utilisant les modèles les plus récents et à la maille géographique la plus fine, Enedis a caractérisé l’impact d’un réchauffement climatique global d’environ 3°C sur l’intensité et la direction des vents, la fréquence des événements de neige collante, les crues et ainsi évalué la robustesse du dimensionnement du réseau. Ces études sont appelées à être réactualisées périodiquement, pour tenir compte de l’acquisition de connaissances nouvelles sur l’évolution du climat et sa modélisation.

Cadrage **En cours** Finalisation Terminé



Réduire les pertes non techniques grâce aux données Linky



TRL
8-9

L’exploitation des données Linky permet la mise en place de nouvelles approches pour détecter les pertes non techniques (PNT). Il est en effet possible de croiser des données de consommation et d’alarmes des compteurs Linky telles que les ouvertures des cache-bornes, les valeurs de tension, les puissances de soutirage et de production. Cette approche Big Data permet d’extraire des cas où l’existence de PNT est suspectée, qui guideront efficacement les équipes de terrain en charge de leur traitement.

Cette approche peut s’adresser aux pertes non techniques de toute nature. Un effort particulier est consacré aux fraudes, dans un contexte où une augmentation de leur occurrence est constatée. Il s’agit notamment d’éviter d’en faire porter le poids à l’ensemble des utilisateurs du réseau.

Cadrage En cours Finalisation **Terminé**



1.2 Mieux répondre aux besoins des clients et développer de nouveaux services

Réduire les délais de raccordement au réseau



TRL
8-9

Le raccordement au réseau est au cœur des missions de service public d'Enedis. L'engagement "diviser par 2 les délais d'ici à fin 2022" du Projet Industriel & Humain de l'entreprise a permis d'accélérer la transformation du raccordement et de réduire les délais de manière importante. Pour y parvenir, l'innovation est un puissant levier qui permet de proposer de nouvelles façons de faire aux clients et aux salariés.

Parmi les réalisations, l'outil REVE propose d'évaluer lors d'une visio-conférence les travaux électriques à réaliser suite à une demande de modification du branchement. Le devis peut ainsi être émis en quelques heures. Autre exemple pour faciliter la mise en service de branchement neuf pour les particuliers et les professionnels, le nouveau service "télé-opération prête à l'emploi" qui permet, dès la réalisation du branchement, de préparer la mise en service à distance du compteur communicant. La digitalisation du portail raccordement pour les



particuliers et les professionnels permet de proposer aujourd'hui au client un parcours full-digital, en offrant des services en ligne : devis pour branchement simple, signature, paiement et agenda.

Cadrage En cours Finalisation Terminé

1.3 Accompagner l'évolution de nos métiers et transformer nos pratiques managériales

Des interventions clients plus efficaces grâce à l'IA



TRL
8-9

Un certain nombre de demandes d'interventions clientèle avec déplacement, transmises par les fournisseurs d'énergie, donnent lieu au déplacement vain d'un technicien d'Enedis : la demande peut être mal qualifiée, trop imprécise, ou encore rencontrer une impossibilité technique. Cela génère un coût financier et environnemental pour Enedis ainsi que de l'insatisfaction de clients.

Pour détecter les demandes d'interventions qui présentent un risque fort de déplacement vain et les sécuriser en amont, des modèles d'intelligence artificielle de reconnaissance de langage adaptés au vocabulaire des métiers d'Enedis ont été entraînés sur des milliers de commentaires de demande d'intervention.

Grâce à cette approche, expérimentée dans plusieurs Directions Régionales et pour certains types de prestations, ce sont déjà 15 000 déplacements vains ou inutiles qui ont été évités sur un peu moins d'un an. Compte tenu du succès obtenu, le champ d'application est appelé à s'étendre.

Cadrage En cours Finalisation Terminé

2 “Transformer la gestion du réseau au service de l'accélération de la transition écologique”

La transition énergétique accélère : d'ici 2030, on prévoit 50 GW d'EnR supplémentaires raccordés à nos réseaux, 7 millions de points de recharge alimentant 5 millions de véhicules électriques, 6 GW de flexibilité, 8 GW d'autoconsommation... La filière hydrogène fait l'objet de soutiens publics massifs, les communautés énergétiques se développent et le couplage entre vecteurs énergétiques est appelé à augmenter.

Ces transformations vont très largement s'appuyer sur le réseau de distribution d'électricité, véritable colonne vertébrale de la transition écologique. Pour faciliter l'intégration massive des énergies renouvelables et l'électrification des usages tout en garantissant la qualité de l'alimentation électrique au moindre coût, il nous faut notamment préparer l'utilisation des nouvelles flexibilités et du stockage, adapter les approches de développement du réseau et développer de nouveaux outils de conduite permettant au distributeur de jouer son nouveau rôle dans la gestion des systèmes locaux.

À l'écoute des territoires, nous poursuivrons le développement des solutions adaptées aux attentes et aux enjeux de chacun. Nous développerons le service public du 21^e siècle, service public augmenté répondant aux attentes en matière de responsabilité sociale et environnementale : passer de la transition énergétique à la transition écologique, c'est adopter un nouveau modèle économique et social qui renouvelle nos façons de consommer, de travailler, de vivre ensemble.

Enedis contribuera également, pour ses propres activités, à réduire leur impact sur l'environnement, à préserver la biodiversité, à développer l'économie circulaire.

Alors que le secteur des transports représente 31% des émissions de gaz à effet de serre, son électrification rapide et massive est une priorité pour décarboner nos usages. La transition vers des mobilités plus propres et durables est déjà bien amorcée et connaît une dynamique forte. Enedis y contribue activement en préparant des solutions innovantes pour faciliter le développement de la mobilité électrique.

Avec 35,5 millions de compteurs Linky, 1,5 million de téléopérations chaque mois, 770 000 concentrateurs, 150.000 objets communicants connectés au réseau, 72 jeux de données en Open Data, des solutions à base d'Intelligence Artificielle mises en œuvre quotidiennement dans de nombreux process industriels, l'utilisation de jumeaux numériques, Enedis a engagé la transformation numérique de ses activités.

Mais cette transformation ne fait que commencer. La collecte, la transmission, le stockage et le traitement des données ainsi que leur sécurisation sont devenus des missions et des compétences centrales pour l'entreprise et nous devons anticiper les futures ruptures, accroître la résilience des SI au cœur d'un système désormais cyber-physique, faciliter les échanges avec les acteurs externes. Nous devons utiliser pleinement les solutions offertes par les progrès de l'intelligence artificielle, tout en préservant la place de l'humain dans un monde numérique.

6 défis viennent structurer le programme de R&D et d'Innovation au service de la transition écologique :

- Intégrer massivement les EnR
- Intégrer le stockage en réseau et développer les flexibilités
- Électrifier les usages
- Permettre de nouvelles optimisations locales
- Consommer moins et mieux
- Digitaliser de bout en bout

2.1 Intégrer massivement les EnR

Une cartographie des capacités réseau au service de la transition énergétique



TRL
8-9

Afin de faciliter le développement des énergies renouvelables et de la mobilité électrique, Enedis a conçu une solution permettant aux acteurs des territoires (aménagement, collectivités locales) de disposer d'une vision cartographique dynamique de la capacité d'accueil du réseau public de distribution. Cette cartographie des capacités du réseau leur permet d'identifier en amont les zones propices à l'intégration de leurs projets : bornes de recharge pour véhicules électriques, installations de production ou tout autre raccordement. Cette carte, en fonction de la typologie du projet testé, identifie la puissance disponible du réseau sur la moyenne et sur la basse tension.

Disponible sur les Portails Entreprises et Collectivités Locales d'Enedis, la cartographie des capacités du réseau est un outil simple qui offre une réponse immédiate aux acteurs des territoires pour anticiper la réalisation des projets au service de la transition énergétique des territoires.

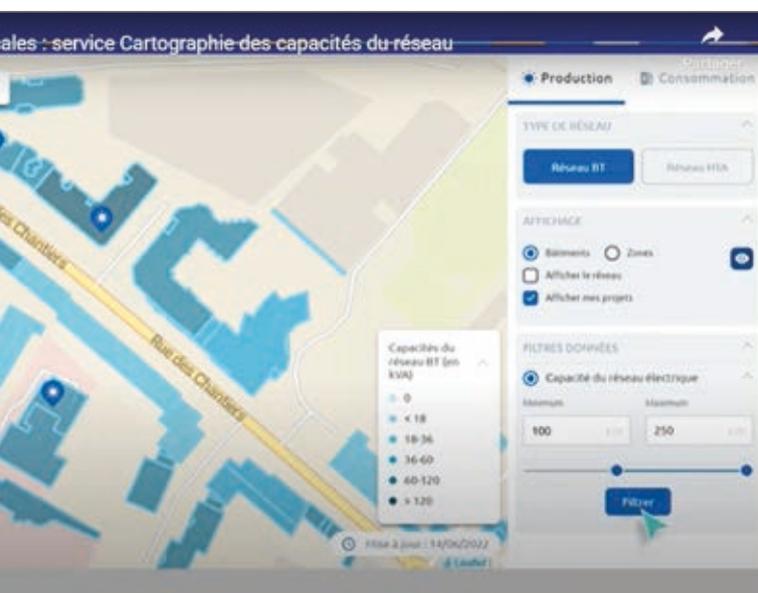


Préparer des solutions innovantes pour l'intégration des EnR en courant continu



TRL
1-3

Le développement des énergies renouvelables et des nouveaux usages de l'électricité, utilisant nativement le courant continu, associé aux progrès en électronique de puissance font émerger un intérêt croissant pour le courant continu. Ses avantages potentiels, notamment en termes d'amélioration de l'efficacité énergétique globale du système, sont à mettre en balance avec les défis posés par une technologie dont l'usage pour les réseaux de distribution est relativement vierge - hors des cas d'application de liaisons point à point MVDC - et avec un cadre normatif qui reste incomplet à ce jour. Les enjeux de l'intégration du courant continu dans le réseau public de distribution sont larges : disponibilité d'une offre matériel robuste, adaptée et standardisée, exploitation, protection et maintenance, impacts à long terme de l'insertion des architectures en courant continu dans un réseau en alternatif. Dans ce contexte, Enedis a engagé des travaux, notamment dans le cadre de partenariats académiques, sur l'architecture des réseaux de distribution hybrides AC/DC, les problématiques de qualité de l'électricité, de comptage et de protection des réseaux en basse tension.



Cadrag

En cours

Finalisation

Terminé



La 5G pour simplifier la mise en œuvre des téléactions producteurs



TRL
6-7

Pour éviter des phénomènes d’ilotage en cas de défaut sur le réseau, certains producteurs HTA doivent être équipés de téléprotections permettant un découplage sans délai des installations de production depuis le poste source. Jusqu’à maintenant, seules des liaisons filaires, onéreuses et longues à construire, permettaient d’assurer cette fonction.

Enedis, en collaboration avec Nokia, Orange et Schneider Electric, développe une solution 5G qui permettra d’accélérer et simplifier le raccordement de ces producteurs, de préserver la sécurité du réseau et de réduire substantiellement les coûts. Après une validation en laboratoire, cette solution est actuellement testée sur le terrain avant sa généralisation en 2024.

Cadrage

En cours

Finalisation

Terminé

2.2 Intégrer le stockage en réseau et développer les flexibilités

Projet européen OneNet pour simplifier et optimiser la gestion des flexibilités



TRL
6-7

Enedis participe au projet OneNet avec le démonstrateur STAR (Système de Traçabilité des Activations de Renouvelables). Ce démonstrateur, réalisé en partenariat avec RTE, vise à simplifier et optimiser la gestion des flexibilités ENR depuis l’activation de la limitation de production jusqu’à l’indemnisation des producteurs, en passant par le contrôle du réalisé. La solution développée, basée sur l’utilisation de la technologie Blockchain pour le stockage et la transmission d’informations, permet de dématérialiser, d’assurer la traçabilité de la chaîne d’activation des limitations de production et leur automatisation. Le projet amène notamment à inclure

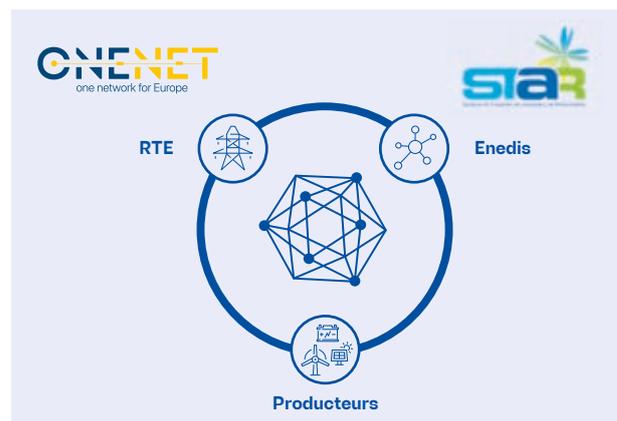
dans les systèmes d’information d’Enedis le processus permettant de proposer de manière proactive une solution d’indemnisation pour les limitations de production.

Cadrage

En cours

Finalisation

Terminé



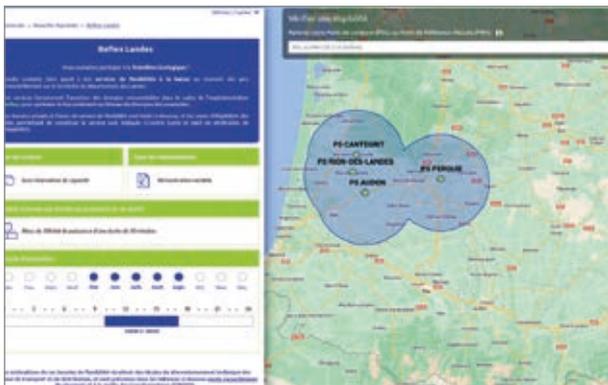
Accroître les capacités d'accueil des postes sources grâce aux flexibilités



TRL
6-7

Au travers du projet Reflex, Enedis expérimente actuellement sur 10 postes sources (situés en Picardie et dans les Landes) une nouvelle règle de dimensionnement, autorisant l'accueil d'un volume d'installations de production dépassant la capacité nominale des transformateurs. La capacité d'accueil a ainsi été augmentée de plus de 200 MW sur ce périmètre. La sécurité des matériels et du fonctionnement du réseau reste respectée à tout moment, par la mise en œuvre de flexibilités ou l'envoi d'ordres de limitation d'injection dès lors qu'un risque de congestion est anticipé. Une analyse coût-bénéfice a démontré la valeur collective de cette approche, à hauteur d'un gain net de 250 M€ à l'horizon 2035. La généralisation de cette approche à l'ensemble du territoire national est envisagée en lien avec les fédérations de producteurs, les AODE, RTE, la CRE et la DGEC.

Cadragé En cours Finalisation Terminé



De nouvelles approches pour faciliter le développement des flexibilités réseaux

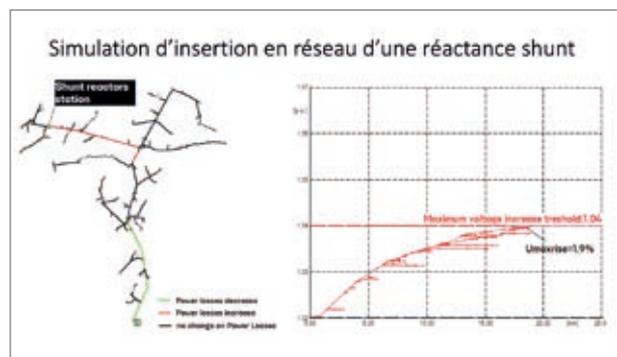


TRL
8-9

En 2023, après avoir identifié les gisements de flexibilité grâce à un jumeau numérique du réseau, Enedis a lancé son quatrième appel au marché pour des services de flexibilités locales (flexibilités pour gérer les congestions du réseau de distribution) avec la même ambition : aller dans le sens de

la simplification du processus d'achat et de la standardisation des services demandés, et prendre en compte les remarques des acteurs et du régulateur. Parmi les nouveautés, Enedis permet désormais aux sites en cours de raccordement de participer y compris ceux intéressés par un raccordement innovant (raccordement avec modulation de puissance). En terme de processus, davantage de temps est laissé aux acteurs pour recruter des sites susceptibles de contribuer au service de flexibilité. Enedis a par ailleurs poursuivi les travaux pour permettre la participation du plus grand nombre. Ainsi, pour de futurs appels d'offres avec réservation de capacité, les acteurs auront la possibilité de proposer des offres avec réservation de capacité de 100 kW.

Cadragé En cours Finalisation Terminé



Intégrer le stockage en réseau



TRL
6-7

Enedis mène des travaux sur l'optimisation de l'intégration des installations de stockage sur le réseau de distribution, pour différents cas d'usage. Ainsi, une expérimentation qui vise à l'étude d'un ilotage temporaire en HTA grâce aux ressources locales déjà présentes et à du stockage est en cours dans le département du Nord. Il s'agit d'assurer l'alimentation d'une antenne HTA suite à incident grâce à une batterie de 1 MW, un producteur de biogaz et 4 producteurs PV BT. Les défis techniques posés concernent la conception et la mise en œuvre d'un Energy Management System pour assurer le redémarrage après incident ("black start"), le pilotage des ressources réparties pour satisfaire un équilibre offre/demande local, ainsi que la mise au point du plan de protection adapté à cette configuration. Après les travaux de conception, la mise en service opérationnelle est prévue mi 2023.

Cadragé En cours Finalisation Terminé

2.3 Électrifier les usages

Anticiper les besoins de recharge de la mobilité lourde et les impacts sur le réseau de distribution



TRL
4-5

Pour accompagner le développement de la mobilité lourde électrique longue distance et satisfaire la demande électrique associée aux infrastructures de recharge rapide sur autoroute, Enedis, Total Energies et Vinci conduisent une étude commune visant à anticiper l'adaptation des réseaux. Par ailleurs, sur un plan plus général, Enedis et RTE poursuivent les études d'impact de la mobilité lourde électrique afin de se préparer aux renforcements qu'il faudra réaliser.

La mobilité lourde électrique est aussi locale et régionale. Pour ce faire, Enedis modélise les besoins en recharge (rapide et lente) dans les dépôts de logistique notamment. C'est par une connaissance fine des besoins en recharge de cet usage spécifique que l'entreprise se prépare à satisfaire toutes ces nouvelles attentes.

Enfin, Enedis travaille en collaboration avec les industriels sur les technologies de demain qui pourraient impacter les réseaux : recharge par induction aux points de passage en milieu urbain ou sur autoroute, bornes de recharge de très haute puissance (MCS), alimentation des bateaux à quai, etc.

Cadrage En cours Finalisation Terminé

Évaluer l'impact de la recharge sur la qualité de l'onde



TRL
6-7

Garantir à ses clients une électricité répondant à des exigences de qualité fait partie des missions d'Enedis. Nouvel usage comportant de l'électronique de puissance, les véhicules électriques sont susceptibles de dégrader la qualité de l'onde. Réciproquement, certaines perturbations harmoniques ou à haute fréquence peuvent altérer la qualité du service de recharge. Des mesures sont ainsi réalisées afin de caractériser le comportement de nombreux modèles de véhicules électriques et de s'assurer notamment



que le déploiement massif de la mobilité électrique ne va pas conduire à une dégradation de la qualité de l'onde de tension servie aux clients.

Les essais comportent des mesures d'émission dans les bandes harmoniques et supra-harmoniques et des tests d'immunité dans différentes conditions d'alimentation (normale ou dégradée, cas du smartcharging...).

Cadrage En cours Finalisation Terminé

Encourager le pilotage de la recharge des véhicules électriques



TRL
6-7

Le pilotage de la recharge des véhicules électriques peut créer de la valeur pour l'utilisateur final, pour le réseau et pour le système électrique dans sa globalité. Il permet de faciliter l'insertion des infrastructures de recharge sur les réseaux et de limiter les besoins d'investissements (réseau, moyens de production de pointe...).

À travers le démonstrateur aVEnir soutenu par l'ADEME, Enedis a testé avec les acteurs de l'écosystème des solutions de recharge intelligente et expérimente les flexibilités apportées par les véhicules électriques. Ainsi, Enedis étudie la façon dont le gestionnaire du réseau peut transmettre des consignes vers les systèmes de recharge pour réduire la puissance ou décaler la recharge. Cela pourrait être utile en cas de crise du système électrique, afin de répondre à des contraintes ponctuelles et locales du réseau, ou encore pour faciliter la synchronisation entre production photovoltaïque et recharge de véhicules électriques.

Cadrage En cours Finalisation Terminé

Développer des Groupes Électrogène “Zéro Émission”



TRL
6-7

Atouts indispensables de la qualité de service pour les clients, les groupes électrogènes sont installés par Enedis lorsqu'ils constituent la meilleure alternative pour assurer le maintien de la continuité d'alimentation électrique en cas d'incident ou de travaux. L'entreprise expérimente aujourd'hui avec plusieurs partenaires industriels des solutions

alternatives innovantes, les groupes électrogènes zéro émission, qui sont bas carbone et réduisent par ailleurs les nuisances locales engendrées par les groupes conventionnels (bruit, odeurs...).

Plusieurs technologies sont testées, comme les batteries Li-Ion et les piles à combustible hydrogène. La phase d'expérimentation en cours a pour objectif de permettre à Enedis d'identifier d'ici fin 2024 les technologies adaptées au remplacement progressif d'une partie de son parc de groupes électrogènes par des solutions sans émissions de CO₂.

Cadrage **En cours** Finalisation Terminé



2.4 Permettre de nouvelles optimisations locales

Anticiper l'impact de la filière hydrogène sur le réseau de distribution



TRL
1-3

Des efforts importants sont consacrés au niveau européen au développement de la production d'hydrogène à partir de sources décarbonées. C'est pourquoi Enedis étudie, avec l'appui du CEA Liten, les opportunités et les impacts d'un déploiement futur des électrolyseurs sur le réseau public de distribution.

Afin d'évaluer des besoins futurs d'adaptation du réseau, des simulations de profil de charge pour

différents cas d'application anticipés sont réalisées, tels qu'une mise à disposition d'hydrogène pour un dépôt de bus, une production centralisée d'hydrogène pour un groupe d'industriels ou encore une station de distribution d'hydrogène pour une flotte de camions. Pour identifier les options les plus réalistes d'un futur déploiement de ces cas d'applications, les paramètres clés, techniques comme économiques, sont pris en compte.

On se situe clairement dans une démarche d'anticipation : les simulations portent sur la période 2025-2050. Parmi les enseignements, on relève d'ores et déjà l'importance du prix de l'électricité et de sa variabilité sur le dimensionnement optimal de l'installation.

Cadrage **En cours** Finalisation Terminé

Faciliter l’autoconsommation collective



TRL
4-5



Afin de simplifier le parcours client et la gestion de l’autoconsommation collective, Enedis expérimente un service (à destination des Personnes Morales Organisatrices) permettant de digitaliser le parcours client et la gestion d’une opération d’autoconsommation collective, de la déclaration du projet à la mise en service de l’opération.

Enedis étudie également la mise en œuvre d’un service aux fournisseurs d’énergie et aux acteurs des mécanismes de marché permettant aux autoconsommateurs individuels de synchroniser leurs usages avec la production.

Enfin, Enedis est partenaire de la ville de Dijon dans le cadre du projet européen d’Autoconsommation Collective “Response” (2020-2025). Ce projet s’inscrit dans la thématique du développement des villes et communautés intelligentes. 53 partenaires européens issus de 13 pays différents y participent autour de l’enjeu du déploiement de nouvelles technologies capables de faire émerger des îlots à énergie positive.

Cadrage **En cours** Finalisation Terminé

2.5 Consommer moins et mieux

Réduire l’impact environnemental des matériels de réseau



TRL
6-7

L’impact environnemental de ses activités est une préoccupation constante d’Enedis, qui s’inscrit pleinement dans les objectifs fixés par l’Union Européenne en matière d’écoconception des matériels de réseau. Il s’agit ici de réduire les incidences sur l’environnement des matériels approvisionnés tout au long de leur cycle de vie.

Concernant les transformateurs de distribution, plusieurs paliers de valeurs maximales de pertes électriques ont successivement été prescrits. Pour répondre aux attentes les plus élevées, des études de nouvelles solutions techniques ont été engagées, impliquant le recours à des composants à haute performance fonctionnant à des limites de températures supérieures aux limites conventionnelles admises.

Cet objectif ambitieux impose de concilier un encombrement du transformateur compatible avec les structures des postes électriques existants, la recherche d’une efficacité énergétique optimale et la capacité à autoriser des surcharges adaptées à l’évolution des usages de l’électricité, et cela sans impact sur la durée de vie du transformateur.

Cadrage **En cours** Finalisation Terminé

Accompagner les collectivités locales dans l’efficacité énergétique



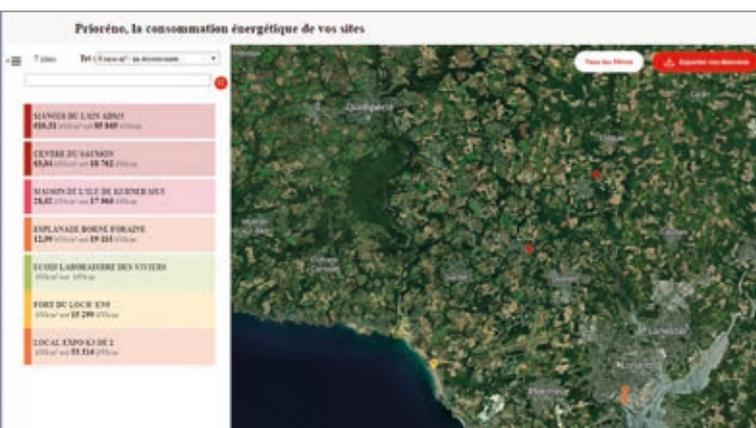
TRL
8-9

La rénovation énergétique des bâtiments est un levier essentiel pour atteindre la neutralité carbone à l’horizon 2050. Afin d’aider les collectivités locales à concentrer leurs investissements sur leurs bâtiments publics les plus énergivores, Enedis contribue à une solution accessible et concrète : Prioréno.

Née d'une collaboration entre l'État, la Banque des Territoires, Enedis et GRDF, avec l'ambition commune d'accompagner les collectivités locales dans leurs projets de rénovation énergétique, cette plateforme en ligne permet aux décideurs publics d'obtenir une vision globale de leur patrimoine immobilier (données foncières, consommation d'électricité et de gaz...), sous la forme d'une carte interactive.

Grâce à ses algorithmes, Prioréno est capable d'analyser la somme des données disponibles et de proposer une liste des bâtiments les plus énergivores. En quelques minutes seulement, les collectivités peuvent obtenir une première vision des priorités d'amélioration de la performance énergétique.

Cadrage En cours Finalisation **Terminé**



Réduire les consommations d'énergie pour l'éclairage public avec Linky



TRL
8-9

Afin d'accompagner les collectivités dans la réduction de leurs consommations énergétiques, Enedis propose "Mon éco éclairage public", une solution d'extinction automatique de l'éclairage public sur quatre plages horaires au choix.

Cette solution, rendue possible grâce au compteur communicant Linky et développée par Enedis, est mise en œuvre par les fournisseurs. Plusieurs communes ont déjà déployé avec succès la solution. Ainsi, à Aurons dans les Bouches-du-Rhône, "mon éco éclairage public" a permis à la ville de réduire sa consommation énergétique liée à l'éclairage public de 46%*. "Mon éco éclairage public" dispose également d'une fonctionnalité permettant de déroger aux consignes sur certains jours exceptionnels, par exemple dans le cadre d'événements comme la "nuit des étoiles".

* Données fournisseurs sur le périmètre concerné

Cadrage En cours Finalisation **Terminé**

2.6 Digitaliser de bout en bout

S'engager dans une démarche d'IA frugale



TRL
4-5

L'intelligence Artificielle permet d'entraîner un modèle de prédiction pour un usage précis, puis d'utiliser ce modèle pour effectuer des choix dans le contexte prévu. Mais cette première étape d'entraînement est très consommatrice de données, ainsi que de temps de calcul (et donc de ressources : énergie, infrastructures informatiques...). Des techniques ont émergé dans le cadre de la reconnaissance d'image pour "réutiliser" des modèles

pré-entraînés : on utilise des modèles génériques entraînés sur d'immenses bases de données, et on vient ensuite les spécialiser pour un cas d'usage spécifique avec les données correspondantes (exemple : reconnaissance d'ouvrage réseau).

Enedis s'est inspirée de cette approche pour entraîner un modèle "réutilisable" LinkyNet. Ce modèle pré-entraîné sur des données de consommation Linky peut ensuite être réutilisé sur des nouveaux cas d'usage (classification entre résidence secondaire ou principale, complétion de mesures manquantes...) et nécessite beaucoup moins de ressources pour chaque nouveau sujet.

Cadrage **En cours** Finalisation Terminé

Anonymiser les données de consommation grâce à l'IA



TRL
6-7

Avec le déploiement des compteurs intelligents sur le réseau, la nature et le volume des données dont Enedis dispose sur la consommation ou la production de ses clients sont conséquents. Enedis développe des solutions technologiques de mise à disposition de données au bénéfice des utilisateurs du réseau, des acteurs du système électrique et des collectivités territoriales garantissant la confidentialité des données sur la consommation ou la production de ses clients, tout en fournissant des informations exploitables pour les besoins des publics concernés.

En particulier, Enedis a développé des méthodes de Differential Privacy appliquées aux séries temporelles pour protéger les courbes de consommation et de production Linky. Ces dernières étant, par exemple, nécessaires aux développeurs (bureaux d'étude, collectivités...) de projets d'autoconsommation collective pour s'assurer de la rentabilité d'un projet et dimensionner les panneaux solaires.

Cadrage

En cours

Finalisation

Terminé

Préparer les postes électriques de demain



TRL
4-5

Enedis prépare un nouveau palier de digitalisation du contrôle commande des objets du réseau et le Management System associé. Il permettra la mise en œuvre de la transition écologique en tirant parti de toutes les opportunités de la digitalisation et en s'appuyant sur des standards internationaux (norme IEC 61850) tout en assurant la cybersécurité nécessaire.

Ce nouveau palier concerne à la fois le contrôle commande des postes sources mais aussi celui des postes HTA/BT, en imaginant de nouvelles fonctions facilitant à l'intégration massive d'ENR décentralisées et le développement de nouveaux usages de l'électricité – mobilité électrique notamment. En 2022, des tests de bout en bout de l'EMIS, nouveau palier d'organe de manœuvre télécommandé pour poste HTA/BT, ont permis de démarrer son déploiement.

Cadrage

En cours

Finalisation

Terminé

Analyse de données pour optimiser la durée de vie des transformateurs HTB/HTA



TRL
8-9

Les transformateurs HTB/HTA qu'exploite Enedis dans ses postes sources, dont la durée de vie peut excéder 40 ans, sont des composants clés du réseau de distribution. Suivre l'état de santé des transformateurs de postes sources et de leurs accessoires est un enjeu important. Pour cela, Enedis a développé un système de monitoring de paramètres physiques et chimiques qui permet de détecter rapidement toute dérive pouvant réduire ses performances ou même occasionner des défaillances.

Ce système est composé d'un certain nombre de capteurs installés sur le transformateur et d'une centrale qui traite les informations selon des algorithmes spécifiques mis au point par Enedis et transmet les résultats vers un serveur distant. À titre d'exemple, l'encrassement des aéroréfrigérants, la perte d'efficacité des assécheurs ou le dysfonctionnement du régulateur en charge sont détectés de manière précoce. Enedis dispose ainsi d'un véritable outil de performance industrielle permettant l'optimisation de la maintenance et la mise en place d'une politique de rénovation programmée optimale.

Aujourd'hui, un millier de systèmes de monitoring ont été installés et il est prévu d'équiper dans les 5 ans les 4 500 transformateurs de postes sources du parc Enedis.

Cadrage

En cours

Finalisation

Terminé



Expérimenter dans le cadre des démonstrateurs smart grids

Pour aller au-delà des études et projets de recherche, il est nécessaire d'expérimenter les différentes solutions smart grids, en situation réelle, dans une approche système. L'objectif du programme de démonstrateurs smart grids d'Enedis est d'intégrer ces résultats dans une vision globale du réseau du futur.

Les démonstrateurs sont répartis sur le territoire français afin de tester les différents contextes locaux possibles, un certain nombre d'entre eux étant soutenus par l'ADEME.

Enedis est également impliquée dans plusieurs projets cofinancés par l'Union Européenne et en collaboration avec des partenaires nationaux et internationaux, acteurs du marché de l'électricité ou des technologies de la communication et de l'information, constructeurs d'équipements, start-up innovantes, organismes de recherche, universités...

DÉMONSTRATEUR	PROGRAMME	DESCRIPTION
	H2020	Conception d'une architecture SI qui permette au système électrique européen de fonctionner comme un système unique dans lequel fonctionnent une variété de marchés
	H2020	Raccordement d'installations de production renouvelable au réseau, dans le cadre de communautés énergétiques, en Europe et en Inde
	H2020	Développement et test de solutions innovantes pour contribuer au déploiement des "quartiers à énergie positive" en Europe d'ici 2050
	H2020	Implémentation de solutions numériques interopérables permettant d'ajuster la consommation électrique des bâtiments en fonction des contraintes du système électrique
	ADEME	Expérimentations des cas d'usage du "smart charging"
	Horizon Europe	Amélioration des infrastructures de recharge des véhicules électriques pour préparer leur déploiement en masse
	H2020	Développement des technologies innovantes nécessaires pour répondre aux attentes des utilisateurs et des collectivités pour le déploiement de la mobilité électrique

Des partenaires académiques pour approfondir les sujets de pointe avec les meilleurs experts

Une dizaine d'universités et laboratoires de recherche ont été choisis pour l'excellence de leurs équipes dans le cadre d'une politique partenariale structurée.



Quelques exemples :



Partenariat privilégié - Chaire SmartGrid

- Intégration des EnR et fonctionnement des réseaux
- Big Data pour les réseaux électriques
- Formations aux métiers des SmartGrid



- Prévission de consommation



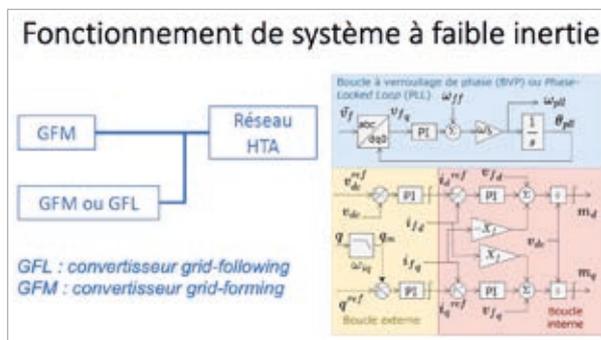
- Systèmes énergétiques locaux
- Hydrogène



- Mobilité électrique



- Statistiques
- Prévission de production EnR



- Économie et régulation



- Économie et sociologie
- Service public et sobriété



- Innovation managériale



- Changement climatique et résilience

L'Open Innovation à Enedis

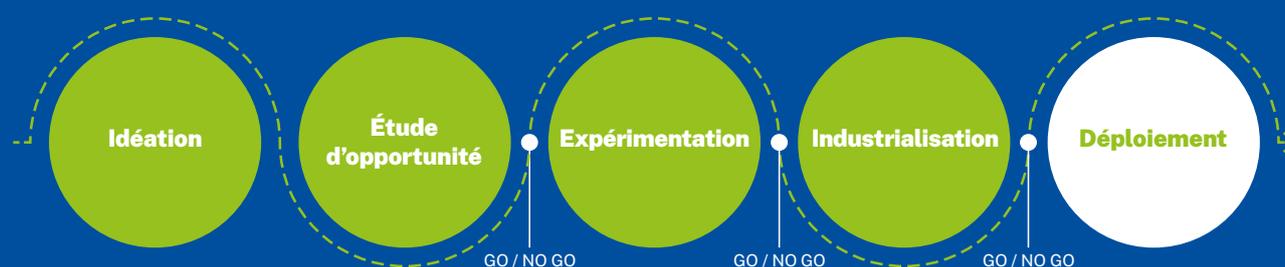


Enedis souhaite accélérer les processus de développement des nouvelles solutions.

C'est pourquoi, en complément de son dispositif de R&D et de démonstration, Enedis s'appuie depuis plusieurs années sur des start-up et des PME innovantes pour identifier et expérimenter de nouvelles solutions en vue d'améliorer la performance des différents métiers du distributeur, les outils de formation ou d'accompagnement en situation de travail, la sécurité des interventions, la relation clientèle...

L'agilité des partenaires, leur complémentarité de compétences avec les équipes d'Enedis et la stimulation de l'intelligence collective sont les points forts de cette démarche.

UN PROCESSUS DE BOUT EN BOUT



Avec la start-up AMA, Enedis propose un outil innovant qui simplifie le travail des agents et la communication avec les clients

L'application REVE simplifie et accélère les études techniques préalables aux travaux demandés par nos clients (passage de monophasé à triphasé, déplacement de tableau de comptage, modification ou suppression de branchement...): le technicien Enedis visualise à distance ce que filme le client avec son téléphone.

Cette application, par sa simplicité et son ingéniosité, peut aussi être utilisée entre techniciens Enedis sur le terrain et experts à distance, ou encore dans la relation avec les interlocuteurs des collectivités locales ou nos partenaires pour recueillir rapidement des informations et mieux comprendre une situation pratique. En évitant des déplacements inutiles, cette solution limite également les émissions de CO₂.



Enedis accompagne la décarbonation des engins agricoles avec Naio technologies

Est-il possible d'imaginer la recharge d'engins agricoles électriques robotisés au plus près de leur usage, en plein champ ? C'est le défi que Naio Technologies tente de relever avec Enedis et l'appui d'autres partenaires. Dans ce but, Enedis va créer le premier poste de distribution raccordé au réseau HTA permettant de tester la recharge de robots agricoles en plein champ et en courant continu. « *Les premiers essais de communication de la machine et du matériel Enedis sont très prometteurs. En anticipant l'arrivée d'une nouvelle technologie qui contribuera à la décarbonation d'un secteur économique, nous sommes au cœur des missions de service public* » explique Patrick Morel, Adjoint au Directeur Transition Écologique, Innovation et Numérique de la Direction Régionale Enedis Lorraine.

Enedis est une entreprise de service public, gestionnaire du réseau de distribution d'électricité qui emploie 39 000 personnes. Au service de 37 millions de clients, elle développe, exploite, modernise 1,4 million de kilomètres de réseau électrique basse et moyenne tension (230 et 20 000 volts) et gère les données associées. Enedis réalise les raccordements des clients, le dépannage 24h/24, 7J/7, le relevé des compteurs et toutes les interventions techniques. Intervenant pour le compte des collectivités locales, propriétaires des réseaux, elle est indépendante des fournisseurs d'énergie qui sont chargés de la vente et de la gestion du contrat de fourniture d'électricité.

 [enedis.officiel](https://www.facebook.com/enedis.officiel)

 [@enedis](https://twitter.com/enedis)

 [enedis.officiel](https://www.youtube.com/enedis.officiel)

ENEDIS

Enedis - Tour Enedis
34 place des Corolles
92079 Paris La Défense Cedex

[enedis.fr](https://www.enedis.fr)

SA à directoire et à conseil de surveillance
Capital de 270 037 000 €
R.C.S. de Nanterre 444 608 442
© Enedis