



ANALYSE DU COMITÉ 21

LES INFRASTRUCTURES CRITIQUES À L'ÉPREUVE DE L'ADAPTATION AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES



PUBLICATION



Illustration : Centre de crise national - <https://centredecrise.be/fr>

Note rédigée par Guillaume SIMONET-UMAÑA pour le Comité 21.

1er réseau d'acteurs
du développement durable

www.comite21.org



Table des matières

Introduction	3
Définitions et périmètre d'étude	4
Infrastructures, réseaux et changements climatiques	6
Quels niveaux d'interdépendance face aux impacts climatiques ?	7
Agir sur les interdépendances	9
Exemple des infrastructures numériques	10
Gérer les infrastructures critiques : les opérateurs en action	12
GRTgaz : Assurer l'approvisionnement en gaz dans une France à +4°C	12
La prise en compte de la dimension climatique chez ENEDIS.....	14
S'inspirer des retours d'expériences sous toutes les latitudes : l'exemple de Transdev	15
La stratégie d'adaptation de SNCF Réseau	17
La plateforme Leonard, vecteur d'accélération du « réflexe adaptation » pour le Groupe VINCI.....	18
Bibliographie	21



Introduction

Ponts éventrés, télécommunications coupées, réseaux d'eau détruits... les images de la tragédie de Valence ont eu beau se succéder, il était difficile d'en croire ses yeux devant une catastrophe climatique d'une telle ampleur en Europe. Et pourtant, les changements climatiques ont encore frappé, exploitant une nouvelle fois les conséquences de l'artificialisation urbaine effrénée des 50 dernières années. Les inondations apocalyptiques qui ont balayées Valence en novembre 2024 ont mis à l'arrêt un territoire meurtri par des dommages humains et matériels sans précédents.

Actifs estimés vitaux pour le fonctionnement d'un territoire, d'une entreprise voire d'un pays, les infrastructures critiques focalisent une nouvelle fois l'attention face à l'accélération des changements climatiques. Afin d'éviter toutes défaillances en cascade potentielles le long des multiples réseaux qui irriguent les activités socioéconomiques et assurent le bien-être des populations, de plus en plus d'opérateurs tentent de renforcer leurs actions en matière de sécurité et d'anticipation des risques climatiques.

Cette courte note a pour objectif d'offrir un tour d'horizon de la notion d'infrastructures critiques au regard des enjeux climatiques. Les exemples exposés sont en partie ceux qui furent présentés lors de plusieurs webinaires organisés par le Comité 21 dans le cadre de son programme Adaptation aux changements climatiques 2024.



Définitions et périmètre d'étude

Notre société actuelle structure la plus grande partie de son fonctionnement socioéconomique sur une multitude de réseaux interconnectés les uns aux autres (transports, électricité, télécommunication, canalisations...). Dans une dynamique de mondialisation croissante, ces artères favorisent les mobilités les échanges de ressources et d'informations, tout en augmentant leurs interdépendances les unes aux autres aussi bien à l'échelle globale que locale. Confrontés à une sollicitation croissante, ces réseaux se heurtent également à une augmentation de leur vulnérabilité face à de multiples risques.

Parmi ceux-ci, l'évolution des risques climatiques oblige progressivement les opérateurs et les autorités publiques à développer des stratégies d'adaptation afin de se réorganiser. Il s'agit en effet de mieux anticiper les scénarios de rupture d'activité, de protéger efficacement les éléments de ces maillages et de fonctionner différemment pour économiser et diversifier les ressources tout en limitant les effets rétroactifs pour ne plus contribuer à l'accélération de la problématique climatique. Dans ce cadre, on qualifie d'infrastructure critique¹ un des éléments d'un réseau interconnecté à d'autres réseaux, qui est généralement un actif estimé vital pour le fonctionnement d'un système socioéconomique identifié à une échelle donnée.

À l'échelle nationale, cette problématique s'associe notamment au dispositif interministériel de « *sécurité des activités d'importance vitale* » (AIV) créé en 2006 et piloté par le Secrétariat général de la Défense et de la Sécurité nationale (SGDSN). Cette catégorie d'activités réparties dans 12 secteurs à 4 dominantes peut être assimilée à la notion d'infrastructures critiques puisqu'elle englobe les activités qui assurent « *la production et la distribution de biens ou de services indispensables à l'exercice de l'autorité de l'État, au fonctionnement de l'économie, au maintien du potentiel de défense ou à la sécurité de la Nation* » (SGDSN, 2008) (figure 1).

¹ Terme choisi dans le cadre de cette note tout en sachant que l'on retrouve également les termes d'infrastructure « essentielle », « clé » ou « vitale », notion qui peut différer selon les pays et langues.



Figure 1. Les 12 secteurs d'activités d'importance vitale répartis en 4 dominantes (SGDSN, 2008).

L'objectif de ce dispositif est de protéger les opérateurs d'importance vitale (OIV) publics et privés, eux-mêmes définis par l'État comme des établissements « *dont la destruction ou l'avarie [...] peut présenter un danger grave pour la population.* » Dans ce dispositif, la SGDSN coordonne les actions d'anticipation, de prévention et de réponse aux crises de tous ordres et associe les OIV à l'identification des points d'importance vitale. Bien que l'action soit principalement axée sur la sécurité face à des « actes malveillants » de tout type, les impacts des changements climatiques constituent désormais des éléments scrutés de près par le SGDSN². La mise en œuvre de ce cadre implique l'ensemble des services de l'État et en particulier les préfets de zones de défense et de sécurité et les préfets de départements. Il est également à noter que la continuité de service des infrastructures de réseaux de transport et de distribution d'électricité, de transport de marchandises et de personnes et des télécommunications est encadrée en Europe (France Stratégie, 2022).

² « Alors que 2023 a confirmé notre entrée dans cette ère de polycrises, le rôle interministériel du SGDSN permet à nos autorités de disposer d'une analyse transversale pour établir des liens entre plusieurs phénomènes, qu'ils soient climatiques, financiers ou géopolitiques, et renforcer ainsi nos capacités de réaction et de résilience collectives » (SGDSN, 2024).



Infrastructures, réseaux et changements climatiques

Dans le cadre plus précis de l'adaptation aux changements climatiques, la notion d'infrastructure critique peut s'étendre à **un actif ou un réseau particulier dont la vulnérabilité aux changements climatiques menace la poursuite d'activités sociales, économiques ou environnementales à l'échelle d'un territoire ou d'une entreprise**. En d'autres termes, si un actif et/ou un réseau critique est directement ou indirectement impacté par une tendance et/ou un aléa climatique, alors cela peut entraîner des conséquences d'importance et en cascade sur la population et/ou les activités socioéconomiques et/ou l'environnement qui constituent le territoire concerné. Préférant la notion **d'infrastructure clé**, le Groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat (GIEC), la définit comme les « *nœuds et artères critiques qui comprennent les systèmes urbains d'énergie, d'alimentation, d'eau, d'assainissement, de santé, de transport et de communication* » (GIEC, 2022).

Une infrastructure critique s'inscrit dans un maillage d'autres actifs, ressources et acteurs qui le composent. Les secteurs socioéconomiques généralement associés aux infrastructures critiques englobent des ressources (agricoles, en eau, en énergie...), des services (financiers, sécurité, secours...) ou encore des bâtiments et des artères (télécommunications, santé, transports...)³. En termes d'actifs, cela peut inclure les infrastructures **sociales** (centres sanitaires et médicosociaux publics et privés, habitations, éducation, patrimoine culturel...⁴) ou les ouvrages **écologiques** (protection contre les inondations, trames vertes et bleues, gestion des déchets...⁵). Associé au fonctionnement en réseau qui se caractérise par des flux entrants et sortants, ces secteurs peuvent être touchés aussi bien dans la phase de production (données, ressources, services...) que de distribution des produits qui en résultent.

³ Plus exactement et sans être exhaustif :

- La production d'énergie (pétrole, gaz, électricité...) et sa distribution (transport, réseaux de chaleur...) ;
- Les télécommunications (centre de données et transport) ;
- L'approvisionnement, la distribution et l'évacuation en eau (eau potable, usées, de surface...) ;
- L'agriculture et la production et la distribution des produits alimentaire ;
- La santé publique et privée (centres sanitaires et médicosociaux, ambulances...) ;
- Les systèmes de transport (réseau routier, ferroviaire, aéroports, ports, navigation intérieure...) ;
- Les services financiers (banques, centres financiers...) ;
- Les services de sécurité (police, armée, secours...).

⁴ Peuvent être comprises les infrastructures assurant à la population les moyens de secours et de sécurité civile ou militaire, de subsistance et d'assurance sociale ou encore l'ensemble des actifs assurant la gestion des risques de catastrophe et de planification urbaine...

⁵ Peuvent être comprises les infrastructures assurant la lutte contre les pollutions, celles en lien avec l'agriculture urbaine, les incinérateurs...



Quels niveaux d'interdépendance face aux impacts climatiques ?

L'emploi de « critique » tient du fait que les actifs sont responsables d'une grande partie de la **base matérielle** des centres urbains, densément peuplés, et des **mécanismes permettant les flux** de personnes, de biens, de données, de déchets, d'énergie ou encore de capitaux, entre les territoires urbains et les zones rurales. Cela renvoie à l'idée **d'interdépendance** entre les actifs de ce maillage dans le sens où son fonctionnement optimal dépend du bon fonctionnement d'un de ses actifs ou des réseaux dans lesquels il s'insère. Dans un monde en pleine dynamique de globalisation, les réseaux d'infrastructures dépendent de plus en plus les uns des autres, notamment en ce qui concerne l'énergie (et l'électricité) et la communication (et les Technologies de l'information et de la communication (TIC)) sur lesquels est de plus en plus basé le fonctionnement d'autres réseaux (transports, données, commerce...). Les possibilités de **défaillance en cascade** par suite d'impacts climatiques tendanciels ou d'ampleur augmentent donc également (GIEC 2022) (**figure 2**).

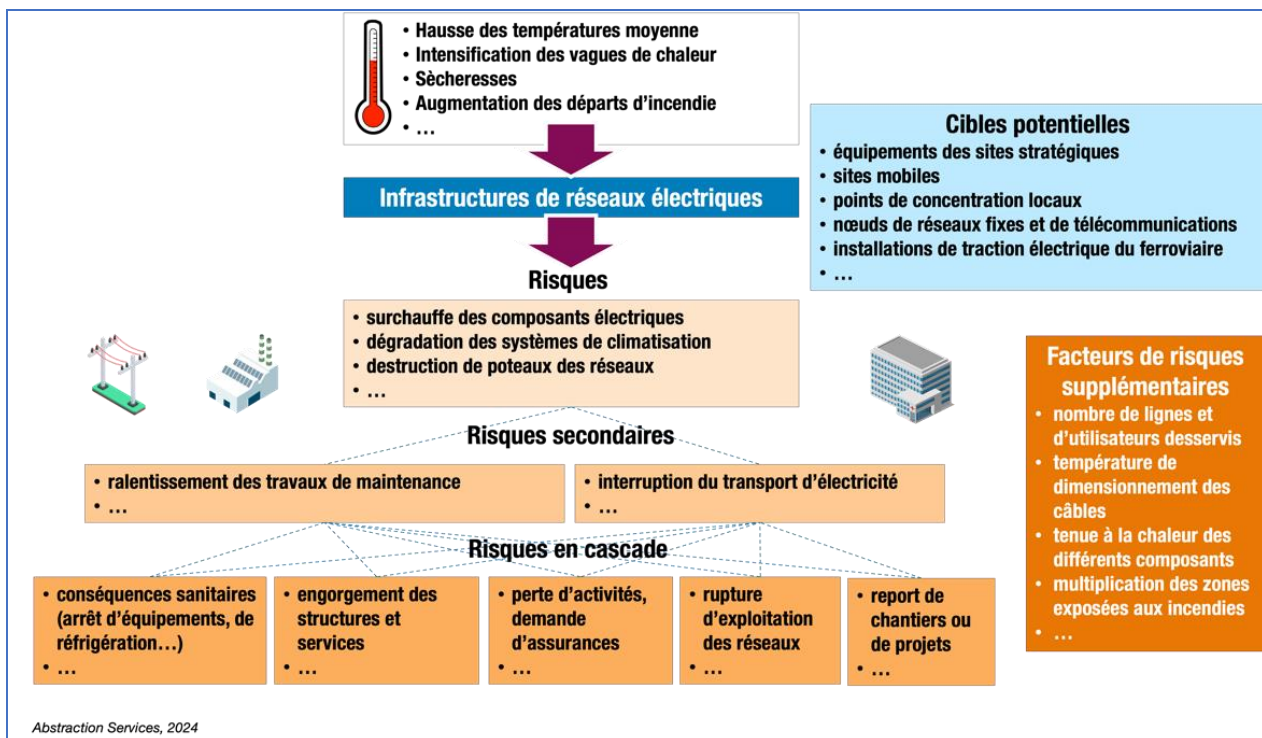


Figure 2. Exemples de défaillances en cascade issues d'infrastructures de réseaux électriques soumis à des risques d'augmentation de températures.

(Source : auteur, inspiré de France Stratégie, 2022).

Certains auteurs définissent ainsi les **interdépendances critiques** qui peuvent entraîner des paralysies partielles ou totales de fonctionnements de réseaux ou d'infrastructures (**figure 3**). Également, la proximité géographique d'actifs est un élément important. L'exposition simultanée de plusieurs infrastructures au même événement climatique extrême (inondations, ouragan, incendie...) peut entraîner des perturbations disproportionnellement plus importantes pour les réseaux interconnectés (GIEC, 2022).

	Usage	Conséquences
TIC	Transfert de données, contrôle à distance d'autres systèmes, synchronisation des horloges...	Ruptures d'activités de certaines infrastructure ferroviaires. <i>Ex. une inondation d'actifs de TIC dans une plaine inondable à récurrence bicentennale du Royaume-Uni perturberait 46 % des déplacements de passagers sur l'ensemble du réseau</i>
Eau	Production d'hydroélectricité, refroidissement de centrales thermiques et nucléaires...	Arrêt de la production d'électricité. <i>Ex. réductions de la capacité d'eau utilisable pour 61 à 74 % des centrales hydroélectriques et 81 à 86 % des centrales thermoélectriques dans le monde d'ici 2040-2069.</i>
Énergie	Alimentation d'autres systèmes d'infrastructures...	L'échec de l'approvisionnement énergétique urbain perturbe d'autres services d'infrastructure, avec des impacts disproportionnés sur les populations urbaines pauvres.
Transport	Assurent l'accès aux ressources (carburant), les déplacements d'interventions d'urgence...	<i>Ex. certaines études montrent que les perturbations urbaines causées par un événement décennal de tempête pourraient augmenter de 43 % d'ici 2080.</i>
Infrastructures vertes	Fourniture de multiples services écosystémiques en santé...	Les espaces verts peuvent favoriser le drainage urbain, le traitement des eaux usées ou encore le refroidissement urbain.

Figure 3. Exemples d'interdépendances clés à la suite d'impacts climatiques.

(Source : auteur, d'après GIEC, 2022).



Agir sur les interdépendances

L'interdépendance des réseaux et des activités font émerger de multiples défis, dont celui de la transparence d'informations. Or, dans un monde économique où la concurrence est rude, l'information fait souvent office de donnée cruciale pour diriger certaines décisions. Ainsi, les informations sur les risques climatiques encourus par des infrastructures critiques sont limitées du fait d'absence de cadres de collaboration et de sensibilité pour des raisons commerciales et sécuritaires (terrorisme, notamment), qui constituent un obstacle au partage et à la coopération entre les opérateurs.

Pour autant, plusieurs méthodes émergent afin d'étudier les niveaux d'interdépendance dans l'analyse des risques climatiques sur les infrastructures critiques. Ainsi, certains auteurs ont analysé la criticité des réseaux d'infrastructures du Royaume-Uni en intégrant des données sur la localisation, la connectivité, l'interdépendance et l'utilisation des infrastructures. L'analyse a montré que les points névralgiques de criticité sont généralement situés à la périphérie des zones urbaines où se trouvent de grandes installations dont dépendent de nombreux utilisateurs ou lorsque plusieurs infrastructures critiques sont concentrées en un seul endroit. **Dès lors, à mesure que les réseaux d'infrastructures deviennent de plus en plus interconnectés, les risques associés aux changements climatiques augmenteront et nécessiteront une approche intersectorielle de l'adaptation** (GIEC, 2022).

Afin de faciliter l'adaptation aux changements climatiques d'infrastructures de réseaux interdépendants, France Stratégie (2022) dresse trois axes de travail : le renforcement et le partage des connaissances, la mise en place d'une gouvernance nationale et l'expérimentation dans des territoires volontaires de stratégies d'adaptation qui intègrent les enjeux d'interdépendances (**figure 4**). L'organisation souligne que l'ensemble de ces initiatives pourrait contribuer à des exercices de grande ampleur, telle une évaluation nationale des risques.



Figure 4. Axes préconisés pour faciliter l'ACC des infrastructures de réseaux interdépendants.
(Source : France Stratégie, 2022).

Exemple des infrastructures numériques

Concrètement, et à titre d'exemple, la Banque des Territoires propose un accompagnement auprès des collectivités locales afin qu'elles puissent se doter de **schémas locaux de résilience** de leurs infrastructures numériques et prendre connaissance de leurs interdépendances (**figure 5**). Cet accompagnement se décline à travers une étape de sensibilisation aux risques climatiques du territoire (via un guide méthodologique), une étape d'élaboration du schéma local de résilience notamment grâce à un dispositif de cofinancement et une étape de financement des projets de sécurisation des réseaux par le biais de prêts. Plus spécifiquement, le schéma local de résilience est un outil qui a pour objectif d'identifier les risques climatiques, d'évaluer les mesures à mettre en place et de hiérarchiser les solutions d'investissements, tout en nourrissant les réflexions des acteurs industriels et institutionnels au niveau national. Il permet également aux collectivités territoriales de connaître plus finement l'écosystème de gestion de crise et les risques qui menacent leur territoire, et de répartir les investissements entre les différents acteurs responsables d'assurer la résilience des réseaux (Banque des territoires, 2023 et 2024).

Bien que spécifiquement axé sur les infrastructures numériques, la méthodologie reprend les mécanismes que l'on retrouve dans de nombreux guides qui accompagnent la mise en place d'une démarche d'adaptation aux changements climatiques. En effet, ceux-ci se caractérisent pour la plupart par une phase de sensibilisation aux enjeux climatiques, d'une étape de diagnostic de vulnérabilités que suit une étape d'identification des options d'adaptation, pour ensuite terminer sur une étape de suivi qui reboucle la méthodologie de manière itérative.

RÉSEAUX	RO	FE	ET	ED	TF	TM
Routier (RO)						
Ferroviaire (FE)						
Électricité - transport (ET)						
Électricité – distribution (ED)						
Télécommunication – fixe (TF)						
Télécommunication – mobile (TM)						

Figure 5. Lien de dépendance entre réseaux : exemple des réseaux de transport, de télécommunication et d'électricité (importance croissante selon la couleur verte, grise et rouge).
(Source : auteur, d'après Banque des territoires, 2023).

Lecture : les réseaux ferroviaire, de télécommunications et de distribution d'électricité sont fortement dépendants du réseau de transport d'électricité (rouge). Le réseau routier n'est que peu dépendant des réseaux d'électricité (à l'exception des péages ou éléments de circulation). Des interdépendances géographiques existent entre de nombreux réseaux (ex. : présence de câbles électriques et de télécommunications le long du réseau routier). Les réseaux d'électricité sont dépendants des télécommunications (ex. : pilotage de la distribution).



Gérer les infrastructures critiques : les opérateurs en action

Fragilisés dans la continuité de leurs activités et services par le biais d'aléas et de tendances climatiques de plus en plus tangibles, de nombreux opérateurs incluent désormais les changements climatiques dans la planification de leur développement et la réorganisation qui en découlent dans leurs infrastructures, leurs pratiques et la gestion de leur fonctionnement organisationnel.

GRTgaz : Assurer l'approvisionnement en gaz dans une France à +4°C

Le réseau de transport de GRTgaz représente 32 000 km de canalisations haute pression pour acheminer la ressource en gaz à 11 millions de foyers, 693 industriels et 12 centrales de production d'électricité en France. En 2023, Le gaz couvre directement 40 % des besoins de chaleur en France et environ 33% de la consommation d'énergie chez les industriels. Parallèlement, la filière biométhane a développé une capacité de production supérieure à 2 réacteurs nucléaires.

Les risques climatiques pris en compte dans les activités de GRTgaz sont déclinés en trois catégories liées à la température (vagues de chaleur, de froid et gel/neige), à l'eau (pluies intenses, sécheresse, inondations) et à d'autres variables (vent, feux) et certaines de leurs conséquences comme les glissements de terrain ou les crues en régime torrentiel. L'accès aux sites, l'intégrité des ouvrages, la santé et la sécurité du personnel sont autant d'impacts liés à ces risques, tout comme le bon fonctionnement des autres réseaux en interdépendance (l'alimentation électrique, télécommunications). Certains risques peuvent être liés entre eux (sécheresse – vagues de chaleur - feux) ou se déclinent en différents types (**figure 6**).

Type de risque	Retour d'expériences	Informations additionnelles
Inondations lentes (remontée de nappe et crues lentes de plaines...)	- pas de conséquences sur l'intégrité des canalisations - aucun dégât majeur lors des inondations 2021 et 2024	- conséquences à redouter sur l'accessibilité aux installations annexes (stations de compression, interconnexions, etc.) Favorisent le phénomène : - pluies continues et moyennes en intensité
Inondations rapides (précipitations intenses et/ou crues torrentielles dévastatrices)	- les crues torrentielles ou les glissements de terrains peuvent provoquer des dommages et fuites sur les ouvrages	- zones montagneuses ou à instabilité de sol concernées Favorisent le phénomène : - épisodes de pluies fortes et violentes - fonte rapide de grande quantité de neige
Inondations par ruissellement (urbain et agricole)	- pas de menace pour le réseau enterré (qui favorise la protection)	Favorise le phénomène : - imperméabilisation des sols
Feux de forêt	- peuvent provoquer l'endommagement de certains équipements sans impacts majeurs constatés lors des incendies en France l'été 2023	- entretien et maintenance par débroussaillage autour des zones sensibles

Figure 6. Synthèse de l'étude de plusieurs risques climatiques qui peuvent impacter l'accès aux sites et l'intégrité des ouvrages de GRTgaz.

(Source : auteur d'après Laurent GARCIA, 2024).

Afin d'anticiper les impacts climatiques potentiels futurs des inondations rapides sur son réseau, GRTgaz a effectué un diagnostic de vulnérabilité en s'alignant sur les scénarios de la TRACC France +4°C, devenue l'hypothèse de travail, tant pour la planification que le développement et la gestion des activités et des actifs à moyen et long terme. L'objectif de ces études est de renforcer le catalogue des risques étudiés et leur mise en cartographie via un couplage avec les données climatiques disponibles (données DRIAS, cartes de R4RE, etc.).

Ainsi, en prenant l'indicateur « *augmentation relative des précipitations extrêmes supérieure à 50 %* » à un horizon moyen (2050) et lointain (2100), le couplage des cartes de données climatiques obtenues avec les cartes du réseau permet de mieux évaluer les points et situations critiques. Un plan de surveillance, de maintenance et d'adaptation si nécessaire des ouvrages de GRTgaz permet ensuite de suivre de près les évolutions en cours et à venir.

Les résultats de cette évaluation des risques climatiques futurs montrent qu'un certain nombre de traversées de cours d'eau exposés aux risques de crues torrentielles pourraient nécessiter dans les

20 ans qui viennent des mesures de surveillance renforcées, voire des mesures d'adaptation de ces traversées.

Concernant les conséquences secondaires à anticiper, la question des mouvements de terrain est centrale : les mouvements lents, liés à la dynamique naturelle, peuvent entraîner une plus grande exposition aux dommages avec des risques d'accrochage et de griffure par suite de l'apparition progressive de la canalisation. En outre, des glissements de terrain rapides à la suite d'aléas climatiques d'ampleur pourraient à l'avenir exposer les canalisations à des risques de pertes de confinement.

Les options d'adaptation à mettre en place incluent la vérification d'un dimensionnement adéquat de la canalisation face à ces nouveaux risques et aux contraintes hydrauliques associées en prenant en compte les retours d'expérience internationaux et l'écart scénarisé des précipitations extrêmes avec, le cas échéant, le remplacement de la traversée sous-fluviale concernée en passant de manière plus profonde via un forage horizontal dirigé. Plusieurs de ces vérifications techniques s'appuient sur des études d'expertise réalisées par le centre de recherche de GRTgaz.

La prise en compte de la dimension climatique chez ENEDIS

L'électricité se décline en activités de transport (activité régulée), de production et de fourniture (activités en concurrence). La distribution d'électricité opérée par ENEDIS sur le territoire français concerne 36 millions de clients consommateurs, 450 000 clients producteurs et 1 400 000 kilomètres de réseaux Haute et Basse Tension.

Sur la période 2020-2025, ENEDIS déroule un plan d'actions face aux changements climatiques en trois volets : 1) réduire ses émissions de gaz à effet de serre (-20% d'ici 2025 et neutralité carbone d'ici 2050), 2) faciliter la transition énergétique et 3) adapter le réseau et la politique de maintenance et d'exploitation afin de maintenir le niveau élevé de la qualité de l'électricité distribuée. Ce dernier volet inclut la volonté de rendre le réseau plus résilient et la mise en place de systèmes pour être davantage réactif face aux aléas climatiques d'ampleur.

Les principaux aléas climatiques qui concernent le réseau électrique incluent les effets 1) de la neige collante, 2) des tempêtes, 3) des précipitations (crues et inondations) et 4) des canicules. Selon les projections aux horizons 2050 et 2100, des tendances lourdes d'évolution des impacts sont à prévoir, surtout pour les risques de précipitations et de canicules, pouvant entraîner des défaillances dans les réseaux souterrains (stratégie par ailleurs mise en place pour limiter les risques face aux tempêtes et aux épisodes de neige collante). Pour faire face à ces risques, l'accent est mis sur une politique de prévention dont les grandes orientations permettent d'envisager l'évolution du réseau de distribution d'ici 2050 à travers plusieurs actions (**figure 7**). Parmi celles-ci figure la mise en souterrain des $\frac{3}{4}$ du réseau de moyenne tension, tout en renforçant les réseaux aériens restants. Au niveau du réseau de basse tension, les réseaux dits en fils nus seront éradiqués.


Le réseau de distribution en 2050


Des évolutions profondes pour plus de résilience

En 2050, le réseau de distribution aura profondément évolué, il sera digital, pour gérer les flux en temps réel, et très majoritairement souterrain, offrant ainsi une plus grande résilience aux aléas météorologiques.

L'essentiel des risques liés au changement climatique aura été maîtrisé :

- Les réseaux Moyenne Tension aériens les plus fragiles et les réseaux Basse Tension fils nus ayant été rénovés ou supprimés, l'impact des aléas atmosphériques sera fortement réduit.
- La digitalisation du réseau permettra de gérer les flux en temps réel et d'adapter les capacités aux charges ou à la production ; les appareils numériques sensibles à la chaleur seront protégés (climatisés pour les postes-sources).
- Le réseau souterrain, devenu majoritaire, sera ausculté pour s'assurer de sa tenue durant les canicules, ce que semble confirmer aujourd'hui le benchmark des pays tropicaux mais cela devra être confirmé dans la durée.
- Les réseaux en zone inondable auront été restructurés pour annuler le nombre de clients coupés non inondés (risque centennal) ; l'augmentation du volume des pluies et la montée du niveau de la mer pourrait imposer des travaux complémentaires notamment sur les zones côtières.




L'ÉLECTRICITÉ EN RESEAU

6

Figure 7. Évolution envisagée du réseau de distribution en 2050 (source : Thierry Bara, ENEDIS, 2020)

En termes de mesures curatives, la **Force d'intervention rapide électricité (FIRE)** a été créée à la suite de la tempête de 1999. Composée de techniciens entraînés aux situations de crise et mobilisables 24h24 et 7/7 partout en France, la FIRE a vocation d'assurer la réalimentation électrique pour 90% des utilisateurs impactés dans un délai de cinq jours, objectif ramené à 48h d'ici 2025. Cette ambition s'appuie notamment sur 220 kits de matériel tenus en réserve sur 11 plateformes logistiques et sur des entreprises spécialisées mobilisables dans les régions touchées. En guise d'exemple, la tempête Alex, qui eut lieu dans l'arrière-pays niçois en octobre 2020, a détruit 31 kilomètres de réseau, 20 postes de transformation et 22 km de réseaux de basse tension. L'alimentation des 15 000 foyers privés d'électricité fut rétablie grâce à des groupes électrogènes acheminés par hélicoptères (les routes étant coupées), puis retirés au profit d'une alimentation directe via un réseau de distribution reconstruit de manière provisoire.

S'inspirer des retours d'expériences sous toutes les latitudes : l'exemple de Transdev

Transdev est un opérateur de mobilité pour le compte d'autorités organisatrices qui émanent des collectivités territoriales ou des entreprises de transport public et qui assurent le transport de 12 millions de passagers par jour par différents modes. Non propriétaires des réseaux et des ouvrages de voirie, Transdev constitue un ensemble d'opérateurs de réseaux qui assure la gestion des dépôts de bus, du matériel roulant, de la mobilisation des personnels ou encore des centres de maintenance.

Comme la plupart des entreprises, le sujet de l'adaptation aux changements climatiques est arrivé plus tardivement que les efforts de décarbonation des flottes et des activités, auquel Transdev participe à travers un accompagnement sur ces démarches de transition énergétique. L'adaptation s'est insérée dans les activités notamment à travers la question des assurances et l'inquiétude croissante du secteur voyant se multiplier les demandes d'assurances à la suite d'une multiplication d'aléas climatiques d'ampleur entraînant d'importants dommages matériels et humains. Concrètement, plusieurs séries de conséquences tangibles sur les activités du groupe consécutifs à des aléas climatiques d'ampleur, tel qu'un glissement de terrain sur un dépôt de matériel roulant, ont accéléré le dialogue sur la question de l'adaptation et les capacités à faire face à des événements climatiques qui s'accroissent. Au-delà des problématiques d'assurance, les changements climatiques posent la question des services impactés et des conséquences en termes de pénalités financières du fait de la non tenue des engagements.



Figure 8. Carte de la présence des activités de mobilité dans le monde du groupe TransDev
(Source : Jérémy ERRE, 2024)

Face à ces constats, les méthodes et les process mis en place en interne pour répondre aux défis de l'adaptation aux changements climatiques ont notamment été **élaborés à partir de retours d'expériences**. En effet, les différentes conditions météorologiques des territoires du monde où sont déployées les activités du groupe facilitent la remontée d'informations sur lesquelles peuvent être bâties des options de réorganisations (**figure 8**). Ainsi, l'expérience de pays qui connaissent déjà des situations de météo extrêmes (ex. le froid extrême du Canada qui fait geler le carburant des bus ou à l'opposé, les importantes températures de l'Arizona qui font monter le bitume jusqu'à 70°C...) interroge les capacités des services de transports et du matériel roulant. L'ensemble de ces expériences à travers le globe a permis de cibler les sites les plus exposés aux

défis météorologiques locaux puis de collecter des informations sur les pratiques et les façons de réagir. Le listing élaboré et mis en place au siège de Transdev est alors partagé avec l'ensemble des filiales afin de leur permettre d'être mieux préparées le jour où leurs activités expérimentent des aléas climatiques extrêmes. Les retours d'expériences les plus innovantes sont approfondis et soulignés afin de constituer des options d'adaptation aux évolutions climatiques à venir dans une démarche de partage de bonnes pratiques (ex. faire rouler les tramways la nuit à faible vitesse pour maintenir la chaleur des caténaires en Irlande lors de grands froids, la surélévation de panneaux électriques dans des territoires sujets à inondations répétitives...).

L'organisation décentralisée du groupe (une filiale par réseau) constitue également une force sur laquelle appuyer les réorganisations climatiques. La faible dépendance au système central permet de réagir rapidement en cas de catastrophe et d'activer des leviers d'action sur l'ensemble du territoire impacté. La possibilité de mettre rapidement les acteurs concernés autour de la table accélère la prise de décisions afin d'assurer la sécurité des réseaux de transport ou la mobilisation rapide de matériels roulants pour prêter main forte aux secours, comme ce fut le cas lors d'épisodes de grand incendie aux États-Unis. Dans ce cas, la réquisition de flottes et la mobilisation de personnels volontaires déjà formés accélèrent l'efficacité des actions et leurs coûts pragmatiques. Ajouté à cela, l'ensemble des directeurs de réseau doivent avoir connaissance des plans prévus en cas d'urgence et des plans de poursuite d'activités, ce qui optimise la rapidité et l'efficacité des choix en amont des réorganisations locales pour revoir les plannings, dévier les itinéraires et réorienter les flux afin d'assurer la continuité des services sans attendre les décisions prises à l'échelle nationale, parfois beaucoup plus lentes.

Il reste que l'adaptation aux changements climatiques fait émerger d'autres questions encore en évolution auprès des autorités organisatrices de mobilité, par exemple sur le fait que l'appropriation des enjeux dépende du client et de son niveau de connaissance de la problématique et de préparation (ex. : certaines collectivités sont très en avance, d'autres moins) ou encore les modalités de dialogue avec l'État et les collectivités territoriales pour aborder les choix de non-adaptation de certaines activités et les risques financiers et assurantiels associés à ces choix.

La stratégie d'adaptation de SNCF Réseau

SNCF Réseau a publié en 2024 sa stratégie d'ACC dans laquelle le groupe décrit l'évolution de certaines de ses pratiques au regard des enjeux climatiques en cours et à venir. Dans sa feuille de route, il est également exposé les avantages d'une « *gouvernance ouverte aux partenariats* » (SNCF, 2024). Partant du constat qu'au-delà de sa propre stratégie les démarches d'adaptation nécessitent le développement de mesures conjointement menées avec différents partenaires externes au groupe, quatre exemples d'entités sont pris. Ces organisations peuvent tout autant bénéficier des actions d'adaptation aux changements climatiques conduites par SNCF Réseau qu'à l'inverse, contribuer au développement conjoint de solutions pouvant conforter la résilience du réseau ferroviaire. Ainsi, certaines autorités organisatrices des territoires peuvent participer à la gestion et à la suppression d'arbres mettant en risque la caténaire, à la recherche d'une

optimisation concernant la gestion des eaux via le traitement de bassin ou encore à une surveillance accrue de l'usage des sols dans l'environnement proche des voies.

Concernant plusieurs de ses fournisseurs, SNCF Réseau met en avant des actions telles que la caractérisation des marges de résilience des composants actuels par rapport aux cahiers des charges, l'étude de la possibilité de définir des produits plus résilients (à la chaleur, à l'humidité, aux microorganismes, aux amplitudes de températures), proposer des dispositifs de surveillance innovants ou encore travailler sur l'outillage et les équipements de protection individuelle. Enfin, les gestionnaires des réseaux électriques, essentiels à l'activité de SNCF Réseau, sont également concernés par cette approche de recherche conjointe de stratégies d'ACC tout comme les entreprises ferroviaires. Dans ce dernier cas, SNCF Réseau souligne des actions implantées comme l'utilisation de pantographes renforcés voire des dispositifs de raclage du givre pour les trains les plus modernes, l'ajustement des systèmes de freinage pour éviter les étincelles ou encore le renforcement contre un risque particulier à partir de retours d'expériences et de suivis des activités.

La plateforme Leonard, vecteur d'accélération du « réflexe adaptation » pour le Groupe VINCI.

La démarche prospective sur le sujet de l'adaptation au changement climatique a été lancée en mars 2023 par Leonard, la plateforme de prospective et d'innovation du groupe VINCI. L'objectif de cette démarche prospective est de comprendre et de répondre au mieux aux enjeux climatiques auxquels font face les multiples activités des cinq entités du groupe (VINCI Concessions, VINCI Autoroutes, VINCI Construction, VINCI Energies, VINCI Immobilier,). Les activités de ces entités présentes dans 132 pays sont déjà affectées par les changements climatiques, que ce soit par des submersions ou inondations, des ruptures de continuité d'activité ou des dégâts entraînés par d'autres aléas climatiques.

Face à ces impacts climatiques en augmentation, plusieurs solutions sont déjà pensées et mises en œuvre pour renforcer la résilience des infrastructures et assurer la pérennité des activités. Afin de mieux s'adapter aux défis climatiques à venir, le groupe VINCI a pris le parti d'utiliser la prospective pour explorer le sujet de l'adaptation aux changements climatiques dans le but 1) d'anticiper et explorer les risques et opportunités associés, 2) de travailler des scénarios d'évolutions possibles, 3) de favoriser une prise de décision éclairée ainsi que de 4) renforcer et s'intégrer avec les stratégies environnementales du groupe déjà en cours.

Pour ce faire, il a été choisi de fonctionner en groupes de travail structurés à l'aide de membres des comités de direction VINCI et de cadres dirigeants, représentatifs des enjeux des différentes entités du Groupe, notamment pour faire remonter les besoins et les visions sur le sujet de l'adaptation. Quatre axes de travail structurent ainsi la démarche : 1) comprendre les besoins marchés actuels et futurs, 2) favoriser la montée en compétence interne, 3) proposer et développer des solutions cohérentes aux besoins et 4) accompagner au mieux les clients pour développer une réflexion systémique sur ces enjeux.

Cette démarche a pour objectif de sensibiliser et assimiler le « réflexe adaptation » chez les collaborateurs et pour ce faire, les besoins sont déclinés en trois phases :

- la phase d'apprentissage cherche à mieux cerner :
 - les besoins de sensibilisation (avec une formation-action interne dupliquée pour chaque entité et ses cas d'usage);
 - les besoins d'outils pour modéliser les risques climatiques (p. ex. en utilisant l'outil interne ResiLens développé Resalliance, l'un des bureaux d'études de Sixense Enguneering) ;
 - les besoins de solutions d'inspiration (ex. : la création d'un catalogue de solution VINCI pour l'adaptation climatique) ;
- la phase de déploiement dans les réseaux internes et externes cherche à mieux évaluer les besoins d'arguments sur le financement de projets « adaptation climatique » (ex. inciter les collectivités à s'engager vers des projets à variante « adaptation climatique », parfois plus coûteux mais bénéfiques à moyen et long terme) ;
- la phase de réponse aux appels d'offres a pour objectif de répondre aux besoins de fluidifier la transmission d'informations en interne sur les spécificités « adaptation climatiques » des projets.

Les métiers sont la clé d'entrée de cette réflexion car les activités sont diverses et multiples au sein du groupe : division en quatre grands domaines d'activités (potentiels ou déjà) concernées : 1) bâtiment et rénovation énergétique, 2) infrastructures énergétiques, 3) transport et routes et 4) infrastructures liées à l'eau.

Face aux enjeux, remontés par les collaborateurs, clients ou partenaires ou actés par des impacts, une typologie de solutions a été développée sous la forme d'un **catalogue des solutions pour l'adaptation** au changement climatique autour de 80 solutions (version 2024) constitué autour de trois axes qui correspondent à la temporalité d'action des projets du groupe : 1) Diagnostic : outils prenant en compte les spécificités climatiques pour des projets adaptés (ex. : ResiLens, CaledonIA...) 2) Prévention (ex. : des solutions comme Urbalia, Equo Vivo, Thermalia, REVILO...) et 3) Réparation (ex. : actions d'enfouissement de réseaux, de réhabilitation sous l'eau...).

Enfin, la démarche se décline autour de livrables concrets qui ont été construits à partir de remontées de besoins et d'usages en interne afin qu'ils s'intègrent au mieux dans la vie des collaborateurs VINCI. Ils ont les objectifs suivants (**figure 9**) : 1) offre de valeur pour l'adaptation climatique ; 2) assurer les infrastructures et 3) équation économique de l'adaptation.

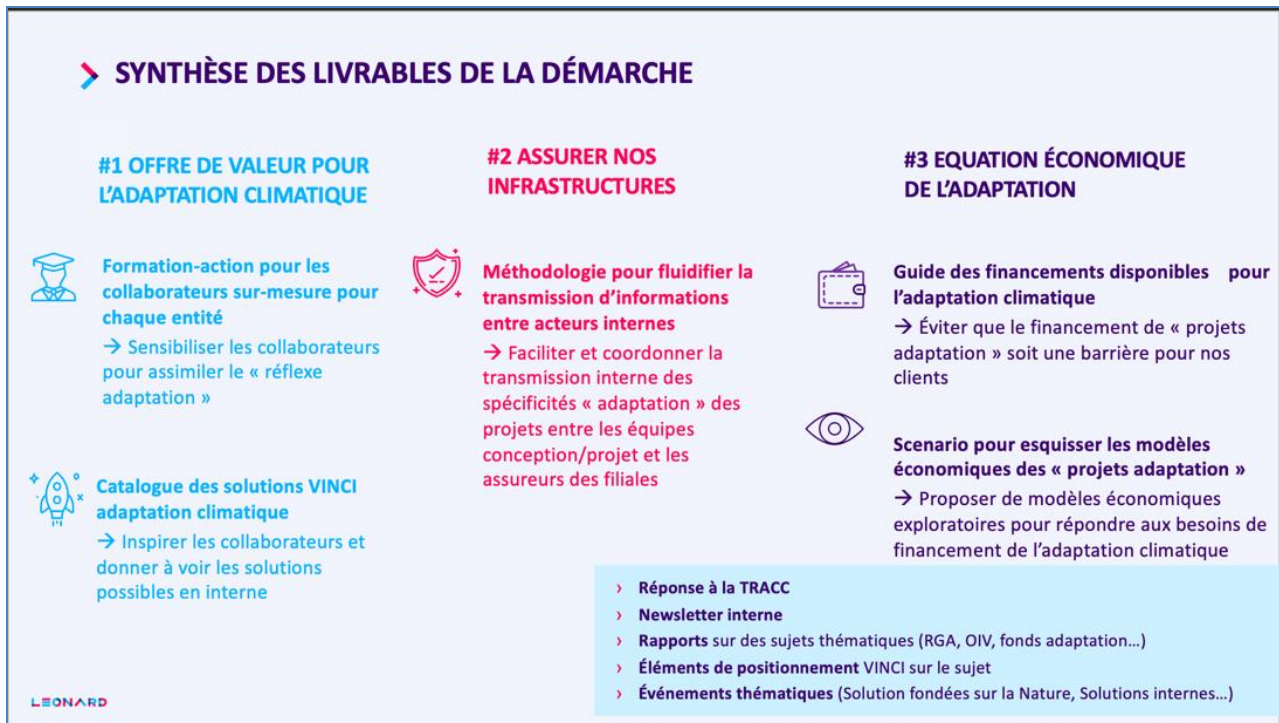


Figure 9. Synthèse des livrables de la démarche adaptation au sein de la plateforme Leonard du groupe VINCI

(Source : Valentine HUET, 2024)

En résumé, le positionnement de VINCI est d'utiliser la prospective pour faire le pont entre les besoins qui émanent de la réalité opérationnelle et la nécessité de se projeter sur le moyen et long terme par rapport aux défis climatiques auxquels les territoires et les activités font actuellement face et seront de plus en plus confrontés. La décentralisation est essentielle dans la démarche étant donnée l'ampleur des activités de l'entreprise dans le monde, laquelle nécessite une transversalité, à la fois pour mieux cerner les enjeux et nourrir l'échelle des activités par des propositions concrètes afin de faire infuser des « réflexes adaptation » auprès des collaborateurs. Dans une telle démarche, la nécessité de s'ouvrir aux autres acteurs est essentielle pour co-construire collectivement des options pertinentes, renforcer les dialogues entre les différentes organisations publiques et privées, et avancer dans une direction qui soit la plus vertueuse possible dans laquelle l'adaptation aux changements climatiques fait office de moteur face aux défis climatiques.



Bibliographie

1. Banque des territoires, (2024). *La résilience des réseaux numériques face aux défis du réchauffement climatique*. [Lien](#).
2. Banque des territoires, (2023). *Élaborer son schéma local de résilience - Guide méthodologique*. [Lien](#).
3. Comité 21, (2022). *Guide sectoriel de l'adaptation aux changements climatiques*. [Lien](#).
4. Comité 21, (2024). Webinaire#3 - *La résilience des infrastructures critiques à l'épreuve du climat*. Note de synthèse et replay – [Lien](#).
5. France Stratégie, (2023). *Les incidences économiques de l'action pour le climat – dommages et adaptation*. [Lien](#).
6. France Stratégie, (2022). *Risques climatiques, réseaux et interdépendances : le temps d'agir*. Note d'analyse n°108. [Lien](#).
7. GIEC, (2022). Chapitre 6 « *Villes, agglomérations et infrastructures clés* » (en anglais seulement). [Lien](#).
8. Label Résilience France, (20XX). *Infrastructures réseaux et changement climatique – La nécessaire anticipation*. [Lien](#).
9. SNCF, (2024). *Adaptation au changement climatique – stratégie de SNCF Réseau*. [Lien](#).
10. SGDSN, (2024). *Rapport d'activités 2023*. [Lien](#).

Cette publication fait partie du programme « Adaptation aux changements climatiques » du Comité 21 et a reçu le soutien de :

Soutenu par



**MINISTÈRE
DE LA TRANSITION
ÉCOLOGIQUE,
DE L'ÉNERGIE, DU CLIMAT
ET DE LA PRÉVENTION
DES RISQUES**

*Liberté
Égalité
Fraternité*



**BANQUE des
TERRITOIRES**



Comité 21 – Etablissement national

Maison du Développement Durable by PMRF
25-27 avenue de Villiers
75017 PARIS



Tél : 01 55 34 75 21



comite21@comite21.org



www.comite21.org