

RISQUES PHYSIQUES ET ADAPTATION AU CHANGEMENT CLIMATIQUE DE L'INDUSTRIE



Avec la contribution du programme
LIFE de l'Union Européenne



FOCUS RESEAUX

MEMO

Avril
2023



CLÉS POUR AGIR

Le changement climatique et en particulier l'augmentation des événements climatiques vont impacter les différentes infrastructures de réseaux dont dépendent la production et l'activité des industries. En effet, les réseaux (énergie, eau, télécommunication) sont soumis à des risques d'endommagement voire de coupures en lien avec des événements météorologiques ou climatiques. L'entreprise doit donc se préparer au changement climatique et l'anticiper en s'adaptant.

Ce mémo a pour objectif de présenter les notions liées aux risques physiques dans le secteur de l'industrie, notamment les impacts du changement climatique sur les infrastructures de réseaux, afin de les anticiper et de s'y adapter.

Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite selon le Code de la propriété intellectuelle (art. L 122-4) et constitue une contrefaçon réprimée par le Code pénal. Seules sont autorisées (art. 122-5) les copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé de copiste et non destinées à une utilisation collective, ainsi que les analyses et courtes citations justifiées par le caractère critique, pédagogique ou d'information de l'oeuvre à laquelle elles sont incorporées, sous réserve, toutefois, du respect des dispositions des articles L 122-10 à L 122-12 du même Code, relatives à la reproduction par reprographie.

Ce document est diffusé par l'ADEME

ADEME

20, avenue du Grésillé
BP 90 406 | 49004 Angers Cedex 01

Rédaction - ADEME : Stephia LATINO

Coordination technique - ADEME : Adeline PILLET

Direction/Service : Direction Entreprises et Transition Industrielle - Service Industrie

1. Contexte¹

Le monde connaît aujourd'hui un réchauffement qui dépasse déjà +1 °C par rapport à la période préindustrielle (1850-1900). Les changements climatiques touchent déjà toutes les régions du monde. Les vagues de chaleur recensées à l'échelle nationale ont par exemple été deux fois plus nombreuses entre 1982 et 2018 qu'entre 1947 et 1981².

Ainsi, l'adaptation au système climatique actuel et futur est essentielle et doit être prise en compte en coordination avec les efforts d'atténuation. Tous les acteurs (acteurs privés, entreprises, territoires, gouvernements, etc.) doivent commencer à agir dès maintenant pour s'adapter.

L'augmentation des événements climatiques impactera les réseaux d'énergie, d'eau et de télécommunication. Cela risque d'affecter momentanément l'approvisionnement des industries en électricité, en eau ou en gaz, alors que la plupart des procédés industriels énergivores nécessitent un approvisionnement continu³. Les connections aux réseaux d'eau et de télécommunication, dont dépendent l'activité industrielle, pourront également être impactées. L'entreprise doit donc se préparer au changement climatique et anticiper.

Le **changement climatique** correspond à des évolutions climatiques de long terme, s'ajoutant à la variabilité naturelle du climat (choc ponctuel), provoquant un stress climatique.

Les **aléas climatiques** sont les événements ou tendances climatiques physiques (sécheresses, inondations, tempêtes, canicules, etc.) qui peuvent causer des dommages aux personnes (blessures ou autres répercussions sur la santé), ainsi que des dommages et des pertes aux biens, aux infrastructures, aux écosystèmes et aux ressources environnementales (GIEC, 2014).

De façon générale, les impacts sur les infrastructures de réseaux peuvent affecter les entreprises de trois façons⁴ :

- Par des **impacts directs**. Il s'agit des effets les plus immédiats et visibles sur les infrastructures et donc sur la production industrielle. Par exemple en période de sécheresse, une machine qui utilise de l'eau pour refroidir un procédé pourra subir un impact direct négatif sur sa production.
- Par des **impacts indirects**. Ils sont moins immédiats et visibles mais affectent les décisions d'investissements de l'industrie et sa production en termes de composition et d'innovations. Par exemple, si une industrie subit des coupures d'électricité qui l'obligent à passer régulièrement à une production manuelle, elle sera moins susceptible de moderniser ses équipements pour des technologies plus productives.
- Par les **coûts d'adaptation**. Les impacts du changement climatique peuvent affecter les coûts supportés par les industries. Par exemple, un générateur de secours va réduire le risque direct de coupures d'électricité face aux événements climatiques mais à des coûts d'exploitation et d'achat initial élevés qui vont empêcher d'autres investissements plus productifs ou moins énergivores.

¹**SOURCES** : WRI, basé sur une revue des rapports du GIEC (2014a, 2021, 2018, 2019a, 2019b) et adapté des travaux de l'I4CE

²<https://www.adaptation-changement-climatique.gouv.fr/adaptation/a-quoi-sadapte-t-on/acteur-economique-quoi-sadapte-t>

³ADEME, *Transition(s) 2050, Feuilleton adaptation au changement climatique: transports, agriculture, forêts, industries, bâtiments*.

⁴World Bank Group, S. Hallegatte, J. Rentschler, J. Rozenberg (2019), *Lifelines, The Resilient Infrastructure Opportunity, Sustainable Infrastructure Series*

Quels sont les types d'évènements climatiques ?

On distingue généralement deux types d'évènements climatiques. Les **évènements climatiques graduels** correspondent à des changements à long terme des climats, qui peuvent progressivement détériorer, voir bouleverser la productivité d'un secteur ou d'une activité industrielle.

Les **évènements climatiques extrêmes** sont liés à l'intensité d'évènements climatiques soudains et extrêmes qui peuvent détruire des actifs physiques et réduire l'activité économique industrielle, ou encore perturber la chaîne de valeur.

Tableau 1 : Les évènements climatiques graduels et extrêmes

ÉVÉNEMENTS CLIMATIQUES GRADUELS	Inclus	ÉVÉNEMENTS CLIMATIQUES EXTRÊMES	Inclus
 Augmentation soutenue des températures	Ilots de chaleur urbain	 Températures extrêmes	Gel Vagues de chaleur
 Modification du régime des précipitations		 Sécheresses	Etiages sévères
 Stress hydrique	Dégradation de la qualité de l'eau	 Feux de forêt	
 Changements du niveau de la mer	Erosion côtière	 Précipitations extrêmes	
 Acidification des océans		 Grêle	
		 Niveau extrême des mers (onde de tempête)	
		 Inondations	Par débordement de cours d'eau Par ruissellement Par remontée de nappe Par submersion marine
		 Glissements de terrains & mouvements de masses	Retrait-Gonflement des argiles
		 Vents extrêmes	Tempêtes
		 Tornades	
		 Cyclones tropicaux	

Les éléments présentés dans ce document concernent les infrastructures de réseaux européens, avec des précisions pour la France. Les variations actuelles et futures d'offre et de demande liées au changement climatique, ainsi que les impacts sur la production d'énergie ne sont pas traités⁵. Uniquement les risques physiques et l'adaptation au changement climatique sur les infrastructures de réseaux d'énergie, d'eau et de télécommunication sont présentés ici.

⁵En ce qui concerne le système électrique en France, voir le feuillet « Transition(s) 2050 – Quels impacts du changement climatique sur le système électrique à l'horizon 2050 ? », ADEME 2023

2. Analyser l'exposition des réseaux aux événements climatiques

Comprendre l'exposition des infrastructures de réseaux européens aux événements climatiques permet d'identifier les impacts potentiels sur l'activité et la production des industries.

Comment y parvenir ?

La **cartographie** géophysique est une méthode pour analyser son exposition. Différents événements climatiques et horizons de temps sont à étudier à une échelle pertinente pour le site industriel et les infrastructures de réseaux auxquelles il est rattaché. Même si ces projections comportent des incertitudes, elles permettent de comprendre l'exposition potentielle des infrastructures de réseaux aux événements climatiques sur le territoire européen et français, ainsi que celle des activités industrielles qui dépendent du bon fonctionnement de ses divers réseaux.

L'accès à la donnée et la gestion de l'incertitude : deux enjeux de l'analyse de l'exposition

Il existe des **données** en libre accès qui permettent d'effectuer une première évaluation de l'exposition d'une zone (voir la Section 2 de la publication *Risques physiques et adaptation au changement climatique de l'industrie – Focus Bâtiment* de l'ADEME pour une liste de sources de données). Certaines données sont plus accessibles et permettent de sensibiliser et d'effectuer une première évaluation de l'exposition. Pour travailler sur un plan d'action d'adaptation précis, il est important de croiser des données comportant des projections climatiques sur plusieurs scénarios et issues de différentes sources, ce qui nécessite un certain **niveau d'expertise**.

Toute projection de changement climatique comporte de **l'incertitude**, qui dépend de nombreux facteurs (résolution spatiale, variable climatique choisie et aspects temporels notamment). L'adaptation au changement climatique des infrastructures de réseaux, et plus particulièrement énergétiques, rajoute de l'incertitude du fait de changements rapides et parfois imprédictibles sur le contexte politique, réglementaire, économique, social et technologique. Cette incertitude ne doit cependant pas empêcher l'étude des risques physiques et le développement de plans d'adaptation.

Il existe des méthodes de planification qui permettent de s'adapter dans un contexte incertain (Prise de Décision Robuste et Planification par trajectoires notamment, voir Section 5.2 de ce document et Section 5.2 de la publication *Risques physiques et adaptation au changement climatique de l'industrie – Focus Transport* de l'ADEME). Par ailleurs les acteurs gestionnaires d'infrastructures de réseaux, et notamment d'énergie, ont l'habitude de prendre des décisions en situation d'incertitude. Le changement climatique et ses impacts est une dimension supplémentaire à intégrer.

SOURCE : European Environment Agency (EEA) (2019), *Adaptation challenges and opportunities for the European energy system, Building a climate-resilient low-carbon system*

Lors de l'étude de son exposition, la **dimension territoriale** est une composante centrale de l'analyse des risques climatiques physiques d'une industrie. En effet, les régions ne sont pas toutes impactées de la même manière par les événements climatiques. Il est alors nécessaire de réaliser une étude territoriale spécifique en analysant les différents événements climatiques pouvant impacter plus fortement la zone, tout en prenant en compte les caractéristiques propres de l'entreprise et de son site. Cette dimension territoriale est liée aux interdépendances géographiques (localisation physique) des infrastructures de réseaux. France

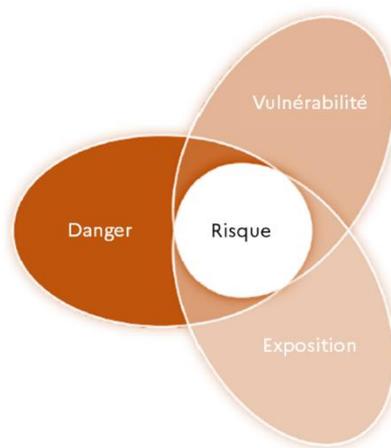
Stratégie souligne que « l'identification des territoires présentant des spécificités géographiques porteuses de vulnérabilités (enclavement, altitude, fortes pentes, littoraux, etc.) pourrait venir alimenter une réflexion sur la différenciation des stratégies d'adaptation et des modalités d'accompagnement à mettre en place »⁶. L'analyse des vulnérabilités est l'étape suivante celle de l'exposition, qui sont toutes les deux à réaliser au niveau local du territoire.

⁶France Stratégie (Mai 2022), *Risques climatiques, réseaux et interdépendances : le temps d'agir*

3. Définir la vulnérabilité des réseaux à ces évènements climatiques

L'analyse des vulnérabilités est l'étape suivant l'identification des évènements climatiques qui peuvent impacter les infrastructures de réseaux. Celle-ci permet de définir sa prédisposition à subir les impacts négatifs de ces évènements climatiques qui peuvent affecter les différents types de réseaux (eau, énergie, télécommunication, etc.), aussi bien enterrés qu'aériens. Il s'agit donc d'une étape clé pour **déterminer les impacts climatiques potentiels sur l'industrie et son activité, afin de s'y adapter.**

Pour déterminer un risque, il faut s'intéresser à l'interaction entre un **danger** (déclenché par un aléa, un évènement ou une tendance liée aux changements climatiques), **l'exposition** (personnes, biens ou écosystèmes à risque) et la **vulnérabilité** (susceptibilité de subir des dommages) (selon le GIEC, 2014).



3.1. Principales vulnérabilités des infrastructures de réseaux à plusieurs évènements climatiques

Le tableau ci-après présente de façon non exhaustive, pour plusieurs évènements climatiques, les composantes des infrastructures de réseaux et autres caractéristiques qui peuvent augmenter leur vulnérabilité. Les éléments présentés ci-dessous donnent des premières pistes lors de l'analyse de risque de son activité industrielle et de sa productivité qui dépendent entre autres des infrastructures de réseaux.

Tableau 3 : Les principales vulnérabilités des infrastructures de réseaux à plusieurs évènements climatiques⁷

Type d'évènement climatique	Composantes et caractéristiques des infrastructures de réseaux qui peuvent augmenter leur vulnérabilité à certains évènements climatiques
Multi-évènements climatiques	<ul style="list-style-type: none"> Augmentation de la vulnérabilité des infrastructures et systèmes de réseaux en cas d'évènement climatiques s'ils sont déjà fragilisés ou mal-entretenus
Pénurie d'eau et stress hydrique 	<ul style="list-style-type: none"> Dépendance des réseaux à l'alimentation en eau
Tempêtes, gèle, neige, vents violents 	<ul style="list-style-type: none"> Densité de couverture forestière importante à proximité des infrastructures de réseaux augmentant le risque de coupures en cas de tempêtes, ou de vents violents
Augmentation des températures et vagues de chaleur 	<ul style="list-style-type: none"> Sensibilité accrue des réseaux enterrés à l'augmentation de la température Sensibilité intrinsèque des équipements des sites stratégiques, des sites mobiles et des points de concentration locaux des réseaux fixes et des réseaux de télécommunications, ou encore les installations de traction électrique du réseau ferroviaire
Inondations (par remontée de nappes, débordement de cours d'eau, submersion marine et ruissellement) 	<ul style="list-style-type: none"> Présence de cuves d'hydrocarbures Equipements critiques sensibles en sous-sol voire en rez-de-chaussée : tableau électrique, centrale de chauffage, ventilation ou climatisation, informatiques et télécoms Centres de données & 'landing stations' particulièrement vulnérables aux inondations à cause des grandes quantités d'équipements de télécommunication impliquées

3.2. Focus sur certaines vulnérabilités

3.2.1. Interdépendances et interconnexions: sources importantes de vulnérabilités des infrastructures de réseaux

Les réseaux sont caractérisés par de nombreux liens de dépendances de différents types, ce qui accentue leur vulnérabilité au changement climatique. De façon générale, plus les réseaux

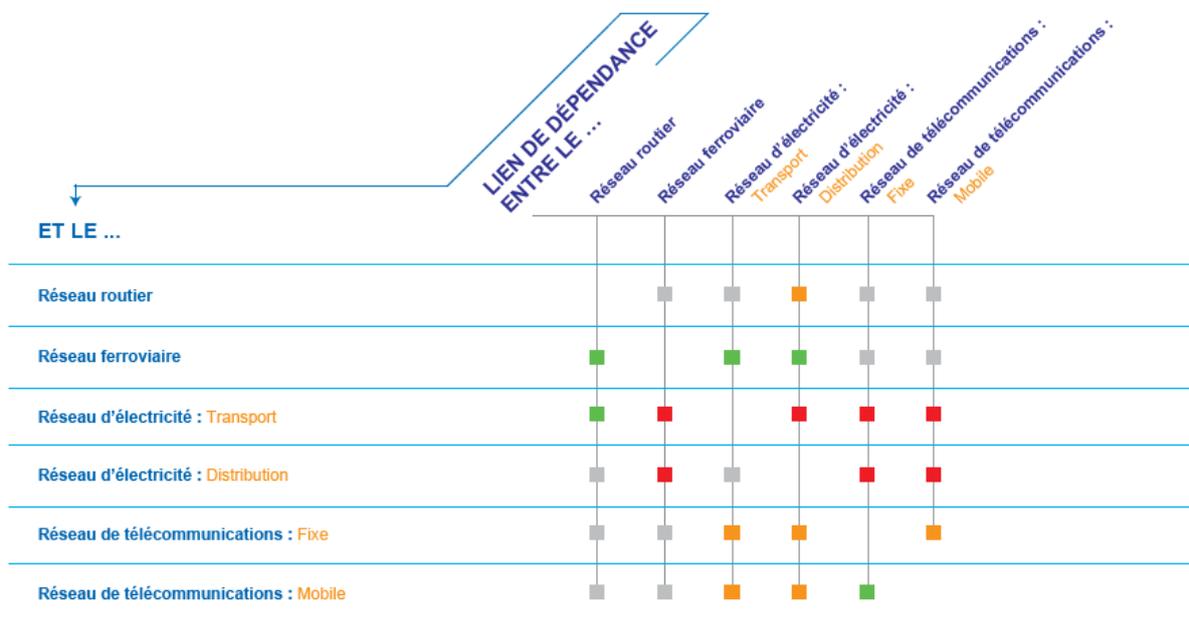
⁷ SOURCES : Observatoire de l'Immobilier Durable (OID), Guide des actions adaptatives au changement climatique, le bâtiment face aux aléas climatiques; Fiches aléas de l'Observatoire de l'Immobilier Durable, Bat-Adapt; World Bank Group, S. Hallegatte, J. Rentschler, J. Rozenberg (2019), Lifelines, The Resilient Infrastructure Opportunity, Sustainable Infrastructure; France Stratégie (Mai 2022), Risques climatiques, réseaux et interdépendances : le temps d'agir

sont **interconnectés et interdépendants**, plus les impacts du changement climatique peuvent être importants. On distingue quatre types de connexions et interdépendances :

- **Physiques**, lorsque l'on dépend matériellement d'un autre. Par exemple, le réseau de transport (maritime, ferroviaire, aérien, etc.) dépend du réseau électrique.
- **Cyber**, lorsque la dépendance est liée à une information d'une autre infrastructure. Par exemple, la dépendance des lignes ferroviaires aux câbles électriques situés à proximité.
- **Géographiques**, lorsque c'est l'environnement qui peut affecter simultanément plusieurs systèmes locaux, par exemple du fait du rassemblement des câbles électriques et de télécommunications sur les mêmes poteaux.
- **Logiques**, tout autre connexion telle que les réseaux de télécommunication pour l'utilisation de technologies d'information et de communication.

Il est nécessaire d'étudier ces interdépendances afin de ne pas sous-estimer les vulnérabilités et donc les impacts réels des événements climatiques car elles sont à l'origine d'effets cascades (voir Section 4).⁸

Tableau 2 : Vision qualitative des interdépendances entre les différents types de réseaux



Note : la couleur indique le degré du lien de dépendance du réseau en colonne vis-à-vis de celui en ligne : le lien de dépendance est plus important dans le cas d'une case rouge que dans celui d'une case verte.

Lecture : le réseau ferroviaire, le réseau de télécommunications et le réseau de distribution d'électricité sont fortement dépendants du réseau de transport d'électricité (cases en rouge). En revanche, le réseau routier n'est que peu dépendant des réseaux d'électricité, à l'exception d'interdépendances liées aux péages ou éléments de circulation (cases en gris). Des interdépendances géographiques existent entre de nombreux réseaux et en particulier avec le réseau routier, compte tenu de la présence des câbles électriques ou de télécommunications sous les routes ou le long de celles-ci (première ligne du tableau). Les réseaux d'électricité sont dépendants des télécommunications, notamment dans le cas du pilotage de la distribution par exemple (cases en orange).

Source : France Stratégie

Par ailleurs, l'interconnexion croissante des réseaux d'énergie nationaux à celui européen augmente l'interdépendance entre les pays et donc leurs vulnérabilités face à un événement climatique qui pourrait entraîner des **répercussions en cascade au-delà des frontières nationales**⁹.

⁸SOURCES : World Bank Group, S. Hallegatte, J. Rentschler, J. Rozenberg (2019), *Lifelines, The Resilient Infrastructure Opportunity, Sustainable Infrastructure*; France Stratégie (Mai 2022), *Risques climatiques, réseaux et interdépendances : le temps d'agir*

⁹EEA (2017), *Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2016, An indicator-based report*

La production industrielle est aussi fortement **dépendante de la chaîne de valeur** à laquelle elle est connectée. Ainsi, des vulnérabilités en amont ou en aval peuvent propager des risques physiques à l'ensemble de la chaîne de valeur, et donc affecter la production industrielle.

3.2.2. L'eau : enjeu majeur de l'adaptation

D'après les Agences de l'Eau¹⁰, la hausse des températures va provoquer en France :

- Des périodes de pénurie et d'excès d'eau par l'augmentation de l'intensité et de la fréquence de phénomènes extrêmes (sécheresses plus longues, pluies violentes, etc.).
- Moins de disponibilité en eau à l'état « liquide » et une augmentation de la température des eaux de surface.

Ainsi, la quantité d'eau disponible sera plus faible et les débits d'eau également. Les Agences de l'eau estiment une diminution de 10% à 50% du débit en période sèche pour les grands fleuves français et une diminution de 10% à 30% pour les nappes.

Cette **diminution de la disponibilité en eau** dû au changement climatique constitue une vulnérabilité pour la production d'énergie et pour les infrastructures de réseaux. Le Haut Conseil pour le Climat identifie la pénurie en eau comme l'un des quatre risques majeurs pour l'Europe de l'Ouest. Ce risque va s'intensifier avec le réchauffement climatique planétaire et induire des pertes économiques pour de multiples secteurs.

L'eau et l'énergie ont une interdépendance particulière. Le secteur de l'énergie a des besoins importants en eau. C'est le cas par exemple des barrages hydroélectriques. Par ailleurs, le secteur de l'eau est un consommateur majeur d'énergie, on peut citer l'exemple du traitement des eaux usées. Cette interdépendance peut être définie comme le '*Energy-Water Nexus*' et devrait s'intensifier au fil du temps du fait du changement climatique et de ses impacts, provoquant notamment du stress hydriques¹¹ (ratio élevé des prélèvements totaux d'eau par rapport aux réserves d'eau). Les changements de modes de consommations, la croissance de la population, les scénarios de décarbonation des différents secteurs industriels et les changements d'énergie que cela implique, sont aussi des facteurs qui peuvent influencer ce *Energy-Water Nexus*. Il s'agit d'interconnexions et de synergies essentielles à prendre en compte. Cela accroît la vulnérabilité de l'énergie, de sa production et donc également celle des infrastructures de réseaux indispensables à l'industrie.

3.2.3. Les réseaux de demain : potentielles vulnérabilités à anticiper pour les industries¹²

Afin de répondre aux enjeux de l'atténuation au changement climatique, les technologies de décarbonation mobilisées dans l'industrie impliquent le développement de diverses infrastructures de réseaux associées. Cela peut augmenter les vulnérabilités auxquelles l'industrie doit faire face étant donné les risques que peuvent présenter ces futurs réseaux.

- L'expansion et le renforcement des réseaux électriques nécessaires à la décarbonation de l'industrie dans le cas d'électrification de certains procédés industriels entraînent

¹⁰ Site de les Agences de l'Eau <https://www.lesagencesdeleau.fr/>

¹¹European Environment Agency (EEA) (2019), *Adaptation challenges and opportunities for the European energy system, Building a climate-resilient low-carbon system*

¹²ADEME (2022), *Transition(s) 2050, Choisir maintenant pour le climat. Feuilleton Adaptation au changement climatique: transports, agriculture, forêts, industries, bâtiments*

des risques du fait de la vulnérabilité de ces derniers aux vagues de chaleur, aux tempêtes et à l'accumulations de neige et de glace notamment.

- Les infrastructures de gaz se développeront davantage. Les risques sont notamment sur celles situées sur les côtes et en mer, qui constituent des vulnérabilités plus importantes pour l'industrie.
- La biomasse comme levier de décarbonation en tant que matière première et source d'énergie sera impactée par des tensions sur la ressource en eau qui conduirait à des potentielles baisses de productivité. Cela sera accentué par des usages qu'on projette croissant de la biomasse, créant des tensions et éventuelles ruptures d'approvisionnement pour l'industrie.

Ces **vulnérabilités des industries liées aux réseaux de demain** sont à prendre en compte dès la **phase d'étude** des technologies et les leviers de décarbonation afin de transformer les risques en opportunités et en avantages.

4. Impacts sur l'activité et la productivité des industries

4.1. Effets cascades et principaux impacts

Les risques climatiques physiques dépendent des spécificités des différentes infrastructures de réseaux, des interconnexions, des interdépendances et du territoire dans lequel elles se situent.

L'analyse des impacts du changement climatique, au travers de diagnostics partagés, est nécessaire pour comprendre les effets sur les réseaux, leurs fonctionnements et leurs utilisations, tout en considérant l'incertitude inhérente des risques climatiques. Il s'agit des premières étapes pour la prévention et la gestion de ces risques grâce à la détermination des conséquences potentielles du changement climatique sur l'activité industrielle.

Effets cascades

« En cas de choc, les perturbations dans un système d'infrastructure peuvent donc se traduire par des perturbations dans les **systèmes dépendants** et causer un effet en cascade qui amplifie considérablement l'impact de l'événement initial. (Kadri, Birregah, and Châtelet 2014) »

Par exemple, « des vents violents peuvent engendrer des dommages importants sur les infrastructures de transport et/ou de distribution d'électricité. En cascade, le trafic ferroviaire peut être interrompu et les serveurs de réseaux de télécommunications peuvent subir des pannes. L'ensemble a des impacts socioéconomiques plus larges que les seuls dommages physiques sur les infrastructures de réseau. En France, le programme de sécurisation mécanique du réseau de transport d'électricité a permis de limiter les probabilités d'effets en cascade décrits dans le schéma pour l'aléa tempête. »

Étant donné les interactions de systèmes hautement complexes, ces effets cascades sont généralement difficiles à anticiper. **La compréhension de la nature et de la direction des interdépendances qui caractérisent les systèmes permet d'avoir des premiers éléments sur les effets cascades potentiels.**

SOURCES : World Bank Group, S. Hallegatte, J. Rentschler, J. Rozenberg (2019), Lifelines, The Resilient Infrastructure Opportunity, Sustainable Infrastructure ; France Stratégie (Mai 2022), Risques climatiques, réseaux et interdépendances : le temps d'agir

Le tableau ci-après présente de façon non exhaustive les principaux impacts de plusieurs événements climatiques sur les infrastructures de réseaux. Cela permet d’avoir une première idée des risques physiques que les industries peuvent subir face au changement climatique.

Tableau 4 : Quelques impacts de plusieurs événements climatiques sur les infrastructures de réseaux¹³

Type d'évènement climatique	Impacts
Pénurie d'eau et stress hydrique 	<ul style="list-style-type: none"> Risques liés à une demande en eau croissante, une augmentation de l'évaporation et une disponibilité des ressources changeante (e.g. baisse du niveau des nappes phréatiques)
Vagues de chaleur et températures élevées 	<ul style="list-style-type: none"> Dysfonctionnement voire arrêt des équipements, volontaire (éviter la surchauffe) ou involontaire : climatisation, équipements informatiques, machines de production, etc. Détérioration des structures, enveloppes et réseaux de plomberie à l'origine de fuites : fissuration des bétons, dilatation des composants métalliques et matériaux de couverture (toitures en zinc, plomb), craquelure des enduits Réduction de la capacité de débit des gazoducs Augmentation de la perte de transmission et de la capacité du système par l'augmentation de la résistance des lignes électriques dû aux températures élevées
Retrait-Gonflement des Argiles (RGA) 	<ul style="list-style-type: none"> Risque de fuites des réseaux enterrés
Températures extrêmes basses 	<ul style="list-style-type: none"> Risque gel des lignes, d'accumulation de neige ou de glace sur les réseaux de distribution aérienne d'électricité et les actifs connexes Risque de gel des réserves d'eau
Tempêtes, gèle, neige, vents violents 	<ul style="list-style-type: none"> Augmentation de disfonctionnements pour les réseaux de distribution d'énergie à cause des tempêtes Domages et perturbations causés par la chute d'arbres (ou de leurs branches) sur l'infrastructure ou le bien

¹³ SOURCES : Climate Expert (2017), Guide méthodologique pour l'Adaptation au changement climatique des Zones Industrielles (Existantes); European Environment Agency (EEA) (2019), Adaptation challenges and opportunities for the European energy system, Building a climate-resilient low-carbon system; Fiches aléas de l'Observatoire de l'Immobilier Durable, Bat-Adapt; World Bank Group, S. Hallegatte, J. Rentschler, J. Rozenberg (2019), Lifelines, The Resilient Infrastructure Opportunity, Sustainable Infrastructure Series; EEA (2017), Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2016, An indicator-based report; France Stratégie (Mai 2022), Risques climatiques, réseaux et interdépendances: le temps d'agir; CEN/CENELEC (March 2022), Tailored guidance for standardization technical committees: How to include adaptation to climate change (ACC) in european infrastructure standards.

	<ul style="list-style-type: none"> • Perturbation de la transmission et la distribution de l'électricité lorsque des débris volent sur les lignes ou lorsque des poteaux de transmission sont endommagés • Endommagement des conducteurs et déconnection des infrastructures aériennes (câbles, lignes, etc.) par des courts-circuits notamment, menant à des surtensions et endommageant des équipements supplémentaires • Déstabilisation des pylônes, antennes ou poteaux nécessaires au fonctionnement de la boucle locale pour les opérateurs de télécommunications
<p>Sécheresses et feux de forêts</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Risques de surchauffe, voire d'incendie pour les composants électroniques et électriques des réseaux • Interruption du transport d'électricité ou des télécommunications en fonction de la température de dimensionnement des câbles et de la tenue à la chaleur des différents composants • Rupture d'exploitation des réseaux d'électricité ainsi que de destruction des poteaux des réseaux de télécommunications, du fait de la multiplication des zones susceptibles de subir des incendies • Dégradation des systèmes de climatisation d'équipements sur les sites stratégiques et les grands sites des réseaux de télécommunications, ou sur les points de concentration locaux des réseaux fixes, pouvant avoir un fort impact selon le nombre de lignes et d'utilisateurs desservis
<p>Inondations (par remontée de nappes, débordement de cours d'eau, submersion marine et ruissellement)</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Risques de coupures de la circulation à la suite de déformations structurelles des infrastructures, d'endommagement, voire la destruction localisée de certaines portions d'infrastructures (pylônes et antennes) des réseaux d'électricité (individuels et collectifs) ou de télécommunication et systèmes de contrôle • Risques accrus pour les réseaux de transports et de distribution d'énergie, ainsi que les sous-stations électriques à cause des inondations dans les terres • Endommagement et de fuites des canalisations (eau, gaz, etc.) • Risques pour l'approvisionnement en énergie • Difficultés dans le fonctionnement des installations du réseau de gaz naturel/GNL et de dommages aux raffineries et aux terminaux côtiers • Risques de soulèvement des cuves (fioul)

Les impacts sur les infrastructures de télécommunication

Les infrastructures de télécommunication, d'information et de communication sont un réseau global composé de différents éléments qui sont plus ou moins vulnérables aux différents événements climatiques.

Le tableau 5 présente l'ampleur des impacts de plusieurs événements climatiques sur les infrastructures de télécommunication, estimés qualitativement d'après des études commandées par des agences sectorielles publiques au Royaume-Uni et aux Etats-Unis, ainsi que dans le milieu universitaire.

Tableau 5 : Impacts estimés de plusieurs événements climatiques sur les infrastructures de télécommunication

	Inondations	Augmentation du niveau de la mer	Températures extrêmes hautes	Pénuries d'eau	Vents extrêmes et tempêtes
Câbles sous-marins en eau profonde	F	F	F	F	F
Câbles sous-marins près des côtes	F	F	F	F	F
Station d'atterrissage des câbles sous-marins	E	E	F	F	F
Câbles terrestres sous terrains	M	F	F	F	F
Câbles terrestres sur terre	F	F	F	F	M
Centres de données	E	F	M	M	F
Tours et antennes de transmissions sans fils	F	F	F	F	E

Source : Adapté de Adams et al. 2014 ; Dawson et al. 2018 ; Fu, Horrocks, and Winnie 2016 ; and U.S Department of Homeland Security 2017. Niveau de vulnérabilité : F = Faible ; M = Moyen ; E = Elevé

L'augmentation de la densité et de la redondance des infrastructures de réseaux participe, entre autres, à réduire la vulnérabilité des infrastructures de réseaux de télécommunication (voir Section 5.3 de ce document).

SOURCE : World Bank Group Lifelines (2019), *The Resilient Infrastructure Opportunity*, S. Hallegatte, J. Rentschler, J. Rozenberg

4.2. Cas concrets

Le cas concret de Xynthia – Pays de Loire et Vendée, 27 et 28 février 2010¹⁴

La tempête Xynthia est arrivée sur la côte ouest de la France, depuis la côte atlantique des Pyrénées jusqu'à la Normandie, dans la nuit du 27 au 28 février 2010. Le caractère exceptionnel de cette tempête Xynthia, créant une submersion marine, est dû à la concomitance :

- De vents extrêmes, avec des rafales jusqu'à 160 km/h sur le littoral et 120 km/h dans les terres, provoquant notamment des modifications de mouvement des masses d'eau et des déferlement des vagues près des côtes ;
- D'une surcote barométrique, c'est-à-dire à une « élévation supplémentaire du niveau de la mer par rapport à son niveau prévu en raison de la diminution de la pression atmosphérique » ;
- D'un coefficient de marée particulièrement élevé (102, pour un maximum de 120 pour les plus hautes marées astronomiques).

Des submersions marines ont donc eu lieu en de nombreux points du littoral Atlantique par débordement (lorsque le niveau marin est plus élevé que l'ouvrage ou le terrain naturel et l'eau passe alors par-dessus), par franchissement de paquets de mer (les vagues frappant l'ouvrage passent par-dessus) et par formation de brèches, lorsqu'une rupture d'une protection naturelle ou artificielle a lieu.

Ces évènements climatiques sont voués à augmenter, tant en fréquence qu'en intensité, avec le changement climatique. D'après le Sénat, le littoral subit une augmentation du niveau de la mer avec une « très légère augmentation chaque année, de l'ordre de deux millimètres par an, et pourrait s'élever à une fourchette de 20 à 50 cm d'ici cinquante ans, et d'un mètre d'ici 2100. » et un recul du trait de côte qui atteignait déjà 25% en 2006 d'après l'Institut français de l'environnement (Ifen).

D'après le rapport du Sénat, plusieurs vulnérabilités existaient qui ont renforcé l'impact sur la zone, notamment :

- « Une prise en compte défectueuse du risque de submersion marine dans les autorisations d'urbanisme »

Les modalités d'occupation des sols fixées et appliquées ne tenaient pas compte du risque de submersion marine, menant à des constructions et installations dans des zones qui ont été totalement submergées en 2010 et dont les risques n'étaient pas identifiés clairement dans les documents d'urbanisme (Plan Local d'Urbanisme-PLU ou Plan d'Occupation des Sols-POS).

- « Un entretien très inégal des digues »

Les ouvrages de défense contre la mer ont rompu en de nombreux endroits du territoire. Le mauvais entretien et la multiplicité des acteurs en charge de ses ouvrages, aux « responsabilités mal identifiées » a augmenté la vulnérabilité de la zone.

La **tempête Xynthia** a fait de nombreuses victimes et dégâts matériels. 53 personnes ont péri en France et 79 ont été blessées d'après le Rapport du Sénat. 500 000 personnes ont été sinistrées par la tempête. Le montant total des dégâts directs de la tempête Xynthia est évalué

¹⁴SOURCES : DREAL Pays de Loire, DDTM de Loire-Atlantique et DDTM de Vendée (septembre 2012), *La tempêtes Xynthia du 28 février 2010 - Retour d'expérience en Loire-Atlantique et en Vendée. Volet hydraulique et ouvrages de protection.* ; Sénat, M. Alain Anziani (Juin 2010), *Rapport d'Information fait au nom de la mission commune d'information sur les conséquences de la tempête Xynthia (rapport d'étape)*

à plus de 2,5 milliards d'euros et ceux couverts par les assurances par la Fédération française des sociétés d'assurance (FFSA) à 1,5 milliard d'euros¹⁵.

La tempête Xynthia a causé une perte de courant sur plusieurs jours. Les dégâts ont été plus nombreux sur les lignes à moyenne et basse tension mais celles à hautes et très hautes tension ont également été impactées.

Des sous-investissements et le manque d'enfouissement des lignes ont contribué à ces dégâts. En 2009, « la France subissait les tempêtes Klaus (1,7 million de foyers sans courant) et Quinten (900.000 foyers). Ces intempéries, certes violentes, ne sont donc pas exceptionnelles. Elles montrent à nouveau combien le manque d'investissements dans les réseaux de distribution d'électricité est préjudiciable à la sécurité d'approvisionnement »¹⁶. De nombreux ouvrages de protection ont été détruits et le trait de côte a évolué dans cette région.

Le cas concret de la zone industrielle de Tanger – Maroc, octobre 2008



Au **Maroc**, en octobre 2008, à Tanger, la ville et sa zone industrielle (ZI) ont subi des pluies torrentielles qui ont provoqué « des inondations désastreuses, paralysant l'activité économique pendant plusieurs jours et affectant, sur le long terme, l'industrie de la région. De nombreux postes de distribution électrique étant en sous-sol se sont retrouvés hors-services provoquant de nombreuses coupures de courant. La ZI de Tanger (Moghogha) a souffert d'une coupure d'électricité d'une durée de 3 jours. Au final la ZI de Tanger aura subi plus de 1,5 milliard MAD (> 0,15 milliard USD) de dommages en machines, installations, réparations, pertes de matières premières, stocks et produits semi-finis et des milliers de personnes se sont retrouvées au chômage »¹⁷.

¹⁵Sébat, M. Alain Anziani (Juin 2010), *Rapport d'Information fait au nom de la mission commune d'information sur les conséquences de la tempête Xynthia (rapport d'étape)*

¹⁶L'Usine Nouvelle, article du 01 Mars 2010 « Tempête Xynthia : l'électricité reviendra mercredi »

¹⁷Climate Expert (2017), *Guide méthodologique pour l'Adaptation au changement climatique des Zones Industrielles (Existantes)*

5. Le processus d'adaptation au changement climatique

5.1. Quelques concepts liés à l'adaptation des infrastructures de réseaux

Adaptation et mal-adaptations

L'**adaptation** est le processus qui permet d'ajuster son activité aux impacts du changement climatique. L'adaptation vise à modérer ou éviter les préjudices pour son industrie ou bien de bénéficier d'opportunités issues des évolutions climatiques.

Il est important de souligner que certaines actions visant à réduire les risques climatiques physiques peuvent être considérées comme des **mal-adaptations**, c'est-à-dire qu'elles augmentent le risque d'effets négatifs du changement climatique et la vulnérabilité ou réduisent le bien-être social.

Par exemple, « la construction de digues pour protéger les milieux littoraux peut représenter une mauvaise stratégie d'adaptation. D'abord, parce qu'elle a des conséquences délétères sur la biodiversité marine mais aussi car elle reporte l'érosion sur les côtes adjacentes et produit des inégalités spatiales. »

SOURCE : Observatoire de l'Immobilier Durable

Afin de gérer les risques, faire face aux difficultés liées aux **interdépendances** des infrastructures de réseau et donc de s'adapter au changement climatique, il est nécessaire de dépasser « la réponse réactive, sectorielle et au cas par cas » et de passer « à une logique systémique, **proactive**, préventive et anticipative » comme le souligne le Haut Conseil pour le climat¹⁸. France Stratégie indique que la gestion des risques et la posture réactive curative et non anticipative est bien ancrée dans les habitudes¹⁹. L'interdépendance liée aux infrastructures de réseaux implique une complexité et des coûts de **coordinations** importants pour anticiper et s'adapter au changement climatique. Il existe en effet peu de structures de dialogue entre parties prenantes pour favoriser la coordination, ce qui crée un manque global de **coopération** souligné par le GIEC²⁰. Cela est cependant nécessaire pour garantir le bon développement de mesures d'adaptation et d'une stratégie entre les multiples acteurs impliqués et interdépendants des infrastructures de réseaux. Par ailleurs, l'**identification** de ces interdépendances entre les infrastructures de réseaux et les risques associés permet une coordination et une anticipation efficace pour s'adapter au changement climatique.

La capacité d'une entreprise à s'adapter rapidement au changement climatique peut être perçue comme un facteur de compétitivité et elle permet de réduire le risque climatique physique.

¹⁸Haut Conseil pour le climat (2021), *Renforcer l'atténuation, engager l'adaptation, rapport annuel, chapitre 4, juin*.

¹⁹France Stratégie (Mai 2022), *Risques climatiques, réseaux et interdépendances : le temps d'agir*

²⁰GIEC (2022), *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability, op. cit., Box 6.2.*

Des options d'adaptation existent dans tous les secteurs mais leur contexte de mise en œuvre et leur potentiel de réduction des risques liés au climat diffèrent selon les secteurs et les régions. Certaines comportent des **co-bénéfices importants, des synergies et des arbitrages** (GIEC 2014). C'est le cas entre autres entre **l'atténuation** (intervention humaine pour réduire les émissions ou renforcer les puits de gaz à effet de serre²¹) et **l'adaptation**. Certaines mesures peuvent contribuer aux deux enjeux mais parfois il est nécessaire d'arbitrer.

Par exemple, l'utilisation de panneaux solaire comme mesure d'atténuation bénéficie aussi à l'adaptation du fait des besoins en eau plus faible que la production thermique. Il s'agit d'un co-bénéfice.

A l'inverse, l'expansion de l'hydroélectricité constitue un arbitrage (*trade-off*) entre atténuation et adaptation étant donné que cela pourrait augmenter la complexité de la gestion de la ressource en eau²².

5.2. Les Trajectoires d'adaptation²³

PLANIFICATION PAR TRAJECTOIRES

ou *Flexible Adaptation Pathways*



La **planification par trajectoires** permet de construire une stratégie d'adaptation en combinant et ordonnant les actions d'adaptation immédiates et celles par la suite plus ambitieuses, en articulant le court, moyen et le long terme. Cette méthode d'adaptation est particulièrement conseillée et pertinente pour les entreprises gestionnaires d'infrastructures lourdes telles que l'eau, l'énergie et les transports, ainsi que les entreprises agroalimentaires. Elle s'adresse plutôt aux moyennes et grandes entreprises et nécessite des ressources élevées au démarrage comme durant la mise en œuvre de la stratégie.

Pour élaborer sa stratégie d'adaptation par la méthode des trajectoires, il y a plusieurs étapes :

- 1) Définir un objectif d'adaptation de long terme.
- 2) Identifier une liste d'actions d'adaptation de natures et de niveaux d'ambition différents.
- 3) Combiner et ordonner les actions dans (une ou) plusieurs trajectoires qui correspondent à différents chemins possibles pour atteindre l'objectif d'adaptation fixé.
- 4) Déterminer des seuils au-delà desquels il conviendra d'activer l'action d'adaptation suivante de la trajectoire ou celle d'une autre trajectoire.

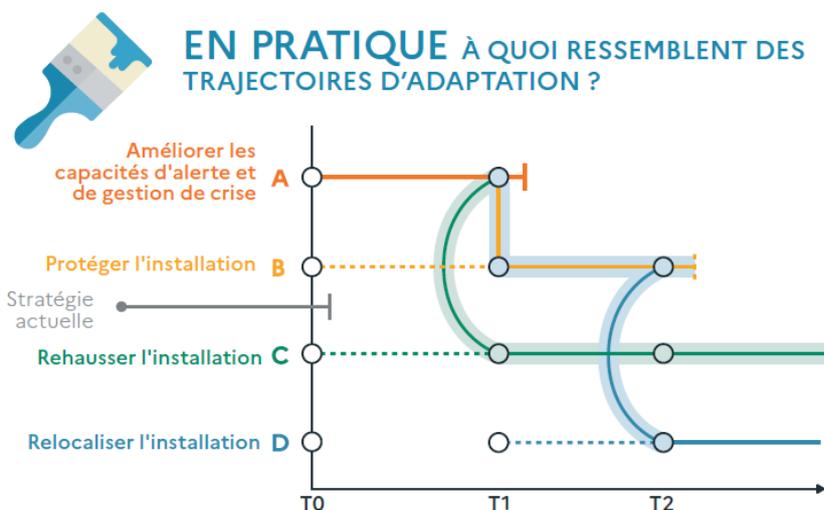
Cette méthode de planification par trajectoires (*Flexible Adaptation Pathways*) permet de prendre des décisions d'actions d'adaptation flexibles, au fur et à mesure du temps, selon les contraintes et besoins de l'entreprise, tout en faisant face aux incertitudes liées aux projections climatiques.

²¹GIEC, AR6 WGII Assessment Report Final Draft 2022

²²European Environment Agency (EEA) (2019), *Adaptation challenges and opportunities for the European energy system, Building a climate-resilient low-carbon system*

²³ADEME (2021), *En Entreprise, comment prendre des décisions pour s'adapter au changement climatique? Méthodes et études de cas en France et à l'international, Adaptation au Changement Climatique 2021*

EXEMPLE FICTIF



« Face à la menace que représentent l'élévation du niveau de la mer et les inondations fréquentes pour l'une de ses installations, la stratégie actuelle de l'entreprise, réduite à la gestion de crise et aux réparations, trouvera bientôt ses limites. Quatre actions lui permettraient d'améliorer sa résilience face au risque (voir schéma). Les actions B, C et D sont coûteuses, et

l'information dont l'entreprise dispose aujourd'hui ne lui permet pas de savoir laquelle sera optimale lorsque la gestion de crise (action A) ne suffira plus.

Au temps T0, l'entreprise mettra en œuvre l'action A d'amélioration des capacités de prévision et de réaction face au risque. Quand le niveau de la mer aura atteint une certaine cote (au temps T1), deux trajectoires se dessinent :

Dans la trajectoire verte : l'entreprise décide de sur-élever son infrastructure (action C). Elle anticipe que cette action lui permettrait, si elle est bien calibrée, de se prémunir à long terme du risque.

Dans la trajectoire bleue, l'entreprise décide de protéger son installation (action B). Cette action est moins coûteuse que l'action C, mais il est possible (sans être certain) qu'à plus long terme, ce ne soit pas suffisant.

Il faudrait alors, si le niveau moyen de la mer continue à monter, relocaliser l'installation. La relocalisation devra s'anticiper suffisamment (préparation de la mise hors service, achats fonciers, travaux de construction etc.).

Pour mettre en œuvre ses trajectoires, l'entreprise doit dès à présent :

- Identifier les indicateurs à suivre (par exemple, l'élévation du niveau de la mer en cm) et les seuils au-delà desquels les décisions doivent être prises
- Améliorer ses capacités d'arbitrage entre les actions. Ainsi, au moment de prendre les décisions, des analyses coûts-bénéfices et/ou analyses multicritères lui permettront de faire ses choix en fonction des informations disponibles. »

POINTS FORTS

- + L'adaptation progressive, assurant que les décisions prises aujourd'hui ne compromettent pas l'avenir.
- + La possibilité de définir les trajectoires de manière participative.
- + La représentation graphique des trajectoires facilitant la mobilisation des parties prenantes.

POINTS DE VIGILANCE

- Les seuils potentiellement difficiles à identifier.
- Une approche pouvant paraître abstraite et complexe au premier abord, d'où un besoin d'accoutumance et de pédagogie

5.3. Des solutions d'adaptations pour les réseaux

Solutions d'adaptation fondées sur la Nature (SafN)

Les SafN peuvent être utilisées comme des solutions d'adaptation au changement climatique par diverses acteurs, dont les entreprises et industries.

Qu'est-ce que les Solutions fondées sur la Nature ?

Il s'agit des « actions visant à protéger, gérer de manière durable et restaurer des écosystèmes naturels ou modifiés pour relever directement les défis de la société de manière efficace et adaptative, tout en assurant le bien-être humain et en produisant des bénéfices pour la biodiversité ».

SOURCE : UICN, l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature

Les Solutions Fondées sur la Nature permettent entre autres aux systèmes et aux industries, de bénéficier des **avantages socio-économiques de la biodiversité**, tout en apportant des bénéfices en retour à celle-ci.

Les Solutions d'Adaptation fondées sur la Nature sont adaptatives et considérées comme « **sans regrets** », c'est-à-dire des actions utiles et apportant un bénéfice face aux impacts climatiques, quelle que soit l'intensité des impacts, à l'inverse des « **solutions grises** ». Elles sont par ailleurs moins technologiques que celles développées pour accroître la résilience.

Ainsi, la création d'une large coulée verte en ville peut permettre de désimperméabiliser et donc de réduire le risque d'inondation. La restauration de mangroves, barrières naturelles, peuvent protéger les côtes de l'érosion et de la submersion marine.

SOURCE : Les solutions fondées sur la nature pour l'adaptation aux changements climatiques, Note de cadrage, Le Projet Life intégré ARTISAN piloté par l'Office français de la biodiversité ; Des solutions fondées sur la Nature pour s'adapter au changement climatique, La documentation Française, Observatoire National sur les Effets du Réchauffement Climatique

Le tableau ci-après présente de façon non exhaustive quelques solutions d'adaptation au changement climatique pour les infrastructures de réseaux dont les industries dépendent pour leur activité et leur production.

Tableau 6 : Quelques solutions d'adaptation au changement climatique pour les infrastructures de réseaux²⁴

Type d'évènement climatique	Solutions d'adaptation au changement climatique pour les réseaux
Multi-évènements climatiques	<ul style="list-style-type: none"> • Utilisation de générateur biodiesel pour continuer l'alimentation en énergie en cas de coupure de courant sur le réseau d'alimentation • Réduction de la distance entre la source et le point de consommation d'une ressource, ainsi que de la taille des réseaux • Aménagement de redondance et systèmes décentralisés • Développement d'un maillage efficace des réseaux en mettant en place des interconnexions afin d'assurer une meilleure sécurité d'alimentation du secteur desservi, d'améliorer la résilience des réseaux par la création d'une diversité des chemins, des noeuds, des points d'alimentation et éventuellement des sources d'énergie. « Bien que l'utilisation la plus courante du maillage concerne le réseau routier, il peut être mis en place pour l'assainissement, l'eau potable, l'électricité et les réseaux de chauffage ou refroidissement urbain ». • Favorisation de l'autoconsommation dimensionnée et appropriée en termes de source, quantité et caractéristiques (électrique, eau, etc.) afin de réduire la dépendance de l'industrie aux différents réseaux et donc d'augmenter sa résilience en cas de crise. • Ajustement de la résistance thermique des équipements • Adaptation de la maintenance et des mécanismes de réponses en cas de dommages, comme par exemple l'amélioration de l'entretien préventif de la végétation près des lignes aériennes
Pénurie d'eau et stress hydrique 	<ul style="list-style-type: none"> • Citernes de collecte des eaux de pluies en surface ou enfouie, pouvant être reliée aux gouttières, permettant la réutilisation de l'eau • Rechargement de la nappe phréatique par méthodes artificielles basées sur des systèmes de prélèvements des eaux de rivière, des eaux de pluie ou des eaux usées • Divers systèmes de filtrage d'eau permettant la réutilisation de l'eau indépendamment du réseau d'approvisionnement en eau local • Système central de suivi de la consommation en eau • Recyclage de certaines eaux de nettoyage et mettre en place des circuits fermés

²⁴ SOURCES : Climate Expert (2017), Guide méthodologique pour l'Adaptation au changement climatique des Zones Industrielles (Existantes); Observatoire de l'Immobilier Durable (OID), Guide des actions adaptatives au changement climatique, le bâtiment face aux aléas climatiques; MOOC Adaptation au Changement Climatique de l'OID; European Environment Agency (EEA) (2019), Adaptation challenges and opportunities for the European energy system, Building a climate-resilient low-carbon system; Fiches aléas de l'Observatoire de l'Immobilier Durable, Bat-Adapt; France Stratégie (Mai 2022), Risques climatiques, réseaux et interdépendances: le temps d'agir; Les Agences de l'Eau

<p>Vagues de chaleur et températures élevées</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Attention particulière portée aux réseaux enterrés qui sont très sensibles à une augmentation de la température • Surdimensionnement des lignes pour compenser la réduction du débit due à une augmentation de la température • Raccordement au réseau de froid urbain afin de répondre de manière durable aux besoins en refroidissement grandissants. • Équipements conçus pour des températures plus élevées, y compris les transformateurs à haute température, les conducteurs à basse température et les lignes ou sous-stations à isolation gazeuse • Remplacement des accessoires (boîtes de transition entre les différentes portions des réseaux) et des câbles les plus fragiles (notamment les câbles les plus anciens au papier imprégné) pour le réseau de distribution d'électricité
<p>Sécheresses et Retrait-Gonflement des Argiles (RGA)</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Sélection de matériaux offrant aux canalisations une grande flexibilité • Installation de joints souples au niveau des raccords • Etanchéisation des canalisations
<p>Tempêtes et vents violents</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Ancrage des installations des réseaux • Enterrement des réseaux • Eloignement des arbres des réseaux non-enterrés • Programme de sécurisation mécanique (2002- 2014), gestion de la végétation autour des infrastructures, notamment pour les réseaux de transport d'électricité • Enfouissement des lignes aériennes de moyenne tension (priorité pour les littoraux et les zones boisées) et rénovation des lignes maintenues aériennes pour étendre leur durée de vie des réseaux de distribution d'électricité
<p>Inondations (par remontée de nappes, débordement de cours d'eau, submersion marine et ruissellement) et glissements de terrains</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Mise hors d'eau des installations électriques et de télécommunications au niveau du bâtiment et du territoire • Surélévation des voies d'accès aux bâtiments stratégiques • Etanchéisation des réseaux • Amélioration de la résistance mécanique des ouvrages • Eloignement des arbres des réseaux non-enterrés • Adaptation des installations électrique : tableau hors d'eau, réseau descendant, réseaux séparatifs pour les parties inondables, utilisation de matériel plus résistant aux inondations, mise en place de moyens de réalimentation rapide et de capteurs de niveau d'eau • Mise hors d'eau des équipements : chauffage, centrales de ventilation et climatisation
<p>Feux de forêts</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Gaines anti-feu autour des câbles et tuyaux • Eloignement des arbres des réseaux non-enterrés

L'enjeu de l'eau

L'institut de l'économie pour le climat (I4CE), identifie des besoins importants en investissements pour rénover les réseaux d'eau. Plusieurs dispositifs financiers ont été mis en place en France à la suite des Assises de l'eau de 2018 sur la période 2019-2024. Cependant, cela reste insuffisant. En effet, « La Fédération des Entreprises de l'Eau (FP2E), cite un besoin complémentaire de 3 Mds€/an pour l'ensemble de la politique nationale de réinvestissement dans les services publics de l'eau (FP2E 2022, 11). Cette organisation note également qu'au-delà des besoins en volume il est nécessaire de mieux intégrer les enjeux environnementaux au pilotage des politiques de l'eau et notamment à la gestion patrimoniale des réseaux en ciblant également mieux les interventions prioritaires ».

SOURCE : I4CE (Juin 2022), V. Dépoues, G. Dolques et M. Nicol, Se donner les moyens de s'adapter aux conséquences du changement climatique en France : De combien parle-t-on ?

5.4. Une multitude d'acteurs impliqués

De nombreux acteurs sont impliqués dans le développement, la gestion et l'entretien des différentes infrastructures de réseaux (énergie, eau, télécommunication) : producteurs, gestionnaires de réseaux de distribution, états, Union Européenne, consommateurs, etc. La responsabilité de l'adaptation au changement climatique des infrastructures de réseaux est donc partagée par de multiples acteurs.

Les infrastructures de réseaux sont en grande partie gérées à l'échelle de l'Union Européenne, notamment en ce qui concerne l'énergie. L'adaptation au changement climatique se fait donc en partie à ce niveau européen et doit s'accroître.

L'Etat a également un rôle important dans la gestion des infrastructures de réseaux et des crises majeures. Comme l'explique France Stratégie, « la France dispose d'une institution interministérielle relevant du Premier ministre, le Secrétariat général de la défense et de la sécurité nationale (SGDSN), qui coordonne notamment les actions d'anticipation, de prévention et de réponse aux crises de tous ordres. En particulier, le SGDSN organise la préparation de la réponse aux crises au travers du dispositif relatif à la sécurité des activités d'importance vitale (AIV). Dans ce cadre, l'Etat associe l'ensemble des opérateurs d'importance vitale (OIV) à l'identification des points d'importance vitale (établissements, ouvrages ou installations fournissant des services et biens indispensables) et à la mise en place de plans de sécurité, de plans de protection particuliers et de plans de continuité d'activité. La mise en oeuvre de ce dispositif implique l'ensemble des services de l'Etat et en particulier les préfets de zones de défense et de sécurité et les préfets de départements. Par ailleurs, 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 et en France par la stratégie de sécurité nationale et en particulier par la politique de sécurité des activités d'importance vitale (SAIV) »²⁵.

Par ailleurs, l'Etat, du fait de sa capacité et légitimité à réunir l'ensemble des parties prenantes pertinentes, a un rôle décisif et incitatif à jouer pour mieux prendre en compte les enjeux de l'adaptation au changement climatique des réseaux et de ses interdépendances. Cela passe par :

- La disponibilité de données de projections climatiques à une échelle territoriale fine et sur des scénarios partagés ;
- Une identification des risques physiques ;
- Un état des lieux des infrastructures et des interdépendances ;
- La montée en connaissances et des outils permettant de les capitaliser ;

²⁵France Stratégie (Mai 2022), Risques climatiques, réseaux et interdépendances : le temps d'agir

- Le partage d'information et la coordination.

D'après France Stratégie, l'adaptation au changement climatique doit associer l'ensemble des **gestionnaires de réseaux** (de transports, d'électricité, de télécommunications mais aussi d'eau et d'assainissement par exemple) afin de « mener une réflexion nationale articulant adaptation au changement climatique et interdépendances ». L'Institut de l'Economie pour le Climat (I4CE) identifie qu'il est nécessaire de doter dès maintenant les gestionnaires d'infrastructures (et leurs autorités régulatrices) d'environ 15 millions d'euros par an afin qu'ils aient les moyens de connaître leurs vulnérabilités et de piloter l'adaptation²⁶. Une approche transversale et locale est essentielle pour comprendre les interdépendances, disposer de connaissances plus fines des vulnérabilités, mieux appréhender les enjeux territoriaux et donc faciliter l'adaptation au changement climatique des infrastructures de réseaux.

La coordination et coopération de l'ensemble des parties prenantes du territoire, des gestionnaires de réseaux, des services de l'Etat et des collectivités est essentiel pour analyser les risques et adapter les infrastructures de réseaux au changement climatique. I4CE souligne notamment que des investissements dès maintenant d'environ 1,7 millions d'euros par an doivent être fait pour mettre en place et animer une instance de coordination des gestionnaires d'infrastructures²⁹.

Les gestionnaires d'infrastructures mettent déjà en place certaines mesures d'adaptations pour améliorer la résilience des infrastructures de réseaux. Par exemple, le gestionnaire du réseau de transport d'électricité français (RTE) a investi entre 2002 et 2017 2,8 Mds€ pour « mettre en oeuvre un important programme de sécurisation mécanique des ouvrages vulnérables aux événements climatiques » (Cour des comptes 2019, 46). D'autres investissements réguliers dans la maintenance et la modernisation de ses réseaux ont permis de réduire certaines vulnérabilités, par exemple « en renouvelant les câbles électriques urbains dont les isolants sont les plus sensibles en période de canicule ; en sécurisant l'alimentation des grandes agglomérations (programme de fiabilisation des grands postes urbains, résilience vis-à-vis des crues) ; en améliorant la résilience des réseaux aériens vis-à-vis des aléas climatiques ; ou encore en déployant des capteurs permettant une meilleure détection des anomalies ».

Ces travaux et adaptations se basent cependant sur des conditions climatiques passées et non sur des projections climatiques futures. Il est donc nécessaire d'aller plus loin. Dans ce cadre, « RTE a notamment travaillé avec Météo France pour disposer de jeux de données de 200 années climatiques représentatives du climat 2050, selon deux scénarios d'émissions (ONERC 2022, 212) ». De tels travaux sont à poursuivre. D'importantes opérations de modernisation ou de rénovation des infrastructures de réseaux restent encore à effectuer, intégrant pleinement l'adaptation au changement climatique.

5.5. Retour sur le cas de Xynthia

Dans le cas de la tempête Xynthia, la gestion de crise a été coordonnée, réactive et efficace avec une « intervention immédiate des équipes et des moyens de la sécurité civile » comme le souligne le Sénat grâce une « mobilisation du dispositif de secours [qui] a été déclenchée dès réception de l'alerte rouge de Météo-France : activation du centre opérationnel de gestion interministérielle des crises (COGIC), audioconférence entre services de l'Etat et grands opérateurs, mise en alerte des Préfectures et des Services départementaux d'incendie et de secours (SDIS), pré-positionnement des équipes de la sécurité civile dès le 27 février ».

Les personnes sinistrées ont été prises en charge notamment grâce à des relogements provisoires, et des soutiens financiers exceptionnels de court terme. Des solutions de relogement à moyen terme au travers d'un soutien logistique complet a également été mis en

²⁶I4CE (Juin 2022), V. Dépoues, G. Dolques et M. Nicol, *Se donner les moyens de s'adapter aux conséquences du changement climatique en France : De combien parle-t-on ?*

place. L'arrêté de Catastrophe Naturelle (Cat Nat) a été signé dès le 1er mars 2010 pour les départements de Charente-Maritime, de Vendée, des Deux-Sèvres et de Vienne et il a été publié le 13 mars 2010, permettant certaines indemnités liées à ce régime (voir Section 5.3 du mémo bâtiment pour plus d'information sur le régime Cat Nat). Les filières économiques ont pu bénéficier de divers fonds, dispositions fiscales et plans.

Cette catastrophe de la tempête de Xynthia a mis en lumière la nécessité et l'urgence de la meilleure prise en compte des risques climatiques physiques, notamment dans la définition et la cartographie des zones à risques, mais aussi dans les plans de préventions des risques en intégrant des projections climatiques. Cela a également souligné les obstacles qu'il reste à lever en termes d'indemnisation et la nécessité de renforcer davantage la gestion coordonnée du risque, afin de favoriser et de garantir l'adaptation au changement climatique des territoires et de l'ensemble des acteurs qui en dépendent tout au long de leur chaîne de valeur.

Conclusion

L'activité et la productivité industrielle peut être impactée par le changement climatique au travers des impacts que peuvent subir les infrastructures de réseaux (énergie, eau, télécommunication). Ces derniers peuvent être endommagés voir coupés.

Les risques climatiques sont à étudier, les interdépendances sont à identifier et à gérer de façon coordonnée, proactive et coopérative entre les différents acteurs en charge des infrastructures de réseaux. Il existe donc un aspect territorial majeur dans l'étude des risques physiques et de l'adaptation au changement climatique des infrastructures de réseaux.

L'ADEME EN BREF

À l'ADEME - l'Agence de la transition écologique -, nous sommes résolument engagés dans la lutte contre le réchauffement climatique et la dégradation des ressources.

Sur tous les fronts, nous mobilisons les citoyens, les acteurs économiques et les territoires, leur donnons les moyens de progresser vers une société économe en ressources, plus sobre en carbone, plus juste et harmonieuse.

Dans tous les domaines - énergie, économie circulaire, alimentation, mobilité, qualité de l'air, adaptation au changement climatique, sols... - nous conseillons, facilitons et aidons au financement de nombreux projets, de la recherche jusqu'au partage des solutions.

À tous les niveaux, nous mettons nos capacités d'expertise et de prospective au service des politiques publiques.

L'ADEME est un établissement public sous la tutelle du ministère de la Transition écologique et du ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation.

LES COLLECTIONS DE L'ADEME



FAITS ET CHIFFRES

L'ADEME référent : Elle fournit des analyses objectives à partir d'indicateurs chiffrés régulièrement mis à jour.



CLÉS POUR AGIR

L'ADEME facilitateur : Elle élabore des guides pratiques pour aider les acteurs à mettre en œuvre leurs projets de façon méthodique et/ou en conformité avec la réglementation.



ILS L'ONT FAIT

L'ADEME catalyseur : Les acteurs témoignent de leurs expériences et partagent leur savoir-faire.



EXPERTISES

L'ADEME expert : Elle rend compte des résultats de recherches, études et réalisations collectives menées sous son regard.



HORIZONS

L'ADEME tournée vers l'avenir : Elle propose une vision prospective et réaliste des enjeux de la transition énergétique et écologique, pour un futur désirable à construire ensemble.



Risques Physiques et adaptation au changement climatique des industries

Focus Réseaux

Ce document a été réalisé dans le cadre du programme Finance ClimAct.



Avec la contribution du programme
LIFE de l'Union Européenne



Le projet Finance ClimAct contribue à la mise en œuvre de la Stratégie Nationale Bas Carbone de la France et du Plan d'action finance durable de l'Union Européenne. Il vise à développer les outils, méthodes et connaissances nouvelles permettant de :

- 1 – Faciliter les décisions de placements des épargnants sur la base d'objectifs environnementaux,
- 2 – Prendre en compte le changement climatique dans le pilotage du secteur financier et sa supervision,
- 3 – Favoriser l'investissement dans l'efficacité énergétique et l'économie bas-carbone, promu par la Stratégie Nationale Bas-Carbone et le Pacte vert européen.

Le consortium coordonné par l'Agence de l'Environnement et de la Maitrise de l'Energie, comprend également le Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire, l'Autorité des marchés financiers, l'Autorité de contrôle prudentiel et de résolution, 2° Investing Initiative, Institut de l'Economie pour le Climat, Finance for Tomorrow et GreenFlex.

Finance ClimAct est un programme inédit d'un budget total de 18 millions d'euros et doté de 10 millions de financement par la Commission Européenne.

Durée : 2019-2024

This Work reflects only the views of ADEME. Other members of the Finance ClimAct Consortium are not responsible for any use that may be made of the information it contains.

With the contribution of the European Union LIFE program

The European Commission is not responsible for any use that may be made of the information it contains.

