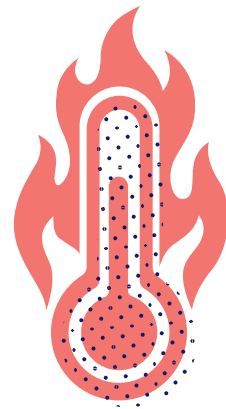


PROCHAIN ARRÊT

LA SÉRIE
PROSPECTIVE
DE KEOLIS



Cent ans de canicule

Exploiter à 50 °C

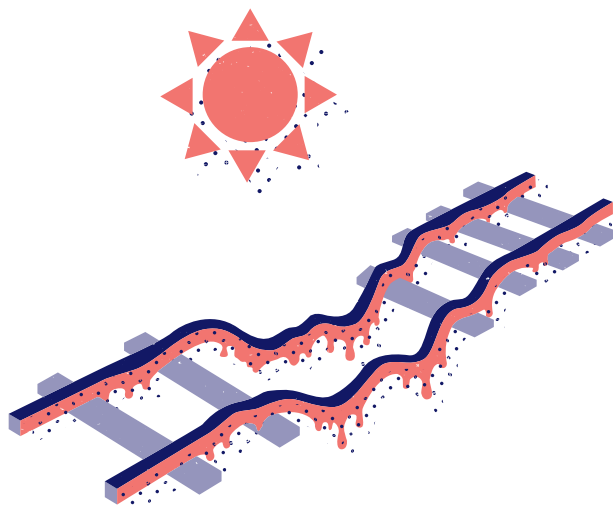
Une trajectoire climatique qui semble inéluctable

La Trajectoire de réchauffement de référence pour l'adaptation au changement climatique (TRACC), adoptée par le gouvernement français comme cadre de planification, prévoit en France hexagonale et en Corse une hausse moyenne des températures de +2 °C dès 2030, +2,7 °C en 2050 et +4 °C en 2100 par rapport à la fin du XIX^e siècle. Concrètement, la température moyenne annuelle parisienne pourrait atteindre 15 °C en 2100, ce qui correspond à la température actuelle de Montpellier ; la moitié sud du pays dépasserait 18 °C de moyenne, soit la température actuelle de l'Andalousie (Météo-France, portail DRIAS, 2024). Les vagues de chaleur deviendront cinq fois plus fréquentes en 2050 et s'étireront de début juin à mi-septembre ; certaines villes du sud pourraient connaître jusqu'à 120 nuits tropicales par an, c'est-à-dire 120 nuits où la température ne redescendra pas sous 20 °C.

Pour les opérateurs de transport, ces chiffres ne sont pas un horizon abstrait : ils sont déjà la trame des étés. SNCF Réseau a établi que le rail commence à se dilater dès que sa température dépasse 45 °C. Or, lorsque l'air extérieur atteint 37 °C, le rail en acier monte régulièrement à 55 °C, et peut dépasser 70 °C en pleine canicule. La dilatation, contrariée par la fixation aux traverses, provoque le « buckling » : la voie se déforme, parfois de plusieurs centimètres. La réponse opérationnelle consiste à imposer des restrictions temporaires de vitesse, à renforcer les patrouilles et, dans certains cas, à peindre les rails en blanc — méthode utilisée par Network Rail au Royaume-Uni qui réduit la température du rail de 5 à 10 °C selon ses propres mesures.

Une vulnérabilité inégalement répartie

Les seuils thermiques de conception des réseaux varient considérablement selon les pays. Les réseaux ferroviaires britanniques ont historiquement été conçus pour fonctionner entre -10 °C et +35 °C ; les réseaux espagnols entre 0 °C et +45 °C ; le réseau saoudien entre +10 °C et +55 °C. La France, climatiquement proche de l'Espagne au sud et du Royaume-Uni au nord, ne dispose pas d'un référentiel unique homogène. Le rapport britannique sur les risques climatiques (Climate Change Risk Assessment 3, 2021) estime que les incidents de déformation de voie pourraient être quatre à cinq fois plus fréquents en Grande-Bretagne à l'horizon 2050, et que le coût annuel des perturbations liées à la chaleur pourrait être multiplié par huit d'ici les années 2080 dans un scénario d'émissions élevées. La canicule européenne de 2003 avait à elle seule entraîné 137 déformations de voie au Royaume-Uni, pour un coût estimé à 2,5 millions de livres (rapports Network Rail et Adaptation Sub-Committee).





Le rail n'est pas le seul équipement métallique exposé. Les caténaires se dilatent et se détendent sous l'effet de la chaleur, fragilisant la captation du courant par le pantographe. Les tendeurs automatiques amortissent en partie le phénomène, mais leurs marges sont finies. SNCF Réseau a déployé en 2022 l'outil Metigate, qui combine prévisions Météo-France et intelligence artificielle pour anticiper la température du rail au-delà des seules mesures atmosphériques. Côté chaussée, le bitume se déforme dès 30 à 40 °C pour les enrobés les plus souples, et fond entre 50 et 60 °C pour les enrobés classiques. La température au ras du goudron dépasse facilement 50 °C lors d'un pic à 38 °C dans l'air. Plusieurs départements français répandent désormais du « lait de chaux » sur les routes secondaires, ce qui peut réduire la température de surface d'environ 10 °C selon les services techniques départementaux.

Le souterrain, paradoxe thermique

Le métro pose un problème spécifique. Les réseaux souterrains anciens n'ont pas été climatisés intégralement, pour une raison physique : généraliser la climatisation à bord renvoie la chaleur extraite dans les tunnels, déjà réchauffés par le freinage régénératif et l'ouverture répétée des portes. New York en a fait l'expérience documentée : ses rames climatisées y rendent les quais souvent invivables aux heures de pointe estivales, jusqu'à dix degrés au-dessus de la température extérieure (Slate, 2024). À l'inverse, les réseaux récents construits en climat chaud — Dubaï, Riyad, Singapour, Madrid pour ses extensions modernes — sont intégralement climatisés dès la conception, avec des systèmes d'extraction et de tunnels surdimensionnés. Les anciens réseaux européens, eux, doivent composer avec leur héritage : ventilation réfrigérée plutôt que climatisation classique, fontaines à eau dans les stations à forte affluence, équipes saisonnières renforcées pendant les épisodes caniculaires. En surface, sur les flottes de bus, l'équipement en climatisation s'accélère partout.

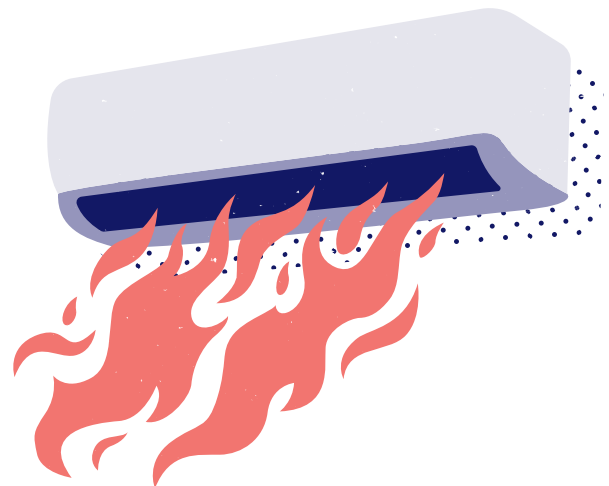
Reste un paradoxe troublant : la climatisation, solution la plus simple pour le confort des voyageurs, est un accélérateur de l'îlot de chaleur urbain. Une généralisation à l'échelle d'une grande agglomération pourrait élever la température extérieure de 2 à 3 °C en cas de vague de chaleur, selon les estimations citées par le ministère de la Transition écologique en réponse aux questions parlementaires de 2023. Le transport public, en se rafraîchissant, contribue mécaniquement à rendre la ville extérieure plus chaude.

À l'horizon 2044 : la canicule comme saison

À l'horizon 2044, sur la trajectoire TRACC, la France hexagonale connaîtra une température moyenne supérieure de 2,5 à 3 °C par rapport à la période 1976-2005. Les pics caniculaires régionaux dépasseront régulièrement 45 °C dans la moitié sud, et 42 °C dans la moitié nord. Pour les opérateurs de transport, cela se traduit par un changement de paradigme : la canicule n'est plus un événement exceptionnel à gérer, mais une saison à part entière.

Les conséquences opérationnelles probables se cumulent. Les cycles de maintenance se resserrent : la fréquence accrue des dilatations rend nécessaires des inspections quasi-quotidiennes en été ; les coûts de maintenance préventive pourraient être multipliés par deux à trois selon les scénarios britanniques. Les programmes de renouvellement s'accroissent : aciers à plage thermique élargie, traverses béton, peinture réfléchissante systématique. La vitesse commerciale ferroviaire est structurellement diminuée de 5 à 15 % entre juin et septembre, allongeant les temps de parcours. Les correspondances se dérèglent.

Les rythmes d'exploitation eux-mêmes pourraient s'inverser partiellement. Les pics caniculaires diurnes rendent insupportable l'exploitation aux heures les plus chaudes. Plusieurs réseaux du sud expérimentent dès aujourd'hui une mobilité nocturne accrue : services renforcés de 5 h à 11 h et de 19 h à minuit, creux de service entre 13 h et 17 h. C'est un retour de la sieste méditerranéenne, mais à l'échelle d'un réseau. Côté énergie, la climatisation des bus et tramways consomme jusqu'à 30 % d'énergie supplémentaire en plein été ; les réseaux électriques sous tension priorisent les hôpitaux et les EHPAD, et les opérateurs négocient leurs créneaux. Enfin, les stations souterraines, plus fraîches que la rue, deviennent des refuges climatiques de fait : une population sans domicile fixe ou simplement précaire s'y installe la nuit, et les opérateurs hésitent entre l'ouverture continue (mission sociale implicite, sécurité dégradée) et le maintien des fermetures (exposition des plus vulnérables).





Le récit

Cinq jours à Macondo

Toulouse, juillet 2044

Bien des années plus tard, face à un thermomètre bloqué sur 51 °C, Aureliano Buendía devait se souvenir du lointain après-midi où son grand-père l'avait emmené patiner sur l'étang gelé de la Ramée. La glace, à cette époque, existait encore en hiver. Cela paraissait aujourd'hui aussi improbable qu'une légende.

Son téléphone vibra à 5 h 12. C'était Metigate, mais il n'eut pas besoin d'ouvrir l'application : il savait déjà ce qu'elle dirait. La veille à 23 h, le quai 3 de la station Marengo affichait encore 34 °C ; à 4 h ce matin, il devait être à 31. Pas de répit nocturne, c'était le quatrième jour de canicule rouge classe 5 — la dernière classe avant l'arrêt total. Il se leva, but un litre d'eau tiède, et regarda par la fenêtre. Le ciel était plat, jaune-blanc, sans contour.

Aureliano avait quarante-sept ans et il était responsable d'exploitation jour pour le réseau toulousain, opéré depuis 2042 par une filiale de Keolis. Quinze ans de métier — il avait commencé sur la ligne A juste avant qu'on la passe en automatique intégral, en 2030. Aujourd'hui, il pilotait depuis un poste central que les régulateurs avaient surnommé Macondo, depuis qu'une stagiaire lectrice de García Márquez avait observé qu'il y faisait toujours soit trop chaud, soit trop froid, et que la pluie, lorsqu'elle venait, semblait ne plus vouloir s'arrêter. Le nom était resté. Il pilotait depuis Macondo une équipe de vingt-trois régulateurs et coordonnait avec sept dépôts. Mais l'essentiel de son travail depuis cinq étés ne consistait plus à gérer des incidents : il gérait la chaleur.

À 6 h 30 il arriva au centre, climatisé à 24 °C — une consigne sévère imposée par la métropole. Sur l'écran central, la carte du réseau était partagée en zones thermiques. Le tronçon est de la ligne B, en surface entre Ramonville et Bayard, était en vert clair : prévision 47 °C à la voie à 14 h. La ligne T1 du tramway, en orange foncé sur le boulevard Lascrosses : prévision 51 °C à 15 h. Buckling possible, classe 2. Il commença par la routine : inspection vidéo des tronçons à risque, contrôle des tendeurs caténaires, vérification des stocks d'eau dans les quarante-sept fontaines réfractaires installées entre 2032 et 2040. Trois étaient en panne, dont une à Jean-Jaurès — la plus fréquentée. Il dépêcha une équipe.

À 8 h 15, premier appel sérieux. Úrsula Iguarán, directrice du dépôt bus de Saint-Michel : « Aureliano, j'ai trois véhicules immobilisés au dépôt, leur clim ne tient plus. Le filtre est saturé de poussière de Sahara. On les remet à 14 h ou pas du tout. » La poussière saharienne — sirocco persistant

remontant via la Méditerranée — était devenue depuis 2039 une variable d'exploitation. Le climatiseur d'un bus moderne consommait beaucoup d'énergie en condition saturée et lâchait plus vite. Aureliano arbitra : indisponibilité acceptée. Le ratio bus disponibles sur la ligne 16 passerait à 78 %.

À 9 h 50, un numéro inconnu. Une voix posée, jeune : « Bonjour, je vous appelle de l'EHPAD Belin, on a six résidents qui ont besoin d'aller à l'hôpital Purpan pour leur séance de dialyse, le bus 76 ne s'arrête plus à proximité car la ligne est suspendue ? » Aureliano consulta l'écran : la 76 contournait par le sud en raison d'une déformation de chaussée à Casselardit. La déviation rallongeait de dix-sept minutes. Il commanda un minibus climatisé à Úrsula. Trouvé. Renvoyé. Solution lente, coûteuse. Le réseau bricolait.

À 11 h, la température extérieure à Blagnac affichait 44 °C. La direction métropolitaine envoya un message vidéo : à 13 h, l'ensemble du réseau passerait en mode « jour rouge ». Cela signifiait tramway à 30 km/h maximum entre 13 h et 17 h, bus en rotation toutes les vingt minutes au lieu de huit, métro normal mais avec annonces sonores de vigilance toutes les cinq stations. Et fermeture anticipée des écoles à 11 h 30 — donc une demi-heure plus tard, les enfants déferleraient sur les bus de ramassage avec leurs parents, à contre-courant. Aureliano sentit son ventre se contracter. Il commanda des renforts.

À 13 h 22, la première mauvaise nouvelle. Tramway T1 immobilisé entre Compans-Caffarelli et Arènes : caténaire détendue, pantographe accroché. Pas d'accident, mais deux cent trente voyageurs à évacuer. Température sous le tablier de la rame : 38 °C. Aureliano activa le plan d'évacuation chaleur : ouverture immédiate du commerce voisin — un café-tabac sous accord municipal qui devenait point-relais climatique pendant les crises —, distribution d'eau, redirection bus. À 13 h 41, tout le monde était à l'abri. Personne d'hospitalisé.

C'est à 15 h 12 que l'événement de la journée se produisit. Un signal lumineux clignotant sur l'écran : déformation classe 1 sur la ligne ferroviaire Toulouse-Saint-Sulpice, à hauteur de l'aiguillage de Lalande. SNCF Réseau venait d'envoyer l'alerte croisée : leurs capteurs montraient une dilatation supérieure à huit millimètres. Les patrouilleurs étaient sur place dans vingt minutes — Melquíades, le chef d'équipe, un Catalan de cinquante-trois ans qu'on appelait ainsi parce qu'il prédisait les déformations avant les capteurs, comme s'il lisait les rails comme d'autres lisent les cartes. Il confirma. La ligne, qui assurait notamment les liaisons interurbaines vers le nord de l'agglomération, fut fermée jusqu'à nouvel ordre. Aureliano activa le plan bus de substitution. Dix-huit cars supplémentaires sortis des dépôts, dont la moitié avec une climatisation douteuse. Pas le choix.



À 19 h 30, il regarda l'écran de synthèse. Bilan de la journée : deux déformations avérées sur le ferroviaire suburbain, quatre incidents caténaire, onze bus immobilisés en chaud, trois cent vingt minutes de retard cumulé agrégé voyageurs, zéro hospitalisation pour coup de chaleur dans le réseau. Le KPI critique — pas de mort — était tenu. Le KPI confort : pas glorieux. Le KPI ponctualité : sous le seuil contractuel.

En sortant à 20 h, il s'arrêta dans le hall de la station Marengo. Sur les bancs, deux personnes dormaient — des sans-abri à qui le règlement métropolitain donnait droit d'accès aux stations entre 22 h et 5 h pendant les épisodes rouges classe 5. D'autres grands réseaux européens avaient fait le même choix dans les années précédentes. Úrsula, ce matin, lui avait dit en riant amer : « On gère un réseau de transport ou un réseau d'abris, Aureliano ? ».

A l'esplanade de Compans, le thermomètre affichait 33 °C. La nuit serait sa cinquième nuit tropicale d'affilée. Dans le Macondo du roman qu'il avait lu adolescent, il avait plu pendant quatre ans, onze mois et deux jours sans discontinuer ; ce déluge avait fini par engloutir les certitudes des Buendía. À Toulouse, depuis combien de jours n'avait-il pas plu ? Il n'osa pas vérifier. Demain matin, à 5 h 12, Metigate vibrerait à nouveau, et Macondo recommencerait à compter.



Trois scénarios prospectifs

SCÉNARIO BLANC

L'adaptation industrielle

Dans un scénario optimiste, la décennie 2030 a été consacrée à la transformation industrielle des réseaux. Les rails sont progressivement remplacés par des aciers à plage thermique élargie, conçus pour résister jusqu'à 60 °C en exploitation. Les caténaires sont équipées de tendeurs intelligents auto-régulés. Les bus et tramways sont à 100 % climatisés, alimentés par des micro-réseaux photovoltaïques installés sur les toitures des dépôts. Les chaussées des couloirs réservés sont coulées en enrobés clairs réfléchissants, divisant par deux la température de surface. Les autorités organisatrices financent ces investissements via une fiscalité environnementale dédiée. La vitesse commerciale est préservée en été. La canicule devient une saison gérée, comme l'hiver l'a été dans les Alpes. Le coût est massif — avec de lourds investissements dans la résilience climatique des transports publics — mais l'expérience voyageur ne se dégrade pas, et le contrat social du transport public est sauvegardé.

SCÉNARIO GRIS

Le bricolage permanent

Dans la trajectoire intermédiaire, la plus probable au vu des tendances actuelles, l'adaptation se fait par à-coups, sans plan d'ensemble. Les renouvellements de matériels suivent leur calendrier normal, sans accélération particulière. Les déformations de voie deviennent fréquentes mais gérées au cas par cas, avec des restrictions de vitesse banalisées. Les bus sont à 80 % climatisés en 2044, les 20 % restants étant maintenus en service faute de moyens de renouvellement. La vitesse commerciale baisse de 8 à 15 % en été. Les voyageurs aisés évitent les transports publics aux heures chaudes, recourant aux capsules autonomes climatisées. Les usagers captifs — précaires, jeunes, âgés — subissent un service dégradé. La fréquentation se déforme : pleine aux heures fraîches, vide aux heures chaudes. Le modèle économique se tend. Le réseau bricole.

SCÉNARIO NOIR

Le décrochage saisonnier

Dans l'hypothèse pessimiste, l'inaction politique et budgétaire se cumule à l'accélération climatique. Les étés deviennent partiellement non exploitables : trois à cinq semaines par an, le service est réduit à 40 % de la normale. Le buckling devient un risque sécuritaire mal maîtrisé, plusieurs accidents font les titres et entament la confiance. Les capsules autonomes privées prennent durablement le relais pour les classes aisées. Le réseau public devient un service du quotidien hivernal, abandonné en été. Les sans-abri colonisent les stations devenues refuges climatiques, sans politique publique d'accompagnement. Les tensions sociales aux abords des gares montent. Le contrat social du transport public — universel, fiable, sécurisant — se délite saison après saison.



Bibliographie

Météo-France, **Le climat futur en France : à quoi s'adapter en 2050 et 2100 ?**, 2024.

Météo-France & Ministère de la Transition écologique, **Trajectoire de réchauffement de référence pour l'adaptation au changement climatique (TRACC)**, 2023.

Météo-France, **DRIAS – Les futurs du climat, portail des projections climatiques régionalisées**, <https://www.drias-climat.fr/>

SNCF Réseau, « **Canicule : SNCF Réseau anticipe et réagit face à la vague de chaleur** », communiqué, juin 2022.

Network Rail (UK), **Fourth Adaptation Report under the Climate Change Act 2008**, décembre 2024.

Network Rail (UK), **Weather Resilience and Climate Change Adaptation Plans (CP7)**, avril 2024.

UK House of Commons, **Environmental Audit Committee, Heatwaves: adapting to climate change**, 2018.

UK **Climate Change Risk Assessment 3 (CCRA3)**, Transport Briefing, 2021.

Ferranti, E. et al., « **Heat-Related Failures on Southeast England's Railway Network** », *Weather, Climate, and Society*, vol. 8 n° 2, 2016.

Gouvernement français, **Plan national de gestion des vagues de chaleur**, juin 2023.

Assemblée nationale, **Question écrite n° 792, 16e législature, réponse sur l'adaptation des infrastructures de transport aux vagues de chaleur**.

World Economic Forum, « **How can railways cope with heatwaves due to climate change** », 2022.

Ginger Groupe, **dossier expert « Les canicules font souffrir les routes »** (cité par Batiactu, 2018).

Slate.fr, « **Pourquoi il fait si chaud sur les quais de métro** », 2024.

García Márquez, G., **Cent ans de solitude, traduction française Claude et Carmen Durand, éditions du Seuil**, 1968 (1er éd. Cien años de soledad, 1967).