

CHAPITRE 4

EFFETS DU PROJET SUR LA SANTE

1. Introduction

Les effets potentiels d'un projet d'aménagement sur la santé doivent faire l'objet d'une analyse spécifique dans l'étude d'impact, tel que le prévoit l'article R.122-3 du Code de l'Environnement.

Tout en appliquant le principe de proportionnalité d'incidences en fonction de l'aménagement, il s'agit d'évaluer les risques, directs ou induits, sur la santé des populations riveraines et de prévoir les dispositions destinées à supprimer, réduire ou compenser les conséquences dommageables du projet sur la santé humaine.

Cette évaluation considère les effets du projet sur les différents thèmes de l'environnement pertinents au regard de leurs incidences pathogènes pour les riverains.

Dans le cadre du projet Sillon alpin sud, les effets induits sur la santé résultent des circulations ferroviaires et des travaux.

L'analyse portera essentiellement sur :

- la qualité de la ressource en eau ;
- la qualité des sols ;
- l'environnement sonore et vibratoire ;
- la qualité de l'air.

Pour les projets d'infrastructures de transport, l'étude d'impact comprend en outre une analyse des coûts collectifs des pollutions et nuisances et des avantages induits pour la collectivité et une évaluation des consommations énergétiques résultant de l'exploitation du projet.

2. Analyse des dangers potentiels pour la santé

L'ensemble des activités humaines est à l'origine de rejets, d'émissions ou de nuisances diverses qui sont susceptibles d'occasionner des incidences directes ou indirectes sur la santé humaine.

Ceci se produit lorsque les charges polluantes ou les niveaux de perturbations atteignent des concentrations ou des valeurs trop élevées pour être évacuées, éliminées ou admises sans dommage pour l'environnement et donc, par voie de conséquence, pour la santé humaine.

Ces perturbations peuvent alors être à l'origine de nuisances sensorielles (d'ordre olfactif, auditif, visuel et vibratoire) voire même générer des atteintes à l'intégrité même des personnes (empoisonnements par une contamination chronique¹⁴ ou aiguë¹⁵).

2.1. Risque de pollution de l'eau et des sols

2.1.1. En phase d'exploitation

En phase d'exploitation, le risque principal de pollution des eaux destinées à l'alimentation en eau potable provient de l'augmentation des emprises soumises aux traitements phytosanitaires du fait de la création du raccordement de Valence TGV et, dans une moindre mesure, l'installation d'une troisième voie en gare de Brignoud. En effet :

- l'usure des rails ou du matériel roulant est négligeable ;
- les risques de pollution accidentelle en lien avec l'augmentation du trafic de fret sont réduits et, en tout état de cause, inférieurs à ceux que présente le transport routier.

■ Principe de désherbage des voies et des abords

L'utilisation de produits phytosanitaires de désherbage s'impose aux gestionnaires pour des raisons techniques et de sécurité impératives. La végétation peut en effet être une cause importante de dégradation de la voie et de la plate-forme, ce qui peut induire des risques pour la sécurité des trains. La maîtrise de la végétation à l'aide de traitements phytosanitaires n'est appliquée qu'aux surfaces strictement nécessaires, c'est-à-dire, la partie ballastée des voies et les pistes contiguës. Les produits utilisés sont sélectionnés parmi une liste de produits homologués par le ministère de l'Agriculture pour usage dans les « zones non agricoles » et déclarés comme présentant les moindres risques pour la population humaine et la faune environnant les installations.

Les opérations de désherbage sont réalisées à l'aide de trains désherbeurs équipés d'un dispositif à mélange continu, ce qui permet l'application d'une solution précise « eau+produits actifs ». L'opérateur possède, pour chaque campagne, un diagramme de la ligne reprenant les zones avec des traitements particuliers (ou sans traitements), notamment les zones de captages d'alimentation en eau potable.

¹⁴ Contamination chronique : exposition (ingestion, respiration, contact) régulière ou prolongée à un composé toxique (en faible concentration, susceptible d'occasionner à terme une atteinte à la santé (effet d'accumulation).

¹⁵ Contamination aiguë : exposition (ingestion, respiration, contact) ponctuelle à un composé toxique, mais en quantité nocive, engendrant des effets immédiats sur la santé.

■ Analyse des dangers

Les effets sur la santé humaine peuvent résulter d'une contamination par les produits phytosanitaires des eaux, des sols et de l'air. Ce dernier risque est minime. Le risque principal résulte d'une éventuelle pollution des eaux exploitées pour l'alimentation en eau potable. Il concerne donc les captages suivants :

- captage de Saint-Paul-les-Romans ;
- les Fauries à Saint-Lattier ;
- les Bouquets à Saint-Lattier ;
- Cotton et Grillot à la Sône ;
- Illon à Goncelin ;
- la Gare au Cheylas ;
- Maneglier à Pontcharra.

Dans les deux premiers cas, le projet interfère avec les périmètres de protection immédiate et/ou rapprochée des captages et aucun traitement chimique ne sera appliqué. Dans le cas du captage des Fauries, le maître d'ouvrage s'engage à étanchéifier les caniveaux dans la traversée des périmètres si ce captage n'est pas supprimé avant les travaux de doublement des voies. Dans le cas du captage de Cotton et Grillot, où le projet n'interfère qu'avec le périmètre de protection éloignée, les traitements phytosanitaires n'utiliseront que des produits à action foliaire.

Il en résulte qu'une éventuelle pollution ne pourrait découler que d'une erreur de manipulation ou d'une défaillance technique du train désherbeur.

2.1.2. En phase de chantier

Pendant les travaux, le risque principal de pollution des eaux destinées à l'alimentation humaine résulte d'une éventuelle pollution accidentelle par les hydrocarbures. En effet, les matières en suspension issues du chantier et potentiellement mobilisables par les eaux de ruissellement sont constituées de particules minérales inertes.

2.2. Nuisances acoustiques et liées aux vibrations

Le bruit ferroviaire possède des critères spécifiques sensiblement différents de ceux de la circulation routière :

- le bruit est de nature intermittente (alternance de moments de bruit avec périodes plus longues de silence),
- le spectre, bien que comparable, comporte davantage de fréquences aiguës,
- la signature temporelle du bruit des trains est régulière (croissance, pallier, décroissance du niveau sonore selon des durées stables, par type de train en fonction de leur vitesse et de leur longueur),
- la source est bien localisée sans l'espace (moyen de transport guidé), elle émet avec une double directivité : dans le plan vertical perpendiculaire à la voie et dans le plan horizontal. Les effets des nuisances sonores vis-à-vis de la santé humaine sont difficilement quantifiables et plus ou moins marqués selon la prédisposition physiologique ou psychologique de la personne qui le subit. Le bruit agit par deux mécanismes neurophysiologiques¹⁶:

- par la voie auditive spécifique (c'est à dire l'oreille et le nerf auditif pour conduire aux aires du cerveau qui traduisent les sensations auditives),
- par la voie neurologique indirecte qui active des structures nerveuses non auditives.

2.2.1. Effets auditifs du bruit

L'exposition à un bruit intense, si elle est prolongée ou répétée, provoque une baisse de l'acuité auditive. La perte d'audition, sous l'effet du bruit, est le plus souvent temporaire. Après un certain temps de récupération dans le calme, on retrouve une capacité auditive normale. Néanmoins, cette perte d'audition peut parfois être définitive, soit à la suite d'une exposition à un bruit unique particulièrement fort (140 dB(A) et plus), soit à la suite d'une exposition à des bruits élevés (85 dB(A) et plus) sur des durées de plusieurs années. Si le traumatisme sonore est important, les cellules ciliées de l'oreille interne finissent par éclater ou dégénérer de façon irréversible. Outre ces cas particuliers, même si les émissions sonores occasionnées par un aménagement ou une activité ne sont pas susceptibles de provoquer une détérioration irrémédiable de l'appareil auditif, elles peuvent toutefois générer une gêne pour les riverains.



2.2.2. Effets non auditifs du bruit

Le bruit met en jeu l'ensemble de l'organisme sous forme d'une réaction générale de stress traduisant la mobilisation de toutes nos fonctions de défense. Une étude réalisée en 1998 par le Ministère de la Santé (« Les effets du bruit sur la santé »), montre que le bruit peut être à l'origine de nombreuses Mollettes psychosomatiques et d'atteintes du système nerveux.

■ Augmentation du risque cardiovasculaire

Le bruit provoque une accélération de la fréquence cardiaque et constitue un facteur de risque d'hypertension artérielle et d'infarctus du myocarde. Le taux de consultations médicales est plus élevé en zones bruyantes qu'en zones calmes.

■ Stress psychologiques

« La gêne psychologique est la sensation perceptive et affective exprimée par les personnes soumises au bruit. Elle représente une expression globale témoignant des effets ressentis par les personnes exposées ; c'est pourquoi elle sert de base à la détermination de seuils d'exposition utilisés, notamment dans l'action réglementaire.¹⁷ » Les personnes anxieuses, hypocondriaques, dépressives, ... constituent des populations à risque. Elles présentent généralement une hypersensibilité au bruit qui représente un facteur aggravant. Des enquêtes psychosociologiques ont clairement montré qu'à un même niveau d'exposition le bruit ferroviaire est moins gênant que le bruit routier ou le bruit des avions.

■ Trouble du sommeil

Le bruit interfère avec la fonction réparatrice du sommeil, perturbant ce dernier de diverses façons : il augmente le temps d'endormissement, éveille le sujet endormi, l'empêche de se rendormir, affecte la

¹⁶ Actes du colloque "le bruit en Europe" organisé par le Conseil National du Bruit, et paru dans Écho Bruit – juin 2001.

¹⁷ Jacques Lambert (INRETS) – Le bruit des Transports en Europe

durée et la succession des différents stades du sommeil. Il conduit finalement à une structure du sommeil semblable à celle des patients dépressifs, caractérisée par la réduction ou la disparition des stades du sommeil lent profond, du raccourcissement de la latence d'apparition du sommeil paradoxal et sa moindre durée. Pour assurer de bonnes conditions de sommeil, le niveau du bruit dans une chambre à coucher ne doit pas dépasser 30–35 dB(A). Diminution des performances Le bruit diminue les performances, notamment chez les enfants d'âge scolaire. Ces effets ont été observés dans des classes soumises à un niveau de bruit supérieur à 70 dB(A). Ceci implique un risque pour le développement intellectuel de l'enfant : déficit de l'attention visuelle, difficultés à se concentrer, entraînant des effets néfastes vis à vis du développement du langage et de l'apprentissage de la lecture.

■ Effets des vibrations

La gêne due aux vibrations est fort variable et s'accompagne parfois d'autres types de gêne : la transmission acoustique aérienne directe par exemple. On peut cependant classer les niveaux d'acceptabilité des vibrations en deux catégories, selon qu'ils risquent de provoquer des réactions des personnes ou des dommages matériels.

Vis-à-vis des réactions des personnes, les niveaux acceptables concernent deux aspects :

- le seuil de la gêne par perception auditive des vibrations ré-émises par les structures qui est, de toute évidence, le plus faible. Le niveau acoustique ré-émis dépend de la structure et du local ;
- le seuil de la gêne par perception tactile directe est souvent beaucoup plus élevé que le précédent (d'un facteur 10 au moins).

Plusieurs facteurs permettent de définir le degré auquel une vibration est acceptable. Les vibrations des structures des bâtiments auxquelles l'homme peut être exposé peuvent être perçues par les occupants et les affecter de diverses manières. Une exposition du corps humain aux vibrations entraîne une complexe distribution de mouvements et d'ondes dans le corps. Cette exposition peut causer une sensation de gêne, limiter les capacités ou présenter un risque pour la santé comme un risque de fatigue. Le seuil de perception des vibrations est variable d'une personne à l'autre. Le seuil de perception moyen est de 0,015 m/s².

Se reporter au Chapitre 33.4.2. Impacts sur le bâti - p186 où sont traités également les effets sur les personnes (vibration perçues).

2.2.3. Conclusion

On observe une variation notable de la sensibilité des personnes face à une nuisance sonore d'égale intensité. Aussi, n'est-il pas forcément possible de corrélérer un niveau sonore avec une gêne occasionnée. « Le bruit généré par les transports ne provoque pas à court terme de maladies. Il apparaît cependant davantage comme une source de gêne et de désagrément. Il est clairement identifié comme responsable de troubles psychologiques pour l'ensemble de la population ainsi que de la perturbation psychosomatique chez les groupes les plus vulnérables, en particulier les personnes présentant des problèmes de santé, les patients dans les hôpitaux ou en convalescence »¹⁸.

¹⁸ Jacques Lambert (INRETS) – Le bruit des Transports en Europe Europe - Echo Bruit – juin 2001

2.3. Pollution atmosphérique

Les transports sont à l'origine de l'émission de matières polluantes dans l'atmosphère, qui en forte concentration, peuvent s'avérer nocives pour la santé humaine, soit directement (inhalation), soit indirectement (substances fixées par les cultures, présence dans le lait...).

2.3.1. Principaux polluants émis par les transports

■ Monoxyde de carbone (CO)

Ce gaz incolore et inodore est dégagé par la quasi-totalité des processus de combustion, en particulier lorsque celle-ci est incomplète. Ce polluant, typiquement d'origine automobile (provenance à 95 %) est présent à proximité immédiate des voies de circulation ou dans les parkings souterrains. A forte concentration, il se traduit par l'apparition de migraine, d'irritations oculaires. Toxique pour le sang dans la mesure où il empêche la fixation de l'oxygène sur l'hémoglobine, il est à l'origine de modifications neurologiques et comportementales chez l'enfant.

■ Dioxyde de carbone (CO₂)

Produit par l'oxydation du carbone des carburants, il s'agit d'un gaz naturellement présent dans l'atmosphère qui connaît sous l'effet des émissions liées aux activités humaines une augmentation sensible sur la seconde moitié du XX^e siècle. Il participe au réchauffement planétaire (effet de serre).

■ Oxydes d'azote (NOX)

Formés à haute température par oxydation de l'azote de l'air, principalement NO et NO₂. Le monoxyde d'azote est un gaz inodore et incolore. Émis à 80 % par l'automobile, il se transforme plus ou moins rapidement par oxydation au contact de l'oxygène de l'air en NO₂ et n'est présent qu'à proximité immédiate des axes de circulation. Le NO₂ est issu de cette transformation plus ou moins rapide du monoxyde d'azote. Il s'agit d'un gaz teinté brun/rouge, irritant les muqueuses et à odeur piquante à forte concentration. Ce polluant caractérise aussi bien les secteurs situés à proximité des sources d'émissions que des zones plus éloignées. Les oxydes d'azote sont responsables d'un accroissement de la sensibilité aux infections respiratoires notamment chez les populations sensibles (asthmatiques, enfants en bas âge, personnes âgées).



■ Particules

Les particules résultent d'une part, d'une combustion incomplète du carburant et d'autre part des phénomènes d'usure et de frottement. Les poids lourds jouent un rôle dans les émissions de particules, de l'ordre de 50 % des émissions alors qu'ils ne représentent globalement que 10 % du trafic moyen journalier annuel. Ces particules peuvent contenir de nombreux composés inorganiques (métaux lourds) ou organiques (hydrocarbures aromatiques polycycliques). L'impact sur la santé humaine des particules concerne l'apparition de migraines, de toux, voire de problèmes cardio-vasculaires et respiratoires et d'œdèmes pulmonaires.



■ Composés organiques volatiles (COV)

Cette famille de polluants englobe de nombreuses substances qui ont pour point commun de contenir l'élément carbone. Quelques autres éléments entrent dans la formulation de ces composés : hydrogène, oxygène, azote, soufre... On distingue d'une part les hydrocarbures et d'autre part, les composés oxygénés et halogénés. Ces COV sont des précurseurs pour la formation d'ozone (O₃), toutefois, leur capacité à former de l'ozone varie d'un COV à l'autre. C'est ainsi qu'ils peuvent être responsables des fortes concentrations d'ozone rencontrées à proximité des sources de pollution tout comme être responsables de l'élévation du taux d'ozone de fond. Les hydrocarbures sont non seulement issus de la combustion incomplète des carburants mais également des réservoirs de stockage (évaporation). Plusieurs COV ont des propriétés cancérigènes ou toxiques reconnues (benzène), cette toxicité varie toutefois très fortement d'un COV à l'autre. Enfin, il convient de rappeler que les COV halogénés contribuent dans une mesure importante à la destruction de la couche d'ozone stratosphérique et renforcent l'effet de serre dû au réchauffement global.

■ Dioxyde de soufre (SO₂)

Formé à partir du soufre contenu dans le gazole et les fiouls, ce gaz est incolore, irritant et très soluble dans l'eau. Il a une odeur piquante à forte concentration. Pour un projet d'infrastructure de transport, c'est bien évidemment le dioxyde de soufre issu des moteurs diesels qui est en cause avec potentiellement à forte concentration, l'apparition de migraines, de toux, de problèmes cardio-vasculaires chez l'homme. Le SO₂ est par ailleurs très phytotoxique (pluies acides).

■ Métaux lourds

Présents dans les huiles et les carburants, ces gaz n'existent dans l'atmosphère que liés à de fines particules de poussières transportées par l'air et susceptibles de pénétrer dans les voies respiratoires. Émis sous formes de poussières ou d'aérosols, ces composés de métaux lourds parviennent dans les sols et les eaux de surface dans les environs immédiats de la source ou sont transportés sur de grandes distances. Ces métaux lourds, notamment par un phénomène de bioaccumulation dans l'ensemble de la chaîne trophique, ont une forte toxicité et peuvent avoir un effet cancérigène (cadmium) ou mutagène. L'intoxication par le plomb et ses effets sur le système nerveux central sont malheureusement bien connus.

2.3.2. Effets sur la santé humaine

Les réactions entre ces polluants primaires et les composants naturels de l'atmosphère génèrent des polluants secondaires. C'est ainsi que le monoxyde de carbone, les oxydes d'azote et les composés organiques volatils évoluent dans les basses couches de l'atmosphère sous l'action du rayonnement solaire. Il en résulte une production d'ozone et d'autres composés pouvant avoir un effet sur la santé humaine. L'ozone est un des gaz oxydants et irritants les plus puissants. Il s'avère très nocif pour les tissus animaux et végétaux. Chez l'homme, cette pollution par l'ozone s'attaque surtout aux voies respiratoires et tissus pulmonaires. Elle peut surtout être à l'origine d'un accroissement des gênes et affections respiratoires chez les populations sensibles, les asthmatiques notamment. Les effets élémentaires des polluants sur la santé humaine se manifestent de manière très différente suivant le degré d'exposition, les classes de population concernée ou la nature du polluant :

- les effets des polluants doivent être envisagés selon deux termes. A court terme, ces effets peuvent aller de la simple irritation à l'aggravation de faiblesses individuelles conduisant dans certains cas extrêmes au décès prématuré (de quelques jours à quelques semaines) de personnes fragiles. A long terme, la contribution des polluants pourrait intervenir dans l'apparition de pathologies chroniques ou de cancers ;
- la sensibilité des individus montre une certaine variabilité : alors que les populations en bonne santé sont peu sensibles aux effets de la pollution, cette dernière peut entraîner une aggravation, de

façon transitoire et réversible, de la santé des personnes à risques, notamment des asthmatiques ;

- tous les constituants de la pollution atmosphérique sont susceptibles de provoquer l'aggravation de l'état de santé des personnes sensibles et les études épidémiologiques menées jusqu'à ce jour n'ont pas permis de mettre en évidence un seuil d'innocuité ;
- parmi les différents polluants, les particules et l'ozone sont considérées comme les plus actifs. La relation entre leur concentration dans l'atmosphère et un ensemble d'effets sur les indicateurs de santé (consultations, hospitalisations, etc.) est clairement établie.

Enfin, il a été démontré que de nombreux polluants avaient des effets cancérigènes (benzène, hydrocarbures aromatiques polycycliques, etc.), de même que des relations ont pu être établies entre expositions importantes en milieu professionnel et effets carcinogènes (provoquant des tumeurs cancéreuses de la peau). Leur contribution individuelle dans les manifestations pathologiques dues à la pollution automobile globale n'a cependant pas été clairement établie.

Ces effets sont, bien entendu, d'autant plus sensibles que l'on se situe dans un contexte urbain marqué par la densité des sources de pollution (circulation automobile, sources domestiques ou industrielles) et que les conditions topographiques et météorologiques apparaissent propices aux inversions de température et à une stabilité des basses couches de l'atmosphère.

En milieu rural ouvert toutefois, les conditions de vent conduisent le plus souvent à une dispersion très rapide des polluants d'origine automobile de sorte que les valeurs limites imposées par la réglementation ou les recommandations de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) se trouvent rarement dépassées et quand elles le sont, ce dépassement n'intéresse que les abords immédiats de l'infrastructure routière.

2.3.3. Incidences du projet sur la pollution atmosphérique

En phase chantier, les incidences sont liées aux engins de chantier, aux poids-lourds d'acheminement ou d'évacuation de matériaux, et aux autres véhicules. Le projet engendrera également des circulations des trains travaux fonctionnant au diesel.

2.4. Les perturbations électromagnétiques



La plupart des matériaux de construction protègent en partie contre les champs électriques, mais ne réduisent pas l'intensité des champs magnétiques. De même le champ magnétique traverse le corps humain alors que le champ électrique ne pénètre pas la peau. Par cette propriété, le champ magnétique serait susceptible de produire des effets sur la santé. Certains chercheurs estiment aujourd'hui que les effets du champ électrique sur l'organisme ne devraient pas être négligés.

2.4.1. Généralités sur les champs électromagnétiques

(Source : Les champs électromagnétiques, publié par le Bureau Régional de l'Europe de l'OMS en 1999)

Les champs électriques sont produits par des variations du voltage : plus le voltage est élevé, plus le champ qui en résulte est intense. Ils surviennent même si le courant ne passe pas.

Au contraire les champs magnétiques apparaissent lorsque le courant circule : ils sont d'autant plus intenses que le courant est élevé. Ainsi, lorsqu'on a un courant électrique, l'intensité du champ magnétique variera selon la consommation d'électricité, alors que l'intensité du champ électrique restera constante. L'intensité d'un champ diminue rapidement lorsqu'on s'écarte de sa source.

2.4.2. Effets des champs électromagnétiques sur la santé

La nature des interactions entre un champ électromagnétique et l'organisme dépend de la fréquence de ce champ ;

- les rayonnements ionisants ont des effets mutagènes et cancérogènes ;
- les champs électromagnétiques de moyenne (entre 3.105 et 3.106 Hz) et haute fréquence ont un effet biologique de nature thermique. Cet effet est connu pour des fréquences élevées ;
- pour les champs basses fréquences, les effets sur l'homme font toujours l'objet de recherches. On se pose la question de savoir si, à la suite d'une exposition prolongée, des effets peuvent se produire en dessous du seuil d'apparition des effets thermiques. Jusqu'ici, aucun effet sanitaire indésirable résultant d'une exposition prolongée à des radiofréquences ou aux fréquences correspondant au transport d'énergie électrique (environ 50 Hz) n'a été démontré, mais la recherche se poursuit activement dans ce domaine. Il subsiste des interrogations concernant les adultes professionnellement exposés, notamment pour l'aptitude au travail du personnel exerçant à bord des trains et porteurs d'un pace-maker. D'après des mesures effectuées en 1993 par une délégation américaine, sur des TGV Atlantiques et des TGV Duplex (les TGV sont les machines qui génèrent le plus de perturbations), les champs magnétiques à bord de ces rames sont inférieurs aux limites préconisées par l'IRPA que ce soit pour les voyageurs ou le mécanicien (qui sont les personnes les plus exposées à des risques quelconque).

2.4.3. Incidences du projet

L'électrification de la ligne, la circulation de trains à traction électrique, ainsi que l'installation de mâts GSMR seront autant de sources nouvelles de champs électromagnétiques.

3. Analyse des relations doses réponses

3.1. Que sont les relations doses - réponses

L'analyse des relations doses-réponses, consiste à évaluer les relations entre les niveaux d'exposition aux agents dangereux, qui ont été identifiés préalablement, et la survenue de dangers pour la santé humaine.

Que ce soit pour des effets toxiques à seuil de dose ou sans seuil de dose, les relations entre la dose et la réponse peuvent s'exprimer par des indices toxicologiques regroupés sous le terme générique de valeur toxicologique de référence (VTR).

La VTR est une appellation générique regroupant tous les types d'indices toxicologiques qui permettent d'établir une relation entre une dose et un effet (toxique avec effet de seuil, ou seuil de dose) ou entre une dose et sa probabilité d'effet (toxique sans effet de seuil).

Les VTR se distinguent selon la nature de l'effet toxique et la voie d'exposition (orale ou cutanée et respiratoire). Les seuils préconisés sont extraits de la littérature scientifique en l'absence de valeurs connues.

Les VTR dépendent :

- de la voie d'exposition (orale ; respiratoire ; cutanée) ;
- du type de substance. Sont alors distinguées :
 - les substances avec effet de seuil : l'effet néfaste apparaît au-delà d'un certain seuil d'exposition. La VTR s'exprime alors sous forme d'une concentration admissible dans l'air (CAA), pour une exposition par inhalation et sous forme d'une dose journalière admissible (DJA), pour une exposition par ingestion ou contact ;
 - les substances sans effet de seuil : ceci concerne toutes les substances cancérigènes pour lesquelles l'effet néfaste peut apparaître quelle que soit la dose. La VTR s'exprime alors sous forme d'un excès de risque unitaire (ERU) pour des expositions cutanée ou orale, et on parle de ERUi dans le cas d'une exposition par inhalation. L'ERUi exprime la probabilité de survenue d'un cancer supplémentaire lors de l'exposition par inhalation de la substance. Cette valeur est donnée par conséquent sous la forme d'une probabilité (ou fourchette de probabilité).

Les différents types de VTR sont résumés dans le tableau ci-dessous.

	Voie orale ou cutanée	Voie respiratoire
Effets toxiques à seuil de dose	Dose journalière admissible (DJA) en mg/kg/j	Concentration admissible dans l'air (CCA) en $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Effets toxiques sans seuil de dose ou cancérigènes	Excès de risques unitaire (ERU) exprimé en $\text{mg}/\text{kg}/\text{j}^{-1}$	Excès de risques unitaire par inhalation (ERUi) exprimé en $\mu\text{g}/\text{m}^3^{-1}$

Extrait du guide pour l'analyse du volet sanitaire des études d'impact - Institut de veille sanitaire - février 2000

■ Explication sur la dénomination des VTR

Les VTR sont exprimées en concentration de référence pour la voie respiratoire, en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dénommée RfC (concentration de référence), MRL (minimum risk level) ou CAA selon les organismes ou en dose de référence pour les voies orales ou cutanée en $\text{mg}/\text{kg}/\text{j}$ de poids corporel/jour dénommée RfD (dose de référence), MRL ou DJA selon les organismes.

■ Méthodologie de définition des Valeurs Toxicologiques de Référence

Les bases de données existantes issues des résultats des recherches scientifiques ont été consultées, pour vérifier l'existence ou non de valeurs toxicologiques de référence pour les dangers identifiés précédemment. Les bases de données consultées sont notamment celles :

- de l'IRIS, integrated risk information system (base de données de l'US environmental protection agency) ;
- de l'INERIS, (institut national de l'environnement industriel et des risques);
- de l'OMS ;
- du CIRC (centre international de recherche sur le cancer) ;
- de l'INRA (institut national de recherches agronomiques) ;
- et de l'ATSDR (agency for toxic substances and disease registry).

Dans le cadre de ces recherches, il peut arriver de trouver plusieurs valeurs de VTR pour un même polluant. Le choix de la valeur toxicologique de référence pour le projet se fera alors en se basant sur plusieurs critères :

- la voie d'exposition ;
- la durée d'exposition ;
- la notoriété de l'organisme ;
- la date d'actualisation de la VTR ;
- le fait que l'étude d'origine porte sur l'homme ;
- l'exigence des VTR.

Pour les substances ou les dangers auxquels ne sont pas associés de VTR, l'analyse s'est basée préférentiellement sur les seuils réglementaires en vigueur. En effet ceux-ci intègrent les préoccupations en matière de santé ou les résultats des dernières recherches.

Ces valeurs réglementaires ou issues des conclusions de recherches scientifiques médicales, sont alors considérées comme des « seuils d'effet sur la santé ».

3.2. Définition des relations doses-réponses liées au risque de pollution des eaux

Le désherbage des voies est effectué avec des produits homologués et dans des conditions strictement définies (voir Chapitre 33.1.4) afin de limiter tout risque de pollution. Le texte réglementaire applicable en la matière est le décret n° 2001-1220 du 20 décembre 2001 relatif aux eaux destinées à la consommation humaine, à l'exclusion des eaux minérales naturelles. Ce décret fixe :

- une valeur maximale par pesticide de 0,10 µg/l (sauf pour l'aldrine, la dieldrine, l'heptachlore et l'heptachlorépoxyde pour lesquels cette valeur est de 0,03 µg/l) ;
- une valeur maximale de 0,50 µg/l pour la somme de tous les pesticides individualisés, détectés et quantifiés. Durant le chantier, une éventuelle pollution des eaux ne peut résulter que d'une situation accidentelle. Les dispositions mises en œuvre pour prévenir une telle situation ont été décrites au Chapitre 33.1.4.

3.3. Définition des relations doses-réponses liées au bruit

Rappel : le bruit généré par les transports ne provoque pas à court terme de maladies, il n'existe par conséquent pas de VTR.

Le bruit apparaît davantage comme une source de gêne et de désagrément. Le paragraphe suivant présente les seuils de gêne pouvant être retenus.

■ Risques cardio-vasculaires

Aucune recommandation particulière n'existe concernant ce risque. Les études épidémiologiques et les expériences menées jusqu'à présent, n'ont pas permis de mettre en évidence un seuil au delà duquel on observerait une aggravation du risque.

Les données disponibles montrent cependant que ce seuil se situerait vers un niveau L(A)eq de l'ordre de 65 – 70 dB(A), ce qui constitue un niveau de bruit élevé.

■ Stress psychologique

Le stress psychologique peut apparaître au delà des seuils de gêne qui se situent selon les individus, entre 60 et 65 dB(A).

■ Troubles du sommeil

Les directives européennes considèrent qu'un niveau moyen nocturne de 30 – 35 dB(A) à l'intérieur des habitations, et des pics de 45 dB(A) n'affectent pas le sommeil des sujets normaux.

L'Organisation Mondiale de la Santé recommande quant à elle, des niveaux intérieurs moyens nocturnes inférieurs à 35 dB(A).

■ Valeurs guides de confort acoustique.

L'Organisation mondiale de la santé a produit des directives qui définissent des valeurs guides de confort acoustique.

ENVIRONNEMENT SPECIFIQUE	EFFET CRITIQUE SUR LA SANTE	LAEQ DB(A)	BASE DE TEMPS (HEURES)	LA Max(*)
Zone résidentielle extérieure	Gêne sérieuse pendant la journée et la soirée Gêne modérée pendant la journée et la soirée	55 50	16 16	--
Intérieur des logements. Intérieur des chambres à coucher	Intelligibilité de la parole et gêne modérée pendant la journée et la soirée	35	16	-
	Perturbation du sommeil, la nuit.	30	8	45
A l'extérieur des chambres à coucher	Perturbation du sommeil, fenêtres ouvertes.	45	8	60
Salles de classe et jardins d'enfants, à l'intérieur.	Intelligibilité de la parole, perturbation de l'extraction de l'information, communication des messages.	35	Pendant la classe	-
Salles de repos des jardins d'enfants, à l'intérieur	Perturbation du sommeil	30	Temps de repos	45
Cour de récréation, extérieur	Gêne (source extérieure).	55	Temps de récréation	-
Hôpitaux, salles / chambres à l'intérieur	Perturbation du sommeil, la nuit.	30	8	40
	Perturbation du sommeil, pendant la journée et la soirée	30	16	-
Hôpitaux, salles de traitement, à l'intérieur	Interférence avec le repos et la convalescence	(1)		
Zones industrielles, commerciales, marchandes, de circulation, extérieur et intérieur	Perte de l'audition	70	24	110
Cérémonies, festivals, divertissements	Perte de l'audition (clients : < 5 fois par an)	100	4	110
Discours, manifestations extérieure et intérieure	Perte de l'audition	85	1	110
Musiques et autres sons diffusés dans des écouteurs	Perte de l'audition	85 (4)	1	110
Impulsions sonores générées par des jouets, des feux d'artifices et des armes à feu	Perte de l'audition (adultes).	-	-	140 (2)
	Perte de l'audition (enfants).	-	-	120 (2)
Parcs naturels et zones protégées	Interruption de la tranquillité	(3)		

(1) : aussi bas que possible (2) : la pression acoustique maximale (pas de LAF, maximum) mesurée à 100 millimètres de l'oreille. (3) : des zones extérieures silencieuses doivent être préservées et le rapport du bruit au bruit de fond naturel doit être gardé le plus bas possible. (4) : sous des écouteurs, adaptés aux valeurs de plein air (*) LA Max : niveau de bruit instantané maximal

■ Valeurs réglementaires

Les seuils réglementaires qu'il convient de respecter ont été calculés en fonction de la gêne générée par un projet pour les riverains. Le respect de ces seuils permet donc d'éviter les effets sur la santé énumérés ci-avant. Ces seuils sont précisés par les textes suivants :

- décret n° 95-22 du 9 janvier 1995 relatif à la limitation du bruit des aménagements et des infrastructures de transport terrestre ;
- arrêté du 8 novembre 1999 relatif au bruit des infrastructures ferroviaires qui énonce les indicateurs de gêne et les seuils réglementaires à prendre en compte lors de l'aménagement d'une infrastructure ferroviaire.

Ces textes sont pris en application des articles L.571-1 à L.571-10 et L.571-12 à L.571-26 du code de l'environnement.

Dans le cas de l'aménagement d'une infrastructure existante, il s'agit de déterminer si le projet peut être considéré comme une modification significative du point de vue acoustique. La modification est jugée significative si, à terme, l'aménagement induit une augmentation des niveaux sonores en façade des habitations riveraines supérieure à 2 dB(A) par rapport au même horizon sans aménagement. Si c'est le cas, le maître d'ouvrage est tenu de satisfaire aux objectifs de protection suivants :

LAeq (actuel) en dB(A)	LAeq (projet) avec protections en dB(A)
≤ 63	≤ 63
63 ≤ LAeq (actuel) ≤ 65	LAeq (projet) ≤ LAeq (actuel)
≤ 68	≤ 68

3.4. Définition des relations doses-réponses liées à la pollution atmosphérique

L'impact des agents dangereux induits par le projet est quantifiable au travers de la valeur toxicologique de référence (VTR).

Dans le cadre de la présente étude, la définition des relations doses-réponses concerne les polluants atmosphériques émis à l'échappement des véhicules de chantier et d'exploitation de la ligne et à certaines circulations ferroviaires très marginales (entretien des voies, fret).

La qualité de l'air est réglementée au niveau communautaire depuis le début des années 80.

Quatre directives successives de l'Union Européenne ont fixé des valeurs guides et des valeurs limites pour les niveaux de pollution des principaux polluants. Ces normes ont été établies en tenant compte des recommandations de l'**Organisation Mondiale pour la Santé (OMS)**.

Suite à l'adoption de la Loi sur l'Air et l'utilisation rationnelle de l'Énergie (LAURE) du 30 décembre 1996, ces quatre directives ont été reprises dans le décret n°98-360 du 6 mai 1998, modifié par les décrets n° 2002-213 du 15 février 2002 et n° 2003-1085 du 12 novembre 2003. Ces décrets fixent les valeurs et seuils à respecter.

La directive européenne 2002/3/CE du 19 février 2002 relative à l'ozone dans l'air ambiant, en attente de transcription en droit français, fixe de nouveaux seuils pour l'ozone dont un nouveau seuil d'alerte.

Le tableau de la page suivante détaille ces valeurs de référence. Ces valeurs constituent les Valeurs Toxicologiques de Référence pour la présente étude.

Lexique

- **Objectif de qualité** : niveau de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère, fixé sur la base de connaissances scientifiques, dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs de ces substances pour la santé humaine ou pour l'environnement.
- **Seuil de recommandation** : niveau de concentration de substances polluantes au-delà duquel il existe des effets limités et transitoires sur la santé des catégories de populations sensibles en cas d'exposition de courte durée.
- **Seuil d'alerte** : niveau de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé humaine ou de dégradation de l'environnement et à partir duquel des mesures d'urgence doivent être prises.
- **Valeur limite** : niveau maximal de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère, fixé sur la base de connaissances scientifiques, dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs de ces substances sur la santé humaine et sur l'environnement.

3.4.1. Qualité de l'air : valeurs toxicologiques de référence

Polluant	Type	Période considérée	Valeur	Mode de calcul et remarques
Dioxyde d'azote NO ₂	Objectif de qualité	Année civile	40 µg/m ³	Moyenne
	Seuil de recommandation et d'information	Horaire	200 µg/m ³	Moyenne
	Seuil d'alerte	Horaire	400 µg/m ³	Moyenne
		Horaire	200 µg/m ³	Si la procédure d'information a été déclenchée la veille et le jour même et que les prévisions font craindre un dépassement le lendemain
	Valeur limite de protection de la santé humaine	Année civile	200 µg/m ³	A ne pas dépasser plus de 175 heures en moyenne horaire sur l'année. (jusqu'au 31/12/2009)
		Année civile*	260 µg/m ³	A ne pas dépasser plus de 18 heures en moyenne horaire sur l'année. (jusqu'au 200 µg/m ³ à compter du 01/01/2010)
		Année civile*	52 µg/m ³	Moyenne (40 µg/m ³ à compter du 01/01/2010)
Valeur limite de la protection de la végétation	Année civile	30 µg/m ³	Moyenne	
Particules en suspension de diamètre ≤ 10 µm PM10	Objectif de qualité	Année civile	30 µg/m ³	Moyenne
	Valeur limite (ne s'applique qu'à la part des concentrations non liées à des événements naturels)	Année civile*	55 µg/m ³ (pour 2004)	A ne pas dépasser plus de 35 jours en moyenne journalière (50 µg/m ³ à compter du 01/01/2005)
		Année civile*	41 µg/m ³	Moyenne (40 µg/m ³ à compter du 01/01/2005)
Dioxyde de soufre SO ₂	Objectif de qualité	Année civile	50 µg/m ³	Moyenne
	Seuil de recommandation et d'information	Horaire	300 µg/m ³	Moyenne
	Seuil d'alerte	Horaire	500 µg/m ³	Moyenne Dépassé pendant 3 heures consécutives
	Valeur limite de protection de la santé humaine	Année civile*	380 µg/m ³	Avec 24 heures de dépassement autorisé en moyenne horaire (350 µg/m ³ à compter du 01/01/2005)
		Année civile	125 µg/m ³	Avec 3 jours de dépassement autorisé en moyenne journalière
	Valeur limite de protection des écosystèmes	Année civile	20 µg/m ³	Moyenne
Du 01/10 au 31/03		20 µg/m ³	Moyenne	

* la valeur est définie à partir de la limite fixée pour 2005 ou 2010, augmentée d'une marge de dépassement dégressive avec les années, jusqu'à la date d'application de la valeur limite.

Polluant	Type	Période considérée	Valeur	Mode de calcul et remarques
Dioxyde de soufre SO ₂	Objectif de qualité	Année civile	50 µg/m ³	Moyenne
	Seuil de recommandation et d'information	Horaire	300 µg/m ³	Moyenne
	Seuil d'alerte	Horaire	500 µg/m ³	Moyenne Dépassé pendant 3 heures consécutives
	Valeur limite de protection de la santé humaine	Année civile*	380 µg/m ³	Avec 24 heures de dépassement autorisé en moyenne horaire (350 µg/m ³ à compter du 01/01/2005)
		Année civile	125 µg/m ³	Avec 3 jours de dépassement autorisé en moyenne journalière
	Valeur limite de protection des écosystèmes	Année civile	20 µg/m ³	Moyenne
Ozone O ₃	Objectif de qualité pour la protection de la santé humaine	8 heures	110 µg/m ³	Moyenne glissante
	Seuil de recommandation et d'information	Horaire	180 µg/m ³	Moyenne
	Seuil d'alerte	3 heures consécutives	240 µg/m ³	Moyenne horaire
		3 heures consécutives	300 µg/m ³	Moyenne horaire
Objectif de qualité pour la protection et la végétation	Horaire	360 µg/m ³	Moyenne horaire	
	24h	65 µg/m ³	Moyenne	
Monoxyde de carbone CO	Valeur limite pour la protection de la santé humaine	8 Heures	10 mg/m ³	Maximum journalier de la moyenne glissante
Benzène	Objectif qualité	Année civile	2 µg/m ³	Moyenne
	Valeur limite pour la protection de la santé humaine	Année civile*	10 µg/m ³ (pour 2004)	Moyenne (5 µg/m ³ à compter du 01/01/2010)

3.5. Définition des relations doses-réponses liées aux champs électromagnétiques

3.5.1. Les valeurs limites recommandées

La recommandation du Conseil européen du 12 juillet 1999 relative à la limitation de l'exposition du public aux champs électromagnétiques (1999/519/CE) fixe des restrictions de base et des niveaux de référence.

Les restrictions de base sont fondées directement sur des effets avérés sur la santé et des considérations biologiques. Les grandeurs physiques utilisées pour caractériser les restrictions de base dépendent de la fréquence du champ. L'induction magnétique et la densité de puissance peuvent être aisément mesurées sur les sujets exposés.

Les niveaux de référence sont fournis aux fins de l'évaluation de l'exposition dans la pratique pour déterminer si les restrictions de base risquent d'être dépassées. Certains niveaux de référence sont dérivés des restrictions de base concernées au moyen de mesures et/ou de techniques de calcul, et certains autres ont trait à la perception et à des effets nocifs indirects de l'exposition aux champs électromagnétiques.

Dans une situation d'exposition particulière, des valeurs mesurées ou calculées peuvent être comparées avec le niveau de référence approprié. Le respect du niveau de référence garantira le respect de la restriction de base correspondante. Si la valeur mesurée est supérieure au niveau de référence, il n'en découle pas nécessairement un dépassement de la restriction de base. Dans de telles conditions, il est nécessaire d'établir si la restriction de base est respectée.

■ Restriction de base

Pour la gamme de fréquence allant de 4 à 1 000 Hz, la restriction de base est de 2 mA/m². Cette valeur correspond à la valeur efficace d'une densité de courant.

■ Niveaux de référence

Le tableau ci-dessous présente les niveaux de référence de la gamme de fréquence correspondant à 50 Hz.

Niveaux de référence pour les champs électriques, magnétiques et électromagnétiques.

(Recommandation du conseil européen du 12 juillet 1999)

	E(V/m)	H(A/m)	B (μT)
Recommandation 0,025-0,8 kHz	250/f	4/f	5/f
Soit pour 50 Hz	5 000	80	100

E : intensité de champ électrique, en V/m.

H : intensité de champ magnétique, en A/m.

B : induction magnétique ou densité de flux magnétique, en Teslas (T). En espace libre et dans les matières biologiques, l'induction magnétique et l'intensité du champ magnétique peuvent être utilisés indifféremment selon l'équivalence $1 \text{ A/m} = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ T}$.

Le décret du 3 mai 2002, relatif aux valeurs limites d'exposition du public aux champs électromagnétiques émis par les équipements utilisés dans les réseaux de télécommunication ou par les installations radioélectriques, intègre ces recommandations du conseil européen : les mêmes valeurs ont été

conservées.

Il est important de noter qu'une limite recommandée ne constitue pas une démarcation précise entre sécurité et danger. On ne peut pas considérer qu'à partir de tel ou tel niveau d'exposition précis il y a danger pour la santé car en fait, le risque sanitaire augmente graduellement à mesure que l'exposition s'intensifie.

Ce que ces recommandations indiquent, c'est qu'au-dessous d'un certain seuil, l'exposition à un champ électromagnétique ne comporte pas de risque dans l'état actuel des connaissances. Il n'en résulte pas automatiquement qu'au-dessus de ce seuil, de cette limite, l'exposition soit dangereuse.

Ces valeurs s'inspirent des recommandations émises par la Commission Internationale de Protection contre les Rayonnements Non Ionisants (CIPRNI). Cette organisation non-gouvernementale, qui est officiellement reconnue par l'OMS, examine les données scientifiques émanant de tous les pays du monde et établit des limites d'exposition recommandées.

À titre de comparaison, le tableau suivant indique les sources les plus courantes de champs électromagnétiques autour de nous. Il constitue des repères par rapport aux valeurs données précédemment. Toutes les valeurs indiquées représentent les limites maximales d'exposition du public.

Limites maximales d'exposition aux champs magnétiques des sources les plus courantes.

(Source : Bureau régional OMS de l'Europe)

	E : intensité de champ électrique (V/m)	B : densité de flux magnétique (μT)
Champs naturels	200	70 (champ magnétique terrestre)
Energie électrique (dans les foyers éloignés des lignes à haute tension)	100	0,2
Energie électrique (sous les lignes à haute tension)	10 000	20
Trains électriques et tramway	300	50
Ecrans de télévision et d'ordinateurs (au niveau de l'utilisateur)	10	0,7

On constate que les valeurs d'exposition aux champs magnétiques engendrées par les trains électriques restent en-deçà des niveaux de référence fixés par le décret n° 2002-775 du 3 mai 2002.

Il en est de même pour les installations de sous-stations d'alimentation.

4. Évaluation des populations exposées

4.1. Impact acoustique

En phase exploitation, 480 bâtiments, soit une population d'environ 1 500 à 2 000 personnes, seraient soumis, en l'absence de protection, à une modification significative des niveaux sonores en façades (plus de 2 dB(A)). Les protections acoustiques (écrans absorbants et isolations de façades) mises en œuvre permettent de satisfaire partout aux objectifs réglementaires.

4.2. Pollution des eaux souterraines

7 captages d'alimentation en eau potable sont concernés par une éventuelle pollution. Ils fournissent l'alimentation d'environ 15 000 habitants.

4.3. Pollution atmosphérique

Les populations exposées temporairement (pendant la durée des travaux) sont les populations installées le long des chantiers et des accès routiers aux chantiers, empruntés par les véhicules légers et par les poids-lourds pour l'acheminement ou l'évacuation de matériaux.

4.4. Champs électromagnétiques

L'avancement des études concernant l'implantation des mâts GSMR ne permet pas aujourd'hui d'avancer des conclusions à ce sujet. Toutefois, il est question d'implanter environ une vingtaine de mâts en ville et en campagne. En ville les populations exposées sont celles qui seront situées dans le cône d'émission. Il est prévu l'installation des émetteurs sur des mâts existants en liaison avec d'autres opérateurs de téléphonie. En campagne, la proximité d'habitations existantes ou future sera évitée. Si besoin, des relais supplémentaires seront installés afin de garantir l'évitement des populations.

Concernant les installations électriques, les valeurs d'exposition aux champs magnétiques et électromagnétiques engendrées sont en deçà des niveaux de références fixées par décret. La population n'est donc pas exposée.

CHAPITRE 5

COÛTS COLLECTIFS ENVIRONNEMENTAUX ET BILAN ÉNERGETIQUE

1. Coûts collectifs environnementaux



Conformément à l'article L.122-3 du Code de l'Environnement, ce chapitre analyse les coûts collectifs de la pollution atmosphérique, de l'effet de serre, des nuisances sonores et des avantages sécurité pour la collectivité. Les méthodes utilisées pour caractériser les effets des nuisances des trafics routier et ferroviaires sur la santé sont conformes aux deux textes qui « cadrent » officiellement les bilans collectifs : L'Instruction Cadre Relative aux Méthodes d'Évaluation socio-économique des Grands Projets d'Infrastructure, du 3 octobre 1995, ainsi que la circulaire d'application de cette instruction, diffusée en 1998 par la Direction des Routes.

En référence aux textes cités ci-dessus, on a cherché à déterminer les coûts liés à la pollution de l'air, à l'effet de serre aux nuisances sonores et à la sécurité dans les situations de référence et de projet sur les sections routières et ferroviaires concernées par le transfert intermodal attendu avec le projet Sillon alpin sud.

1.1. Méthodologie d'évaluation

L'évaluation des coûts collectifs environnementaux repose sur les prévisions de trafics établies par les études socio-économiques menées par SYSTRA pour le compte de RFF, en situation de référence (c'est-à-dire sans réalisation du projet) et en situation de réalisation du projet à l'horizon 2013. Elles ont été également utilisées pour évaluer en terme économique les gains associés au projet : temps, utilisation véhicules, exploitation/entretien ferroviaire, entretien des routes, ... (Cf. volume 3 du dossier d'enquête préalable à la déclaration d'utilité publique).

Les calculs ci-après correspondent aux coûts collectifs « environnementaux » ; on se reportera au chapitre 5 de l'étude socio-économique pour la prise de connaissance de l'ensemble des coûts collectifs (environnementaux et socio-économiques).

Pour les prévisions de trafic fret, il a été pris en compte le transport conventionnel (trains entier, transport combiné). Deux hypothèses de croissance du trafic sont prise en compte pour le fret transalpin (hypothèse « basse » : croissance annuelle moyenne de 2 % et hypothèse « haute » : 6 %).

Les coûts collectifs environnementaux et le bilan énergétique du présent chapitre sont calculés dans le présent chapitre pour les deux hypothèses.

La différence de trafics (en plus ou en moins), tous modes confondus, entre la situation de référence et la situation projet, constitue l'induction globale, c'est-à-dire le différentiel de trafic généré par la réalisation du projet.

Il convient de préciser que seuls les modes routier et ferroviaire ont été considérés.



Qu'est-ce qu'un coût collectif ?

Lorsqu'un consommateur fait le choix d'acheter un bien ou d'effectuer un voyage, il prend en considération le prix qui lui est proposé et le compare au bénéfice ou à la satisfaction qu'il attend de cet achat ou de ce voyage.

En revanche, le consommateur d'un bien ou d'un service n'acquies généralement pas l'ensemble des coûts provoqués par sa décision, sur la société ou l'environnement. Ces coûts sont appelés "externes" parce qu'ils ne sont pas intégrés dans le prix payé par les utilisateurs.

Dans le cas des transports, les coûts externes résultent principalement de la pollution atmosphérique, des effets sur le climat (effet de serre), des accidents (insécurité), de la congestion des infrastructures et du bruit ainsi que d'autres effets environnementaux (nature et paysage, effets de coupure, ...). L'utilisateur d'un mode de transport n'est généralement pas conscient de ces coûts, qui sont néanmoins supportés par la collectivité.

1.2. Reports modaux route / fer

Les hypothèses de calcul (aire d'étude, prévisions de trafics) sont détaillées dans l'évaluation socio-économique (volume 3).

Le projet Sillon alpin sud entraînera une diminution globale de la part du trafic routier. Il est prévu un report de circulation de la route vers le rail de l'ordre de :

- 135 000 véhicules particuliers, soit **51 millions de voyageurs x km par an** ;
- et entre 62 000 et 119 000 poids-lourds. A ces chiffres, il convient d'ajouter les reports de poids-lourds engendrés par le train créé entre Jarrie-Vizille et Sibelin (soit 14 000 poids-lourds). Au total nous obtenons **entre 600 et 1300 millions de tonnes x km par an** (hypothèses « basses » et « haute »).

1.3. Évaluation des coûts collectifs environnementaux

Les effets externes du projet sur l'environnement et sur le reste de la Collectivité considérés dans le cadre du projet Sillon alpin sud sont :

- **la sécurité routière** : le report des usagers de la route vers le mode ferroviaire, plus sûr, conduit à une diminution du nombre d'accidents de la route. L'évaluation des gains de sécurité est établie sur la base de valeurs tutélaires dépendant du type de véhicule et du contexte routier ;
- **la pollution locale et régionale** : les reports de la route ou de l'aérien vers le fer permettent de réduire la consommation d'énergie fossile et par conséquent la pollution de l'air.
- **l'effet de serre** : une diminution d'émissions de gaz à effet de serre est aussi possible grâce au report modal ;
- **la décongestion** : ces gains reflètent les gains de temps perçus par les usagers de la route en situation de projet, du fait du report d'usagers de la route vers le rail ;
- **la pollution sonore** : très difficile à évaluer, car nécessitant des études poussées, l'effet du projet sur la pollution sonore peut être estimé par ratios.

Le bilan, calculé sur la base de l'hypothèse haute de trafic fret, met en valeur un impact positif du projet Sillon alpin sud sur les coûts environnementaux.

Le bilan des pollutions et nuisances est bénéficiaire de 257 Millions €

2. Bilan énergétique



Le bilan énergétique du projet, exigé dans les études d'impact par le décret du 12 octobre 1977, a pour but de mesurer les effets du projet en terme de consommation énergétique.

Les chiffres français font ressortir en matière de transport une consommation et une part des transports dans les dépenses énergétiques croissantes depuis plus de 30 ans.

Ce sont les transports routiers individuels et de marchandises qui représentent les consommations énergétiques les plus élevées.

Les projets ferroviaires en général et celui du Sillon alpin sud contribuent à réduire la consommation d'énergie pétrolière, essentiellement par report du trafic de la route vers le rail et de fait à réduire d'autant la part des importations pétrolières.

Le bilan énergétique du programme doit permettre d'appréhender l'impact du projet sur la consommation d'énergie, en replaçant les résultats obtenus dans un contexte national de recherche permanente de moindre dépendance énergétique à long terme, notamment vis-à-vis des importations pétrolières.

2.1. Méthodologie

Au cours de sa session du 14 février 2002, le Conseil d'Orientation de l'Observatoire de l'Énergie a adopté la méthode commune aux organisations internationales concernées (Agence Internationale de l'Énergie, Eurostat...) dénommée méthodologie d'établissement des bilans énergétiques de la France.

Cette méthode fournit des coefficients de conversion de l'électricité, de kWh en tonne d'équivalent pétrole (tep), détaillée en fonction de l'origine de l'énergie électrique.

Cette unité est l'unité de référence qui permet de comparer, dans le cadre du présent bilan, la consommation énergétique de moteurs thermiques (automobiles, poids lourds), avec des trains à traction électrique, dont la consommation est habituellement exprimée en kWh.

Dans le cadre de notre étude, le coefficient utilisé, issu de cette méthode est le coefficient d'équivalence à l'utilisation (Source Eurostat), soit 1 kWh = 86 grammes équivalents pétroles.

■ La situation actuelle

A partir du coefficient d'équivalence à l'utilisation énergétique défini précédemment (coefficient EUROSTAT), on obtient les consommations d'énergie unitaire suivantes à partir des données de consommations par type de transport issues de l'ADEME :

Consommation énergétique moyenne en gramme équivalent pétrole (source ADEME - 2001)					
Transport de voyageurs (en gep/ vkm*)				Transport de marchandises (en gep T/km**)	
TGV	Trais rapides et express	TER	Automobile particulière	Fret ferroviaire (train complet)	Poids lourd
5	7	9	30	4	23

En simplifiant, on peut considérer qu'un gramme équivalent pétrole correspond à « 1 unité énergétique ». Ainsi, le transport de l'Observatoire de l'Énergie a adopté la méthode commune aux d'un voyageur par TGV, sur 1 km, nécessiterait 5 « unités organisations internationales concernées (Agence Internationale énergétiques », tandis qu'il faudrait 30 « unités énergétiques » si ce même voyageur utilisait son automobile sur une distance de 1 km.

De la même façon, le transport d'une tonne de marchandise par fret ferroviaire sur 1 km nécessiterait 4 « unités énergétiques », en fonction de l'origine de l'énergie électrique. alors qu'il en faudrait 23 en cas de transport par route (poids lourd).

Ce tableau fait nettement ressortir le fait que le mode de transport ferroviaire est 3 à 5 fois plus économique que le transport traction électrique, dont la consommation est habituellement automobile pour les voyageurs et 6 fois plus économique que le exprimée en kWh. transport routier pour les marchandises.



■ L'évolution future

En l'absence de données sur l'évolution prévisible des consommations énergétiques des véhicules routiers au-delà de 2020 et de l'absence de données concernant l'évolution de la consommation des trains, on considérera les données actuelles comme bases de calcul.

2.2. Résultat

■ Évaluation des économies énergétiques liées au report du mode routier sur le mode ferroviaire

Le projet Sillon alpin sud entraînera une diminution globale de la part du trafic routier. Il est prévu un report de circulation de la route vers le rail de l'ordre de :

- 135 000 véhicules légers ;
- et entre 62 000 et 119 000 poids-lourds.
- A ces chiffres, il convient d'ajouter les reports de poids-lourds engendrés par le train créé entre Jarrie-Vizille et Sibelin (soit 14 000 poids-lourds).

Type de trafic	Volume annuel du report	Consommation énergétique annuelle en TEP	
		Routier	Ferroviaire
Voyageurs	51 millions de voyageurs x km	1 530	444
Fret	600 à 1300 millions de tonnes x km	13 800 à 29 900	2 400 à 5200
	Total	15 330 à 31 430	2 844 à 5 644

Les différents reports de circulation entre la route et le rail qui résulteraient du projet engendreraient donc le bilan énergétique suivant :

Type de trafic	Gain annuel en consommation énergétique en TEP
Voyageurs	1 086
Fret	Entre 11 400 et 24 700
Total	12 486 et 25 786

Le projet permet donc **une économie d'énergie annuelle comprise entre 12 486 et 25 786 tonnes équivalents pétrole**, en 2013.

CHAPITRE 6

EVALUATION DU COUT DES MESURES

Le coût des mesures en faveur de l'environnement intègre les protections phoniques, les dispositifs hydrauliques (bassins de rétention notamment), les aménagements spécifiques à la petite faune, ainsi que des études et aménagements spécifiques pour l'insertion des ouvrages dans le paysage.

Ce montant compris dans l'enveloppe financière prévisionnelle de l'opération est évalué à 23 millions d'euros aux conditions économiques de janvier 2005

CHAPITRE 7 - NOTE METHODOLOGIE

1. Analyse de l'état initial

Le niveau de l'analyse a été adapté aux caractéristiques de l'environnement et à celles du projet. Cette analyse repose sur :

- un recueil de données auprès des services et organismes compétents ;
- la consultation d'études d'impact de projets antérieurs sur l'aire d'étude ;
- une prospection de terrain.

Pour l'étude acoustique, la situation acoustique initiale est définie sur le territoire susceptible d'être impacté directement ou indirectement par le projet (campagne de mesures acoustiques, puis extrapolation par modélisation) afin de déterminer les ambiances sonores préexistantes et les seuils réglementaires admissibles qui en découlent.

Un modèle est ensuite réalisé sous le logiciel MITHRA permettant de caractériser la propagation du bruit des infrastructures ferroviaires dans le site actuel défini en trois dimensions (topographie, voiries et bâti) en prenant en compte l'incidence des conditions météorologiques (calcul selon la Nouvelle Méthode de Préviation du Bruit, norme NFS 31-133).

Le modèle de calcul est recalé sur les résultats de mesures après ajustement des trafics fournis pendant les mesures.

L'ensemble des données recueillies sur les différents thèmes d'environnement a permis d'identifier les enjeux. Il y a enjeu lorsqu'une portion de l'espace présente une valeur au regard de préoccupations patrimoniales, économiques, de cadre de vie... Puis la sensibilité de ces enjeux, c'est-à-dire le risque de perte de tout ou partie du niveau d'enjeu du fait de la réalisation du projet, a été évaluée.

2. Évaluation des impacts et définition des mesures d'insertion

Les méthodes de définition des mesures visent en premier lieu à inscrire le projet en conformité avec les textes réglementaires en vigueur puis, dans un second temps, à optimiser son insertion. Le choix et la définition des aménagements proposés s'inspirent de l'expérience acquise dans des situations comparables.

Les mesures principales sont prise en faveur de l'ambiance l'acoustique, du paysage, de la faune et de la préservation de l'environnement en phase travaux.

■ Ambiance acoustique

Après insertion du projet dans le modèle initial recalé, la contribution sonore de l'infrastructure est calculée en différents points récepteurs situés en façades des habitations les plus représentatives concernées par le projet et comparée aux seuils réglementaires prédéfinis. La puissance acoustique de la source de bruit ferroviaire est définie par tronçon homogène sur la base des hypothèses de trafic fournies par RFF (types de train, nombre de trains par type, vitesse de circulation par type et par section) en créant autant de tronçons que de conditions de circulations différentes. En cas de dépassement des seuils réglementaires, des solutions de protection adaptées seront alors recherchées : mise en œuvre de protections à la source et/ou isolation de façades.

■ Traitements paysager

Des principes de traitement paysager des aménagements singuliers qui le nécessitaient (3^e voie à brigoud, sous-station des Mollettes) ont été proposés.

■ Mesures concernant les impacts temporaires

Des dispositions appropriées sont édictées pour limiter les incidences temporaires du projet en période de chantier. Elles sont notamment fondées sur l'expérience d'INEXIA en suivi environnement de chantier.

3. Difficultés rencontrées

Globalement, les difficultés rencontrées dans l'évaluation des impacts sont les suivantes :

- l'étude d'impact est réalisée à un moment de la vie du projet où toutes ses caractéristiques ne sont pas encore déterminées exactement. Le projet peut être amené à évoluer suite aux études techniques de détail et aux concertations postérieures à l'enquête publique. Ces modifications vont souvent dans le sens d'une limitation des incidences en permettant un calage fin des mesures d'insertion ;
- l'analyse des impacts n'est pas exhaustive. Elle se focalise sur les aspects les plus sensibles de l'environnement. L'analyse paysagère se concentre par exemple sur certains points de vue vers l'infrastructure mais ne peut tous les prendre en compte ;
- des connaissances manquent pour évaluer certains impacts. En l'absence d'informations sur la consommation énergétique des motrices sur un trajet donné et sur les reports modaux induits par l'augmentation de capacité, il n'a pas été possible de quantifier l'incidence du projet sur les émissions de polluants atmosphériques. Cette incidence, à la fois positive et négative, est simplement relativisée à l'échelle des émissions liées aux transports terrestres dans le secteur considéré ;
- certains impacts ne peuvent être appréciés qu'en tant que risques. C'est par exemple le cas pour la pollution accidentelle des eaux souterraines ou superficielles.
- enfin, certains effets sont difficilement quantifiables et ne répondent pas toujours à des modèles. Des difficultés ont notamment été rencontrées dans l'évaluation des effets du projet sur la santé.

Direction régionale Rhône-Alpes Auvergne
78, rue de la Villette - 69425 Lyon cedex 03
Tél. : 04 72 84 65 70

