

Ligne Nouvelle Languedoc-Roussillon Contournement de Nîmes et Montpellier

Enquête Publique



ÉTUDE D'IMPACT

Tome 6 - Santé - Coûts collectifs - Bilan énergétique - Méthodes

7. EFFETS SUR LA SANTE

7.1 - Analyse des dangers potentiels pour la santé..... 3

7.1.1 - Les nuisances acoustiques..... 3

7.1.2 - Le transport ferroviaire de matières dangereuses (TMD) 4

7.1.3 - Le désherbage..... 6

7.1.4 - Les champs électromagnétiques 7

7.1.5 - La pollution atmosphérique 9

7.1.6 - Les vibrations10

7.1.7 - Les opérations en phase travaux.....10

7.2 - Analyse des relations doses-réponses 12

7.2.1 - Définition des relations doses-réponses liées au bruit.....12

7.2.2 - Définition des relations doses-réponses liées au transport de matières dangereuses17

7.2.3 - Définition des relations doses-réponses liées au désherbage17

7.2.4 - Définition des relations doses-réponses liées aux ondes électromagnétiques18

7.2.5 - Définition des relations doses-réponses liées à la pollution atmosphérique19

7.2.6 - Définition des relations doses-réponses liées aux vibrations.....20

7.2.7 - Définition des relations doses-réponses liées aux opérations en phase travaux20

7.3 - Evaluation des populations exposées 21

7.3.1 - Populations exposées au bruit21

7.3.2 - Populations exposées aux dangers liés au transport de matières dangereuses (TMD)22

7.3.3 - Populations exposées aux champs électromagnétiques24

7.3.4 - Populations exposées à la pollution atmosphérique24

7.3.5 - Populations exposées aux vibrations25

7.4 - Caractérisation des risques et mesures proposées..... 25

7.4.1 - Mesures vis-à-vis du bruit.....25

7.4.2 - Mesures vis-à-vis des risques liés au transport de matières dangereuses.....30

7.4.3 - Mesures vis-à-vis des champs électromagnétiques32

7.4.4 - Mesures vis-à-vis de la pollution atmosphérique.....32

7.4.5 - Mesures vis-à-vis des vibrations.....33

7.5 - Conclusion 33

8. ANALYSE DES COÛTS COLLECTIFS ET NUISANCES - BILAN ENERGETIQUE

8.1 - Les coûts collectifs..... 37

8.1.1 - Méthodologie d'évaluation37

8.1.2 - Evaluation des reports modaux.....37

8.1.3 - Estimation du trafic futur sur A938

8.1.4 - Evaluation des variations de trafics routiers38

SOMMAIRE

8.1.5 - Pollution de l'air	39
8.1.6 - Effet de serre	39
8.1.7 - Congestion.....	40
8.1.8 - Insécurité	40
8.1.9 - Nuisances sonores.....	41
8.1.10 - Autres coûts collectifs	42

8.2 - Le bilan énergétique

8.2.1 - Introduction.....	42
8.2.2 - Méthodologie du bilan énergétique.....	42
8.2.3 - Résultats du bilan énergétique	43

9. ANALYSE DES METHODES ET DES DIFFICULTES RENCONTREES DANS L'ANALYSE DES IMPACTS

9.1 - Cadre méthodologique général

9.2 - Méthodologie

9.2.1 - Evaluation de l'impact sur le milieu physique.....	47
9.2.2 - Evaluation de l'impact sur le milieu naturel	49
9.2.3 - Evaluation de l'impact sur le milieu humain	52
9.2.4 - Evaluation de l'impact sur le patrimoine et paysage.....	54
9.2.5 - Evaluation de l'impact sur la santé.....	55
9.2.6 - Cartographie.....	55

7. EFFETS SUR LA SANTE

Chapitre 7 – EFFETS SUR LA SANTE

7. EFFETS SUR LA SANTE

Le présent « volet sanitaire » s'attache à évaluer les impacts de la réalisation du contournement ferroviaire de Nîmes et Montpellier sur la santé humaine, conformément à l'article L.122-3 du code de l'environnement qui apporte des compléments aux études d'impact des projets d'aménagement.

L'article L.122-3 stipule notamment :

« Le contenu de l'étude d'impact qui comprend au minimum une analyse de l'état initial du site et de son environnement, l'étude des modifications que le projet y engendrerait, l'étude de ses effets sur la santé, et les mesures envisagées pour supprimer, réduire et, si possible compenser les conséquences dommageables pour l'environnement et la santé ; (...) ».

La circulaire DGS (Direction Générale de la Santé) n°2001-185 du 11 avril 2001 relative à l'analyse des effets sur la santé dans les études d'impact, précise la liste des informations devant au minimum figurer dans le présent volet.

Cette évaluation nécessite :

- d'initier la réflexion par une identification des dangers pour la santé : nuisances acoustiques, risque de pollution des eaux ou de l'air...,
- de définir les « relations doses-réponses » pour chacun des dangers évoqués. Cette partie s'appuiera sur la réglementation en vigueur, et sur les recherches en cours ou les recommandations des organismes nationaux ou internationaux (Organisation Mondiale de la Santé...),
- de caractériser la population susceptible d'être exposée (en insistant sur les populations à risque), ainsi que les facteurs externes pouvant favoriser une éventuelle exposition (présence d'installations à risques, conditions météorologiques...), sur la base des éléments recensés dans l'état initial,

- de conclure, par recoupement des informations, sur le risque potentiel du projet vis à vis de la santé humaine.

A la demande de la Direction Générale de la Santé (DGS), en avril 1998, l'Institut de Veille Sanitaire (InVS) a été chargé de la mise au point d'un guide pour l'analyse du volet sanitaire des études d'impact. Ce dernier, édité en mai 2000, a servi de base méthodologique à cette analyse (NB : la circulaire DGS recommande d'ailleurs explicitement l'utilisation de ce guide).

Le présent volet santé s'est attaché à analyser l'ensemble des effets potentiels sur la santé humaine, liés à la réalisation et à l'exploitation de la future ligne de contournement de Nîmes et Montpellier, même lorsque les dangers potentiels identifiés restent cantonnés à quelques dizaines de mètres, de part et d'autre du projet. Ces dangers potentiels sont les suivants :

- les nuisances acoustiques ;
- le transport de matières dangereuses ;
- les champs électromagnétiques ;
- la pollution atmosphérique ;
- les vibrations ;
- les opérations en phase travaux ;

7.1 - Analyse des dangers potentiels pour la santé

7.1.1 - Les nuisances acoustiques

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 des 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, palier, 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 dans 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 neurophysiologiques⁽¹⁾ :

- 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 une voie neurologique indirecte qui active des structures nerveuses non auditives.

7.1.1.1 - 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 (85dB(A) et plus) sur des périodes longues (plusieurs années). Si le traumatisme sonore est important, les cellules ciliées de l'oreille interne finissent par éclater ou dégénérer de façon irréversible.

⁽¹⁾ Actes du colloque « Le bruit en Europe » organisé par le Conseil National du Bruit, et paru dans Echo Bruit – juin 2001.

dB(A) ou décibel A :
Unité de mesure du niveau de bruit où A est un filtre pondérant le son suivant la fréquence, pour représenter la sensation sonore effectivement perçue par l'oreille humaine.

Ciliées :
Garnies de cils.

7. EFFETS SUR LA SANTE

LDEN :

Niveau sonore jour/soir/nuit (day/evening/night) exprimé en décibel.

RID :

L'arrêté relatif au transport des marchandises dangereuses est dit arrêté « RID ».

Outre ces cas particuliers, même si les émissions sonores occasionnées par un aménagement ou une activité ne sont pas susceptibles de provoquer une détérioration irréversible de l'appareil auditif, elles peuvent toutefois générer une gêne pour les riverains.

7.1.1.2 - 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 maladies 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.

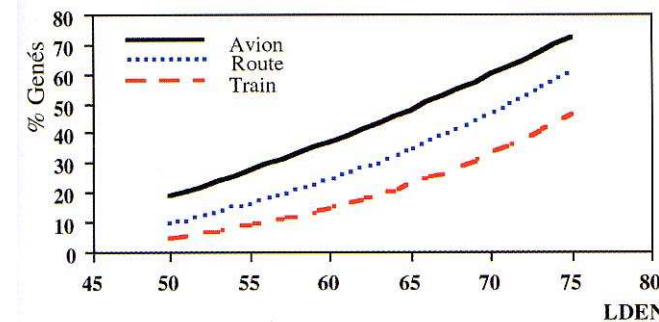
• Stress psychologiques

« 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⁽²⁾ ».

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.

Gêne due au bruit des transports :



Source : Echo bruit – juin 2001

• Troubles 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 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 un sommeil de bonne qualité, le niveau sonore équivalent ne devrait pas excéder 30 dB(A) pour le bruit de fond continu, et des niveaux de bruit excédant 45 dB(A) devraient être évités » - source OMS.

• 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.

7.1.1.3 - Nuisances, gênes et effets sanitaires

On observe une variation notable de la sensibilité des personnes face à une nuisance sonore d'égale intensité. Aussi il n'est pas forcément possible de corréler 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 psychiques et psychologiques pour l'ensemble de la population ainsi que de la perturbation psychosomatique chez les groupes les plus vulnérables, en particuliers les personnes présentant des problèmes de santé, les patients dans les hôpitaux ou en convalescence. »⁽³⁾

7.1.2 - Le transport ferroviaire de matières dangereuses (TMD)

7.1.2.1 - Présentation

Le Transport de Matières Dangereuses (TMD) représente globalement 10 à 15 % du tonnage fret transporté.

Les marchandises dangereuses qui seront transportées sur le contournement de Nîmes et Montpellier sont autorisées par la réglementation en vigueur en Europe (arrêté RID voir ci-après), et sont réparties en classes :

⁽²⁾ Jacques Lambert (INRETS) – Le bruit des Transports en Europe – Echo Bruit – juin 2001.

⁽³⁾ Jacques Lambert (INRETS) – Le bruit des Transports en Europe – Echo Bruit – juin 2001.

7. EFFETS SUR LA SANTE

Classe	Type de marchandise
1	Matières et objets explosibles
2	Gaz
3	Matières liquides inflammables
4.1	Matières solides inflammables
4.2	Matières sujettes à l'inflammation spontanée
4.3	Matières, qui au contact de l'eau, dégagent des gaz inflammables
5.1	Matières comburantes
5.2	Peroxydes organiques
6.1	Matières toxiques
6.2	Matières infectieuses
7	Matières radioactives
8	Matières corrosives
9	Matières et objets dangereux divers

Source : SNCF

L'objectif de tous les acteurs concernés (Etat, SNCF, RFF...) est le maintien du très haut niveau de sécurité passant par le respect des prescriptions de la réglementation relative aussi bien au transport de matières dangereuses, qu'au transport ferroviaire en général.

De plus, la SNCF a mis en place des mesures spécifiques (au-delà du respect du RID) concernant essentiellement la qualité des chargements et le suivi des acheminements TMD, parfois même en partenariat avec les chargeurs et industriels.

Le risque lié au transport des matières dangereuses est donc directement lié au risque d'accident, dont les conséquences varient notamment en fonction :

- du type d'accident,
- des matières transportées,
- de la zone géographique (population concernée, localisation et topologie du site).

L'arrêté RID du 5 juin 2001 modifié par l'arrêté du 5 décembre 2002, relatif au transport des marchandises dangereuses par chemin de fer

Il a pour objet de définir les règles spécifiques aux transports de marchandises dangereuses (TMD) effectués en France par chemin de fer, que ces transports soient nationaux ou internationaux.

Le transport des TMD n'est autorisé que si les conditions fixées par cet arrêté et ses annexes sont remplies, notamment en ce qui concerne :

- la classification des marchandises dangereuses à transporter et leur mode d'envoi ;
- la construction, les épreuves, l'agrément, le marquage, les contrôles périodiques des emballages, des récipients, des conteneurs - citernes et des wagons-citernes ;
- les conditions d'utilisation des emballages, des conteneurs et des wagons ainsi que les inscriptions et étiquettes de danger à porter sur ces matériels ;
- la signalisation et l'étiquetage des wagons et conteneurs ;
- le chargement, le déchargement et le stationnement des wagons ;
- les documents relatifs au transport.

Cela suppose de toute façon une perte significative de confinement d'un wagon citerne ou d'un conteneur citerne. La typologie des accidents est celle définie par le Ministère de l'Environnement pour les études de danger, les matières transportées étant celles utilisées ou produites par l'industrie. Cette typologie est la suivante :

- BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion) : vaporisation explosive d'un liquide surchauffé ;

- UVCE (Unconfined Vapor Cloud Explosion) : explosion en atmosphère non confinée d'un nuage de gaz inflammable ;
- Rejet toxique : libération d'un gaz toxique avec formation d'un nuage ;
- Incendie : feu se déclarant suite à l'inflammation d'une marchandise dangereuse combustible ;
- Explosion : éclatement suite à ignition d'un produit à réaction brutale ;
- Pollution des eaux : contamination suite à perte de confinement accidentel et déversement ;
- Pollution des sols : contamination suite à perte de confinement accidentel et déversement.

L'analyse des statistiques d'accidents met en évidence le haut niveau de sécurité du transport ferroviaire de matières dangereuses. Certains accidents sont à l'origine de plusieurs événements redoutés¹ (un incendie peut entraîner la libération d'un gaz qui lui-même génère une pollution ; il s'agit d'un accident, et de trois événements redoutés).

Par exemple, seize événements redoutés ont été comptabilisés entre 1988 et 1998 :

- 1 rejet toxique,
- 5 incendies,
- 6 cas de pollution des eaux,
- 4 cas de pollution des sols.

Sur la base des données moyennes annuelles relatives aux événements TMD et au trafic, on peut affirmer que le risque statique de l'accident TMD ferroviaire, et plus encore de l'événement redouté, peut être classé dans la catégorie des événements très rares.

Afin d'illustrer ces propos, on pourra se reporter au tableau ci-après, donnant les statistiques des accidents routiers et

¹ On entend par la terminologie « événement redouté », un événement entrant dans la classification définie par le Ministère de l'Environnement et présentée ci-avant.

7. EFFETS SUR LA SANTE

ferroviaires concernant le transport des matières dangereuses, entre 1982 et 2000.

Année	Route		Fer		
	Nombre d'accidents	Nombre de tués	Trafic (milliard de t/km)	Nombre d'accidents	Nombre de tués
1982	233	41	7.4	5	0
1983	209	24	7.6	3	0
1984	197	14	7.6	4	0
1985	248	34	7.5	2	0
1986	210	27	7	8	0
1987	195	28	6.9	4	0
1988	196	16	6.7	5	0
1989	201	24	6.9	7	0
1990	198	16	6.8	18	0
1991	193	21	6.8	10	0
1992	138	13	6.6	3	0
1993	174	29	6.3	13	0
1994	(*)	(*)	6.1(**)	2(**)	0
1995	(*)	(*)	5.9(**)	2(**)	0
1996	234	28	6.4	1	0
1997	223	35	6.3	5	0
1998	81	28	6,4(**)	0	
1999	82	22	6,4(**)	1(**)	
2000	83	16	6,6(**)	3(**)	

(*) données non connues.

(**) données SNCF.

Source : Bulletin de la mission TMD de la Direction des Transports Terrestres.

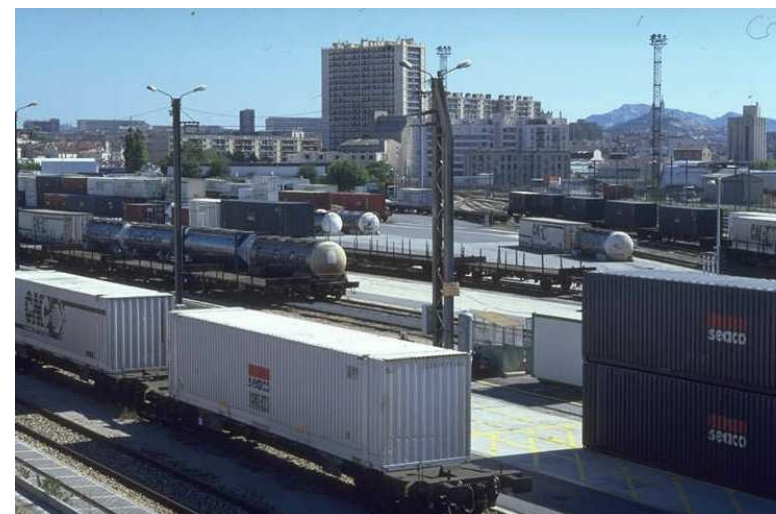
NOTA : les données d'accidentologie pour le trafic ferroviaire tiennent compte de l'ensemble des accidents où les matières dangereuses étaient concernées, qu'il y ait eu perte de confinement ou non.

Il est important de noter que depuis 1982, le nombre d'accidents ferroviaires est chaque année environ 50 à 100 fois inférieur au nombre d'accidents routiers recensés.

Le ratio du nombre d'accidents/trafic en tonnes/km est 18 fois inférieur pour le rail (par rapport à la route).

D'après une étude de la SNCF, on notera également que la plupart des incidents, souvent mineurs d'ailleurs, ont lieu

dans les gares ferroviaires de triages et les principales gares d'expédition, et non en section courante.



© Scetauroute : P.PUARD Gare de Marseille Canet

7.1.2.2 - Analyse des dangers

Les voies de contamination pour l'homme sont nombreuses, compte tenu de la grande variété de produits susceptibles d'être impliqués dans un accident, ainsi que des nombreuses réactions physiques ou chimiques pouvant être générées lors de celui-ci.

On pourra distinguer : la pollution des eaux, la pollution des sols et la pollution de l'air.

Ces pollutions peuvent avoir des **effets directs** sur la santé (dégagement d'un nuage toxique provoquant une intoxication par inhalation, effets de souffle, brûlures, déversement de matières liquides contaminant des eaux exploitées pour la consommation en eau potable, l'irrigation...) ou des **effets indirects** (contamination de sols cultivés, fixation sur les végétaux...).

Cependant, le risque de contamination lors du fonctionnement « normal » de la ligne est peu probable étant donné les mesures prises pour assurer l'étanchéité des conteneurs, et les

aménagements techniques mis en place sur l'infrastructure dans les zones sensibles (voir paragraphe 7.4).

7.1.3 - Le désherbage

7.1.3.1 - Présentation

L'utilisation de produits phytosanitaires de désherbage s'impose aux gestionnaires d'infrastructures ferroviaires pour d'impératives raisons techniques et de sécurité.

La végétation pourrait être en effet une cause importante de dégradation de la voie et de la plate-forme ce qui pourrait induire des risques pour la circulation des trains.

La maîtrise de la végétation à l'aide de produits phytosanitaires n'est appliquée qu'aux surfaces strictement nécessaires, c'est-à-dire essentiellement la partie ballastée des voies ferrées et les pistes contiguës. Les talus ne sont généralement pas traités car la végétation qui s'y développe joue un rôle conséquent dans la protection contre le ravinement et assure donc leur stabilité.

Les produits utilisés sont des produits homologués par le Ministère de l'Agriculture pour l'usage « zones non agricoles » déclarés comme présentant les moindres risques pour la population humaine et la faune environnant les installations.

En particulier, les triazines ne sont plus employés depuis juillet 1997, conformément aux avis du Ministère chargé de l'Agriculture.

A titre indicatif, les matières actives retenues pour 2003 sont les suivantes : *Diuron, Aminotriazole, Bromacile, Glyphosate, MCPA, Flazasulfuron* utilisées selon les dosages indiqués dans le tableau ci-après :

7. EFFETS SUR LA SANTE

Période d'application	Composition	Dosage moyen en l/ha
Jusqu'au 15 avril	Aminotriazole 100 g/l Diuron 200g/l Bromacile 70 g/l	7,5 l/ha
Jusqu'au 31 mai	Flazasulfuron 25%	160 g/ha
Du 15 avril au 31 mai	Aminotriazole 200 g/l Diuron 100 g/l	8 l/ha
Du 15 avril au 31 mai	MCPA 54 g/l Diuron 75 g/l Glyphosate 54 g/l	10 l/ha
À partir du 1 ^{er} juin	Glyphosate 360 g/l	2,5 l/ha
À partir du 1 ^{er} juin	Glyphosate 360 g/l	3 l/ha
À partir du 1 ^{er} juin	Glyphosate 400 g/l	2,5 l/ha
Jusqu'au 31 mai	Aminotriazole 240g/l	

Source : SNCF – mars 2003

Les opérations de désherbage sont réalisées par des trains désherbeurs équipés d'un dispositif à mélange continu, ce qui permet l'application d'une solution précise "eau + produits actifs".

La périodicité de ces opérations est fonction des zones à traiter :

- les pistes, par lesquelles la végétation pénètre sur les voies et qui sont constituées de terrain naturel sont traitées tous les ans,
- les voies elles-mêmes (partie ballastée), composées de plusieurs couches de matériaux fortement compactés ne sont traitées que tous les 2 ou 3 ans quand le ballast est considéré comme propre (un ballast d'un âge inférieur à 25 ans), la végétation ayant beaucoup de mal à s'y développer.

L'opérateur possède, pour chaque campagne, un diagramme de la ligne reprenant les zones avec des traitements particuliers (ou sans traitement), notamment les zones protégées ou de captages. Il a pour consigne d'appliquer les traitements de zones spéciales avec une marge de sécurité et dans le doute, de ne pas traiter.

7.1.3.2 - Analyse des dangers

Les voies de contamination pour l'homme sont nombreuses, comme dans le cas des matières dangereuses :

- la pollution des eaux ;
- la pollution des sols ;
- la pollution de l'air (ce risque reste cependant très restreint).

Le principal **effet direct** de ces pollutions sur la santé est le risque de contamination des eaux exploitées (eau potable, irrigation...). Il existe cependant un risque d'**effets indirects** (contamination de sols cultivés, fixation sur les végétaux...).

Les risques de contamination sont minimes, compte tenu des dosages réalisés (quantités inférieures aux seuils ministériels), et de la faible périodicité des traitements.

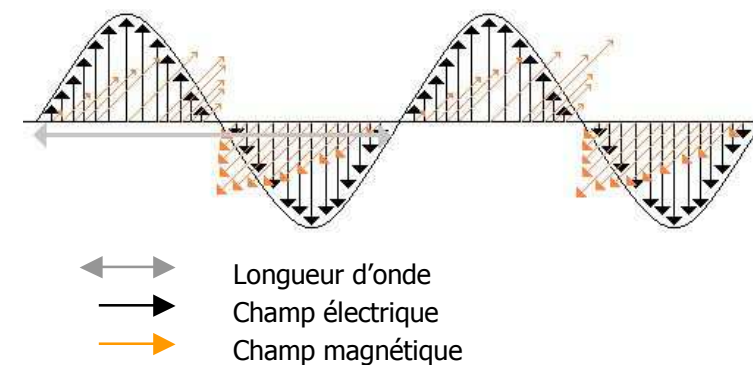
Une éventuelle pollution significative ne pourrait survenir que dans le cas d'une erreur de manipulation ou d'une défaillance technique du train désherbeur.

7.1.4 - Les champs électromagnétiques

7.1.4.1 - Définition et généralités

De nombreuses sources naturelles et artificielles émettent de l'énergie sous la forme d'ondes électromagnétiques. Ces ondes proviennent de champs électriques et magnétiques oscillants interagissant de diverses façons avec les systèmes biologiques (cellules, plantes, animaux, hommes).

Les champs électromagnétiques sont constitués d'une onde électrique (E) et d'une onde magnétique (H) qui sont caractérisées par une fréquence et une longueur d'onde. La fréquence est le nombre d'oscillations de l'onde par unité de temps ; elle est mesurée en hertz (1 Hz = 1 cycle par seconde). La longueur d'onde est la distance parcourue par l'onde pendant la durée d'une oscillation (ou d'un cycle).



Les composantes d'un champ électromagnétique (source CEA : Commissariat à l'Energie Atomique)

On désigne par « champ électromagnétique », les ondes électromagnétiques à basse fréquence, et par « rayonnement électromagnétique », les ondes à très haute fréquence.

Selon leur fréquence et leur énergie, les ondes électromagnétiques peuvent être classées parmi :

- les rayonnements ionisants (rayons X et gamma), possédant suffisamment d'énergie pour produire une ionisation en cassant les liaisons atomiques à l'intérieures des molécules,
- les rayonnements non ionisants qui comprennent :
 - les champs statiques (0 Hz),
 - les fréquences extrêmement basses (<0 à 300 Hz),
 - les fréquences radio (300 Hz à 300 GHz)
 - le rayonnement infrarouge,

7. EFFETS SUR LA SANTE

- la lumière visible,
- le rayonnement ultraviolet.

C'est l'exposition humaine aux champs électromagnétiques (CEM) de fréquence extrêmement basse (ELF) qui retiendra notre attention dans le cas présent.

Cette exposition résulte en effet principalement de la production, du transport et de l'utilisation de l'énergie électrique aux fréquences de 50/60 Hz.

On notera qu'aucune étude spécifique n'a été réalisée à ce jour afin d'évaluer l'impact des champs électromagnétiques générés par les installations électriques liées à la ligne ferroviaire et aux sous-stations de transformation. Cependant, ces champs entrent dans la catégorie des champs ELF ayant fait l'objet de nombreuses recherches particulièrement afin d'évaluer les dangers des lignes à haute et très haute tension vis à vis de la santé.

On s'appuiera dans la présente étude d'impact sur les analyses effectuées sur les lignes THT (très haute tension, jusqu'à 400 kvolts en France), **en ayant à l'esprit que les tensions du réseau ferroviaire sont beaucoup plus faibles (25 kvolts).**

7.1.4.2 - Analyse des dangers

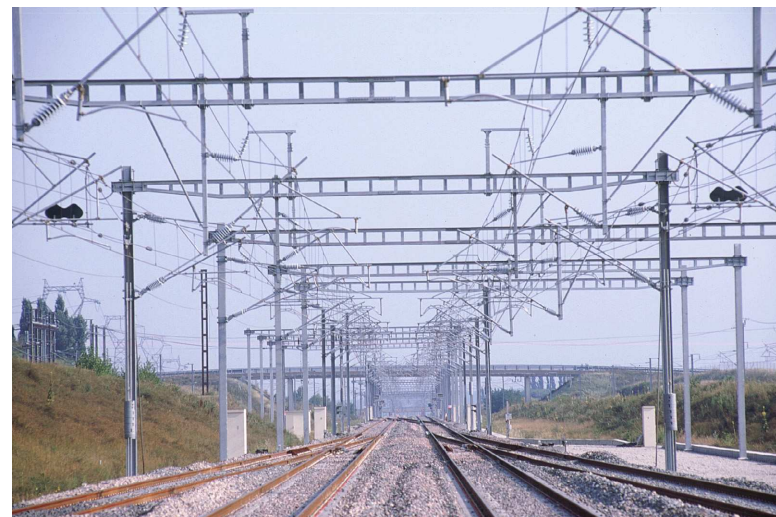
En dépit des nombreuses études menées depuis une vingtaine d'années, il y a encore peu d'avancées significatives dans la connaissance des effets des champs électromagnétiques sur la santé humaine.

Aujourd'hui, aucune certitude n'existe quant à la nocivité ou l'innocuité des champs électromagnétiques.

Seul l'effet d'induction des champs ELF et de courants électriques au sein des tissus vivants est scientifiquement reconnu. Toutefois, l'intensité des courants induits par exposition aux champs ELF normalement présents dans l'environnement est inférieure à celle des courants qui

circulent naturellement dans l'organisme, comme ceux qui contrôlent les battements cardiaques.

Les études en cours, et notamment le « projet international sur les champs électromagnétiques (CEM) » lancée par l'OMS (Organisation Mondiale de la Santé) en 1996, apportent petit à petit des éléments permettant de répondre aux multiples questions du public, dont les interrogations portent plus fréquemment sur les risques de cancer, la mélatonine, et sur les effets sur les dispositifs électro-médicaux implantés.



Caténaires et fils conducteurs

• Risques de cancer

Le Centre International de Recherche sur le Cancer (CIRC) a classé, en juin 2001, les champs magnétiques ELF comme « peut-être cancérigènes pour l'homme »⁽¹⁾ d'après les études épidémiologiques portant sur la leucémie chez l'enfant. Cependant, un récent rapport sur la fréquence des CEM et le risque de cancer (AGNIR, 2001), présenté par un groupe consultatif anglais, a établi que si les connaissances actuelles ne permettent pas de conclure que les CEM provoquent des cas de leucémies chez l'enfant, la possibilité

⁽¹⁾ selon la classification standardisée du CIRC. « Peut être cancérigène pour l'homme » signifie qu'il existe des indices limités de cancérigénéité chez l'homme et des indices insuffisants chez l'animal d'expérience.

demeure qu'une exposition intense et prolongée puisse augmenter le risque pour cette maladie. Le Conseil de la Santé des Pays Bas est lui aussi parvenu à des conclusions similaires. Pour les autres types de cancer chez l'enfant et l'adulte, les données actuelles sont considérées comme non classables (selon le CIRC), en raison de l'insuffisance ou la discordance des éléments scientifiques à disposition.

Classification	Exemples d'agents
Cancérigène pour l'homme	Amiante Ypérite Tabac (à fumer ou autre) Rayons gamma
Probablement cancérigène pour l'homme	Gaz d'échappement des moteurs diesel Lampes solaires Rayons UV Formaldéhyde
Peut être cancérigène pour l'homme	Café Styrène Gaz d'échappement des moteurs à essence Gaz de soudage Champs magnétiques ELF

Classification standardisée du CIRC et exemples d'agents classés
Source : « Aide mémoire n°263, WHO Information », dans le cadre du programme international CEM – OMS – octobre 2001.

Les recherches médicales portent actuellement sur la cancérogenèse (leucémie, tumeurs cérébrales, cancers hormono-dépendants...), sur certaines maladies psychiatriques (dépressions et suicides) et neurologiques. Les premiers résultats indiqueraient un facteur de risque plus important pour les pathologies neurologiques que pour le cancer, mais demandent à être confirmées par des recherches complémentaires⁽¹⁾.

• Mélatonine

La mélatonine est une hormone qui, selon certains scientifiques, aurait un effet protecteur contre le cancer du sein. Des scientifiques ont suggéré que les champs ELF

⁽¹⁾ Source : INRS (Institut National de Recherche et de Sécurité)

7. EFFETS SUR LA SANTE

pourraient supprimer la sécrétion de cette hormone, ceci impliquant de fait une augmentation des cancers du sein, induits par d'autres substances.

Il a été établi que l'exposition aux CEM de 50/60 Hz peut diminuer le taux nocturne de mélatonine chez les rongeurs. Cela n'a cependant pas été confirmé chez l'homme : une étude portant sur 32 volontaires exposés à 10 micros tesla (soit 50 Hz) pendant 9 h, n'a pas mis en évidence d'affection de la sécrétion de mélatonine chez l'homme⁽²⁾.

• Dispositifs électro-médicaux implantés

Le risque le plus manifeste vient du fait que les champs ELF intenses engendrent des perturbations électromagnétiques dans les simulateurs cardiaques et autres dispositifs électro-médicaux implantés. Ce risque est cependant minime pour les appareils de technologie récente, et est aisément prévenu par éloignement de la zone d'implantation.

L'INRS, dans son « Cahiers de notes documentaires » n°162 – 1^{er} trimestre 1996, fait état d'études ayant été menées au niveau des postes de transformation, afin d'évaluer l'effet des champs électromagnétiques vis à vis des simulateurs cardiaques. Ainsi, dans un poste de transformation intégrant le plus haut voltage utilisé (400 kV), les champs électriques au sol peuvent atteindre 22 kV/m (avec une moyenne de 5 kV/m). Les champs magnétiques restent faibles (inférieurs à 0.1 mTesla). Les perturbations (ou interférences) sont de deux types :

- les ondes « miment » les signaux cardiaques et leurrent alors le système de détection,
- les ondes sont de forte énergie et sont incomplètement filtrées, induisant un courant dans la sonde.

Pour le patient, une interférence peut induire des effets allant de l'anomalie la plus bénigne (interaction passagère menant à une ou deux impulsions perdues), au dysfonctionnement le plus dangereux (déprogrammation ou destruction des composants). Le retentissement clinique de

⁽²⁾ « Risques pour la santé liés aux sources de champs électromagnétiques ». Rapport du Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France. 1996.

ces dysfonctionnements dépend du rythme spontané sous-jacent du patient et de sa dépendance éventuelle à son stimulateur cardiaque à l'instant du dysfonctionnement. Les personnes les plus exposées sont évidemment celles dont le métier les amène à travailler sous les sous stations ou les lignes de transport d'électricité.

Tous les stimulateurs retrouvent leur mode de fonctionnement dès que la source d'interférence disparaît ou est suffisamment éloignée.

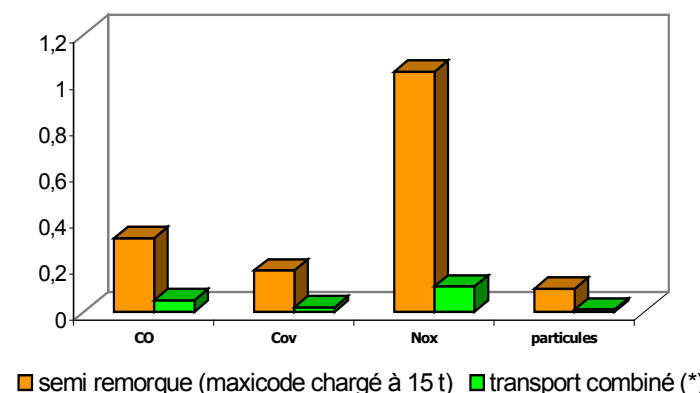
7.1.5 - La pollution atmosphérique

7.1.5.1 - Généralités

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

Le transport ferroviaire entraîne peu de pollution atmosphérique directe, puisqu'il fonctionne en très grande majorité grâce à l'énergie électrique.

Pollution moyenne émise en gramme par tonne/kilomètre pour le transport de marchandises



(*) traction ferroviaire électrique sur électricité de nuit (fond nucléaire) - Source : Ademe/INRETS/CORINAIR 91

Selon, les mêmes sources, le CO₂ émis en moyenne (en ramme/tonne/kilomètre) est de 72 pour un semi-remorque, alors qu'il n'est que de 7.5 dans le cas du transport combiné (pratiquement 10 fois moins).

Sur la ligne nouvelle de contournement, seuls des trains fonctionnant à l'électricité circuleront. Le projet n'aura donc aucune incidence directe sur la qualité de l'air. La prise en compte dans le présent volet santé, consistera donc en une analyse des variations des bilans d'émissions liés aux transports routiers (voir paragraphe 7.3), compte tenu de la réalisation du projet (report du trafic de la route, et notamment l'A9, vers le fer).



Congestion du trafic routier

7.1.5.2 - Analyse des dangers liés aux émissions du transport routier

Les principaux polluants émis par la **circulation automobile et le transport routier** et susceptibles d'avoir des incidences sur la santé sont les suivants :

- le dioxyde de soufre,
- les oxydes d'azote,
- les Composés Organiques Volatils (COV),
- le monoxyde de carbone (CO),
- les poussières et particules en suspension,
- les métaux lourds (Plomb...).

CO :
Monoxyde de carbone.

CO₂ :
Dioxyde de carbone.

COV :
Composés organiques volatiles.

Nox :
Oxydes d'azote.

7. EFFETS SUR LA SANTE

Les principales caractéristiques de ces polluants ont été traitées au chapitre 3 « Etat initial » de l'étude d'impact auquel on se reportera.

7.1.6 - Les vibrations

7.1.6.1 - Généralités

La circulation des trains sur une voie ferrée génère des vibrations au contact du rail. Ces dernières se traduisent par des mouvements de la structure de la voie à des fréquences très variables (20 à 1000 Hz). Ces vibrations se propagent ensuite en s'affaiblissant avec l'éloignement de la source. Si les habitations sont très proches de la voie, les vibrations peuvent être perçues sous la forme de bruits secondaires à basse fréquence, résultant des rayonnements propres de certains éléments du bâtiment mis en vibration (cloison, plancher, vitrages, mobilier...).

On peut distinguer trois stades dans la chaîne mécanique reliant la source de vibration ferroviaire aux bâtiments riverains :

- Les phénomènes d'émission des vibrations sont liés, par nature, à la circulation des roues sur les rails ;
- la transmission des vibrations dans l'environnement immédiat de la voie se fait au travers de la structure supportant les rails (traverses, ballast ...) ;
- la transmission des vibrations de l'environnement immédiat de la voie au sol environnant dépend, en fait, de deux facteurs : la nature du sol, et la nature du couplage pouvant exister entre la structure de la voie et le sol environnant, d'une part, et entre le sol et la structure des bâtiments riverains d'autre part : dans les sols relativement meubles qui sont les plus courants, l'amortissement des vibrations avec la distance est très rapide, et ce d'autant plus que la

fréquence des vibrations est élevée ; dans les sols rocheux ou dans les structures rigides (comme les tunnels), cet amortissement, quoique important, est moins rapide avec la distance.

7.1.6.2 - Analyse des dangers

La gêne induite par les vibrations est très variable, et parfois concomitante avec d'autres types de gêne, par transmission acoustique aérienne par exemple. L'amortissement est généralement très rapide avec la distance.

Aucune étude portant sur l'effet des vibrations sur la santé n'a été réalisée à ce jour. Les mesures réalisées en bordure de voies ferrées (voir chapitre 6.1.3.5) ont montré que le niveau des vibrations transmises était toujours inférieur au seuil à partir duquel des désordres, même très légers, seraient à craindre dans les bâtiments. Le seuil d'audibilité des vibrations dans un bâtiment, très inférieur au précédent, n'est lui-même atteint que dans des cas très particuliers, le plus souvent dans des bâtiments très proches de voies, en souterrain affleurant le sol en site urbain. En l'état actuel des connaissances, il apparaît **qu'au-delà de 20-25 m des voies, les effets des vibrations ne sont plus ressentis.**

7.1.7 - Les opérations en phase travaux

Les travaux liés à la réalisation d'une infrastructure sont susceptibles de générer des perturbations temporaires, limitées à la durée du chantier.

Les impacts pouvant avoir une incidence directe ou indirecte sur la santé humaine sont relatifs aux nuisances sonores, aux vibrations, à l'émission de poussières ou encore aux risques de pollution des eaux et des sols.

• Nuisances acoustiques

Durant les travaux, les principales sources de nuisance acoustiques sont les mêmes, quelles que soient les activités en cours. Il s'agit :

- du bruit des différents engins (engins de démolition, engins de terrassement, engins de lavage...) et celui des avertisseurs sonores,
- du bruit de moteurs compresseurs, groupes électrogènes...,
- du bruit des engins de défrichage, et matériels divers (tronçonneuse...),
- du bruit lié à l'utilisation des explosifs.

Des études approfondies des bruits de chantiers ont été menées. Le tableau ci-dessous présente les résultats de mesures sonométriques effectuées sur des chantiers :

Interdistance entre l'émetteur et le récepteur	50 m	100 m	200 m
Circulation d'engins (LAeq)	66 dB(A)	61 dB(A)	52 dB(A)
Terrassement (LAeq durant le temps du chargement)	-	78 dB(A)	75 dB(A)
Terrassement (LAeq durant le temps du déchargement)	61 dB(A)	52 dB(A)	48 dB(A)

Compte tenu de l'organisation particulière des chantiers (ateliers mobiles), l'exposition des riverains aux bruits générés sera en règle générale de courte durée, exception faite des personnes situées à proximité de la base travaux (Mas de Vouland - voir chapitre 6.4), pour lesquelles des mesures spécifiques pourront être mises en œuvre (mise en œuvre de merlons provisoires...).

Comme cela a été présenté au paragraphe 7.1.1.1, l'exposition à un bruit intense, si elle est prolongée ou

7. EFFETS SUR LA SANTE

répétée, provoque une baisse de l'acuité auditive, souvent temporaire. Les bruits générés par le chantier ne sont pas d'assez forte intensité (très inférieurs à 85 dB(A)) pour présenter de tel risques ; ils pourront toutefois être à l'origine d'une gêne temporaire pour les riverains.

Du fait de la variation géographique et temporelle des nuisances sonores, les effets non auditifs du bruit (voir paragraphe 7.1.1.2) ne sont pas à craindre lors des travaux.

On notera aussi que les travaux étant effectués de jour (sauf situation exceptionnelle et hormis la zone de la base travaux), ils ne présentent pas de risque de troubles du sommeil nocturne pour les riverains.



Circulation d'engins sur les plates-formes de terrassement

• Vibrations

Il existe deux sources de vibrations : les engins circulant sur les pistes, et l'utilisation d'explosifs lors des passages en déblai dans des massifs rocheux ; on notera que dans le cas du projet, seuls deux sites, situés hors de zones de forte densité d'habitations, sont concernés par l'utilisation d'explosifs : déblai de la Jasse Maurin et secteur des Garrigues de Lunel.

La réglementation est aujourd'hui très stricte en matière d'utilisation d'explosifs ; l'emploi de ces derniers sera par

ailleurs extrêmement restreint sur le projet. Les vibrations générées ne seront pas susceptibles d'avoir des effets sur la santé des quelques riverains concernés, qui seront en outre prévenus lors des opérations.



Utilisation d'explosifs

• Emissions de poussières

La qualité de l'air pourra être plus particulièrement affectée :

- lors des opérations de terrassement (émissions de poussière lors des décapages ou de la mise en œuvre de matériaux),
- du fait de la circulation des engins sur les pistes (émissions de gaz d'échappement, envol de poussière par roulage sur les pistes),
- lors de l'épandage de liant hydraulique (chaux par exemple) lors du traitement des matériaux à forte teneur en eau,
- par envol de poussière provenant des stocks de matériaux, ou en provenance des installations classées (stockage de chaux...),

L'envol de poussière ou de fines particules en suspension dans l'air (activé lors d'évènements venteux) peut provoquer une gêne respiratoire pour les riverains.

L'utilisation de liants hydrauliques (chaux notamment) peut :

- dessécher la peau en cas de contact prolongé,
- irriter les voies respiratoires supérieures en cas d'inhalation,
- irriter voire provoquer des lésions oculaires en cas de projection,
- provoquer éventuellement des réactions allergiques en cas de contacts répétés ou prolongés.



Epandage de liants hydrauliques (chaux)

Cependant, compte tenu des mesures particulières mises en œuvre durant le chantier, y compris dans le cadre de la protection du personnel (voir paragraphe 6.1.5), ce type d'impact n'a jamais été relevé sur un chantier similaire, et aucune maladie professionnelle liée à l'utilisation de ces produits n'a à ce jour été identifiée.

• Risques de pollution des eaux et des sols

En phase travaux, les risques vis-à-vis de la ressource en eau et des sols sont essentiellement liés :

- aux installations de chantier : risque de pollution par rejets directs d'eaux de lavage, d'eaux usées..., risque de pollution par une mauvaise gestion des déchets.
- aux produits polluants susceptibles d'être manipulés ou stockés (produits décoffrants, hydrocarbures, peintures, explosifs...) sur des aires annexes, ou sur les zones d'implantation des installations classées,

7. EFFETS SUR LA SANTE

ICNIRP :

International Commission on
Non-Ionizing Radiation
Protection / Commission
Internationale pour la
Protection contre les champs
électromagnétiques.

- aux incidents de chantier (lors de l'approvisionnement en hydrocarbures, en cas de fuites d'engins...).

Le principal **effet direct** de ces pollutions sur la santé est le risque de contamination des eaux exploitées (eau potable, irrigation...), par déversement au sol, et infiltration vers les nappes souterraines pompées pour l'alimentation en eau, ou directement dans les eaux superficielles (cours d'eau ou canal).



Installations de chantier aux abords d'une zone de stockage de matériaux

Il existe de plus, un risque d'**effets indirects** (contamination de sols cultivés, fixation sur les végétaux...consommés ensuite par l'homme).

On notera que même si ces perturbations sont limitées dans le temps (durée des travaux), elles sont toutefois susceptibles de provoquer les mêmes incidences sur la santé qu'en phase d'exploitation.

En effet, ces deux types d'impacts (pollution des eaux et la pollution des sols) sont surtout liés à des causes accidentelles (la pollution chronique étant maîtrisée par la mise en place de dispositifs de traitement adaptés).

• Conclusion

Pour une majeure partie des dangers identifiés (excepté pollution accidentelle des eaux et des sols), les risques pour la santé humaine sont extrêmement limités, les temps d'expositions étant courts (ateliers mobiles, et enchaînement d'opérations spécifiques sur de courtes durées). De plus, les chantiers sont très réglementés en matière de sécurité, vis à vis du personnel potentiellement exposé de façon directe. Ces mesures de protection du personnel assureront a fortiori celle des riverains du chantier.

7.2 - Analyse des relations doses–réponses

L'analyse des relations doses–réponses, objet du présent paragraphe, consiste à évaluer la toxicité des agents dangereux qui ont été identifiés préalablement, en fonction de la quantité susceptible d'être générée. Cette analyse doit être basée sur une Valeur Toxicologique de Référence (VTR), préalablement définie dans la littérature, au vu des expériences scientifiques menées sur les produits concernés.

Dans le cas du projet de contournement ferroviaire de Nîmes et Montpellier, aucun seuil toxicologique n'existe pour les dangers identifiés, car il n'y a pas d'émissions de substances toxiques chroniques ; les éventuelles substances toxiques ne sont susceptibles d'être émises que de façon accidentelle, et de fait ponctuelle. Ainsi, notre analyse se base préférentiellement sur les seuils réglementaires en vigueur, qui intègrent les préoccupations en matière de santé.

Dans la mesure du possible, des valeurs guides ont été présentées, en complément des valeurs réglementaires :

- bruit : directives de l'OMS (valeurs guides au regard des effets sur la santé),
- ondes électromagnétiques : recommandations de l'ICNIRP et du Conseil de l'Union européenne,
- air : valeurs guides du décret du 6 mai 1998 (normes établies en tenant compte des recommandations de l'OMS).

7.2.1 - Définition des relations doses–réponses liées au bruit

7.2.1.1 - Les risques cardiovasculaires

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

Les études réalisées montrent cependant que ce seuil d'exposition au bruit se situerait vers 70 dB(A), ce qui constitue un niveau élevé en matière de bruit.

7.2.1.2 - Le stress psychologique

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

7. EFFETS SUR LA SANTE

7.2.1.3 - Les 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 inférieurs à 30 dB(A).

7.2.1.4 - Valeurs guides au regard des effets sur la santé

Le tableau ci-contre présente les directives de l'OMS (Organisation Mondiale de la Santé), qui constituent des valeurs guides au regard des effets sur la santé.

Les directives considèrent tous les effets défavorables sur la santé identifiés pour un environnement spécifique. Un effet défavorable dû au bruit se rapporte à tout déficit temporaire ou permanent du fonctionnement physique, psychologique ou social associé à l'exposition au bruit.

Au niveau européen, la directive 2002/49/CE du 25 juin 2002, préconise l'évaluation des effets néfastes sur la santé à l'aide des relations dose-effet.

Cependant, il est clairement écrit à l'annexe 3 de cette Directive, qu'à l'heure actuelle, ces relations ne sont pas encore définies ; elles seront introduites lors de futures révisions de ce texte européen.

Environnement spécifique	Effet critique sur la santé	L _{Aeq} dB(A)	Base de temps (heures)	L _{Amax}
Zone résidentielle extérieure	Gêne sérieuse pendant la journée et la soirée.	55	16	-
	Gêne modérée pendant la journée et la soirée.	50	16	-
Intérieur des logements	Intelligibilité de la parole et gêne modérée pendant la journée et la soirée. Perturbation du sommeil, la nuit.	35	16	-
		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. Perturbation du sommeil, pendant la journée et la soirée.	30	8	40
		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 extérieur et intérieur	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). Perte de l'audition (enfants).	-	-	140 (2)
		-	-	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

L_{Amax} :
Niveau de bruit maximum mesuré dans le filtre A.

7. EFFETS SUR LA SANTE

7.2.1.5 - Valeurs réglementaires

Les seuils réglementaires qu'il convient de respecter pour la réalisation d'une infrastructure de transport terrestre ont été calculés en fonction de la gêne générée par un projet pour les riverains, et donc des effets sur la santé. Le respect des seuils réglementaires applicables aux projets ferroviaires, présentés ci-après, permet donc d'éviter les effets potentiels sur la santé présentés au paragraphe 7.1.1.

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 infrastructures de transports terrestres,
- arrêté du 8 novembre 1999, relatif au bruit des infrastructures ferroviaires qui énonce les indicateurs de gêne et les seuils réglementaires à prendre en considération lors de l'aménagement d'une infrastructure ferroviaire.

Tous deux sont pris en application du Code de l'Environnement, articles L.571-1 à L.571-10 et L.571-12 à L.571-26.

Les indicateurs de gêne ferroviaire sont définis par :

- $I_{f, \text{jour}} = L_{Aeq} (6h - 22h) - 3 \text{ dB(A)}$
- $I_{f, \text{nuit}} = L_{Aeq} (22h - 6h) - 3 \text{ dB(A)}$

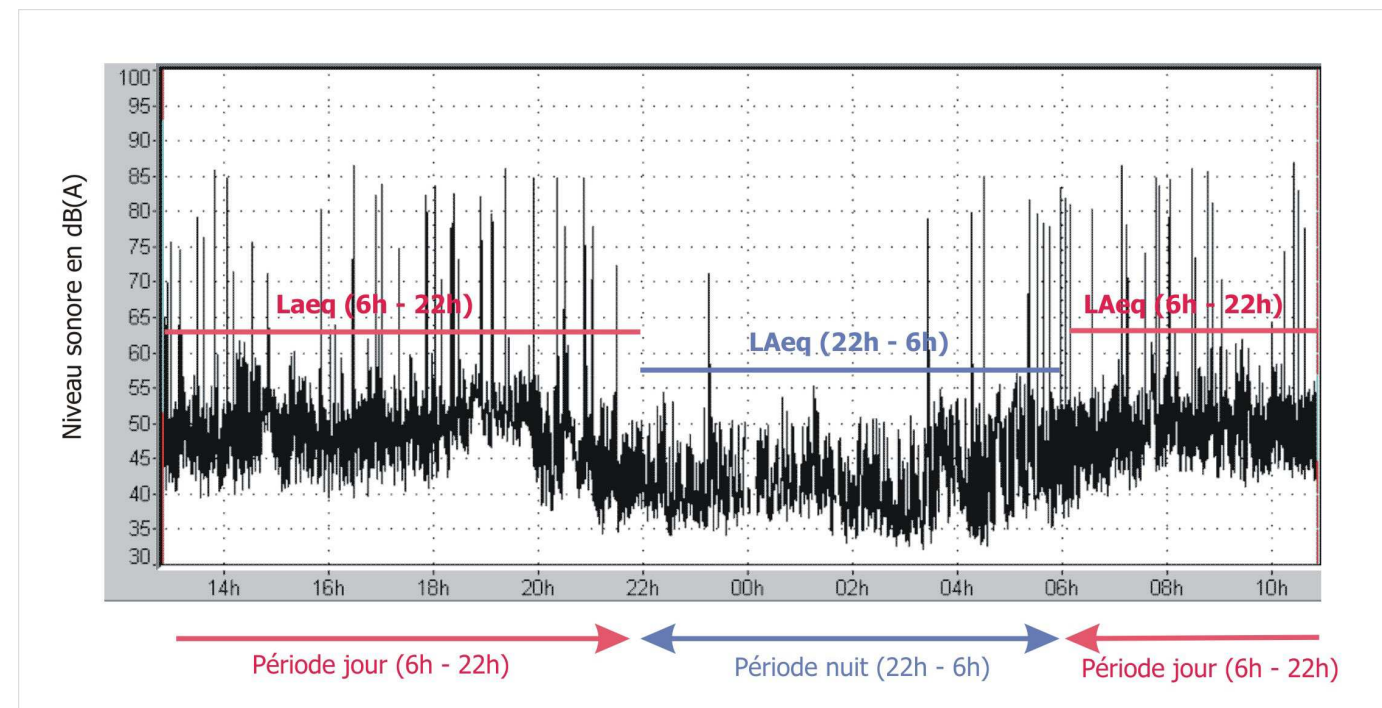
où $L_{Aeq} (6h - 22h)$ et $L_{Aeq} (22h - 6h)$ correspondent à la contribution sonore de l'infrastructure considérée, et $- 3 \text{ dB(A)}$ est un terme correcteur traduisant les caractéristiques du bruit des transports ferroviaires et qui permet d'établir une équivalence avec la gêne due au bruit routier.

Les indicateurs ferroviaires I_f sont fondés, pour la période diurne ($I_{f, \text{jour}}$) sur le niveau de pression acoustique continu équivalent pondéré A pendant la période 6 h – 22 h, noté

$L_{Aeq} (6h - 22h)$; pour la période nocturne ($I_{f, \text{nuit}}$) sur le niveau de pression acoustique continu équivalent pondéré A pendant la période 22 h – 6 h, noté $L_{Aeq} (22h - 6h)$, correspondant à la contribution sonore de l'infrastructure concernée.

Les **seuils maximaux de bruit** à ne pas dépasser sont fixés par l'article 2 de l'arrêté du 8 novembre 1999 ; ils sont modulés en fonction de la période (diurne ou nocturne), de l'usage des locaux et de l'ambiance sonore préexistante. Les niveaux maximaux admissibles pour la contribution sonore d'une infrastructure ferroviaire nouvelle mixte (voyageurs et fret) sont fixés aux valeurs présentées dans le tableau ci-contre.

Usage et nature des locaux	$L_{Aeq} 6h - 22h$	$L_{Aeq} 22h - 6h$
Etablissement de santé, de soins et d'activité sociale	63 dB(A)	58 dB(A)
Etablissements d'enseignement (à l'exclusion des ateliers bruyants et des locaux sportifs)	63 dB(A)	
Logements en zone d'ambiance modérée	63 dB(A)	58 dB(A)
Autres logements	68 dB(A)	63 dB(A)
Locaux à usage de bureaux en zone d'ambiance sonore préexistante modérée	68 dB(A)	



Etablissement des L_{Aeq} jour et nuit à partir de mesures in situ réalisée sur 24 heures

7. EFFETS SUR LA SANTE

Une zone est d'ambiance sonore modérée si le niveau de bruit ambiant existant avant la construction de la voie nouvelle, à deux mètres en avant des façades des bâtiments est tel que LAeq (6 h - 22 h) est inférieur à 65 dB(A) et LAeq (22 h - 6 h) est inférieur à 60 dB(A). Pour les lignes nouvelles parcourues exclusivement par des TGV à des vitesses supérieures à 250 km/h, les valeurs du tableau ci-avant fixant les niveaux sonores maximaux admissibles pour les indicateurs de gêne ferroviaire sont diminuées de 3 dB(A).

Dans le cas du projet (ligne mixte fret et TGV, liaison fret et raccordement), RFF a considéré que **l'ensemble du secteur était à classer en zone d'ambiance sonore préexistante modérée** (campagne acoustique 2001 – voir chapitre 4 « état initial »), bien que toutes les habitations ayant fait l'objet de mesures de bruit ne soient pas dans cette situation.

Le fait que RFF considère que l'ensemble de l'aire d'étude est en zone d'ambiance sonore initiale modérée conduit à prendre en compte les seuils réglementaires suivants : **63 dB(A) le jour et 58 dB(A) la nuit**. Ce sont les plus favorables pour les riverains en terme de dimensionnement des protections acoustiques (chapitre 6).

En effet, à titre d'exemple : pour une habitation actuellement située en zone d'ambiance sonore non modérée soit 65 dB(A) de nuit, par exemple, la réglementation imposerait à RFF de ramener le niveau sonore, en contribution du projet, à 63 dB(A) de nuit. Compte tenu du choix effectué par RFF, le niveau sonore au niveau de cette habitation sera abaissé à 58 dB(A) de nuit, ce qui constitue un gain de 7 dB(A) par rapport à l'état initial.

7.2.1.6 - Caractérisation du bruit ferroviaire lié au projet

Dans le cadre des études du projet du contournement ferroviaire de Nîmes et Montpellier, une étude de l'impact

acoustique du projet, a été effectuée par la Direction de l'Ingénierie de la SNCF pour le compte de Réseau Ferré de France. Le trafic ayant été retenu pour dimensionner les protections acoustiques est le trafic plafond atteint sur le Contournement de Nîmes et Montpellier (vers 2020) – voir tableau ci-dessous. La saturation de la ligne classique Montpellier/Narbonne empêchera en effet de dépasser ce niveau de trafic.

Trafics pris en compte pour les études acoustiques

	6h-22h	22h-6h	Total
Trains voyageurs à grande vitesse - et équivalents - (TGV réseau, TGV duplex, Talgo)	4	4	8
Trains voyageurs Grandes Lignes (Corail, trains auto couchette, pèlerins)	0	10	10
Trains de fret (MA100, ME120)	90	60	150
TOTAL	94	74	168

Source : SNCF



Train de fret

Compte tenu de sa mixité, le projet verra circuler des trains de type différents (trains de voyageurs, trains de marchandises...). Les caractéristiques acoustiques du matériel roulant qui empruntera la ligne sont présentées ci-après.

Niveaux sonores relevés à 25 m de la voie, 3.50 m au-dessus du rail.

Type de train	Vitesse de circulation	L _{aeq tp} à 25 m
Corail	160 Km/h	93 dB(A)
TRN de nuit	120 Km/h	89 dB(A)
TGV Réseau	300 Km/h	92 dB(A)
TGV Duplex	300 Km/h	91 dB(A)
Talgo *	220 Km/h	88 dB(A)
Fret	100 Km/h	88 dB(A)

* train Talgo assimilé au TGV Réseau

Source : SNCF



Train à Grande Vitesse (TGV)

7.2.1.7 - Comparaison des seuils réglementaires avec les recommandations de l'OMS et définition de la Valeur Toxicologique de Référence

Pour les logements construits après 1978, l'arrêté du 06 octobre 1978 relatif à l'isolement acoustique des bâtiments d'habitation contre les bruits de l'espace extérieur fixe la valeur d'abaissement du niveau sonore entre l'extérieur et l'intérieur à 30 dB(A).

7. EFFETS SUR LA SANTE

Afin de tenir compte dans la présente analyse, des logements anciens (construction antérieure à 1978) - qui sont désormais minoritaires - et du vieillissement du parc de logements (efficacité moindre notamment au niveau des fenêtres), on considèrera une valeur d'abaissement de 25 dB(A) entre extérieur et intérieur des logements. Il s'agit d'une application du principe de prudence, car de nombreux logements possèdent une protection intrinsèque plus importante.

La période durant laquelle les riverains seront le plus sensible à la gêne acoustique liée au passage des trains, est la période nocturne (période de repos et de sommeil).

L'OMS recommande à l'intérieur des chambres à coucher, des niveaux sonores moyens (LAeq) et des niveaux sonores maximaux (LAmax) rappelés ci dessous (extrait de la Directive OMS) :

Environnement spécifique	Effet critique sur la santé	LAeq dB(A)	Base de temps (h)	LAmax dB(A)
Intérieur des chambres à coucher	Perturbation du sommeil, la nuit.	30	8	45

• Seuils moyens sur 8 h, la nuit

L'OMS recommande un niveau moyen de 30 dB(A) la nuit, dans les chambres à coucher.

Les résultats de la modélisation acoustique du projet montrent que les niveaux sonores moyens sans protection sont généralement compris entre 60 et 65 dB(A) en façade des habitations riveraines du projet. Pour l'ensemble des habitations, ce niveau sera abaissé à au moins 58 dB(A) à 2 m en avant des façades des habitations (seuil réglementaire applicable au projet), par la mise en place de protections à la source.

Le niveau sonore à l'intérieur des logements sera donc égal à 33 dB(A) [58 – 25] pour les habitations antérieures à 1978, et égal à 28 dB(A) [58 – 30] pour les habitations postérieures à 1978. Les niveaux sonores résultants seront donc proches des recommandations de l'OMS.

Cependant, la spécificité acoustique du train (bruit non continu) nécessite de considérer également les niveaux maximum.

• Seuils maximum, la nuit

Le niveau maximum (LAmax) recommandé par l'OMS vis-à-vis des risques de perturbation du sommeil est de 45 dB(A) dans les chambres à coucher. Pour estimer un calcul de contribution acoustique instantanée du projet, de nuit, nous avons considéré les paramètres suivants (voir aussi schéma ci - dessous) :

- le niveau de bruit maximal au passage d'un train de fret [88 dB(A) ; voir tableau page précédente] et non d'un TGV (qui ne circule que la journée),
- une efficacité des protections acoustiques à la source de 10 dB(A),
- un abattement sonore lié à la distance entre la ligne ferroviaire et une habitation (récepteur). A titre d'exemple, à une distance de 150 m, cet abattement est d'environ 8 décibels.

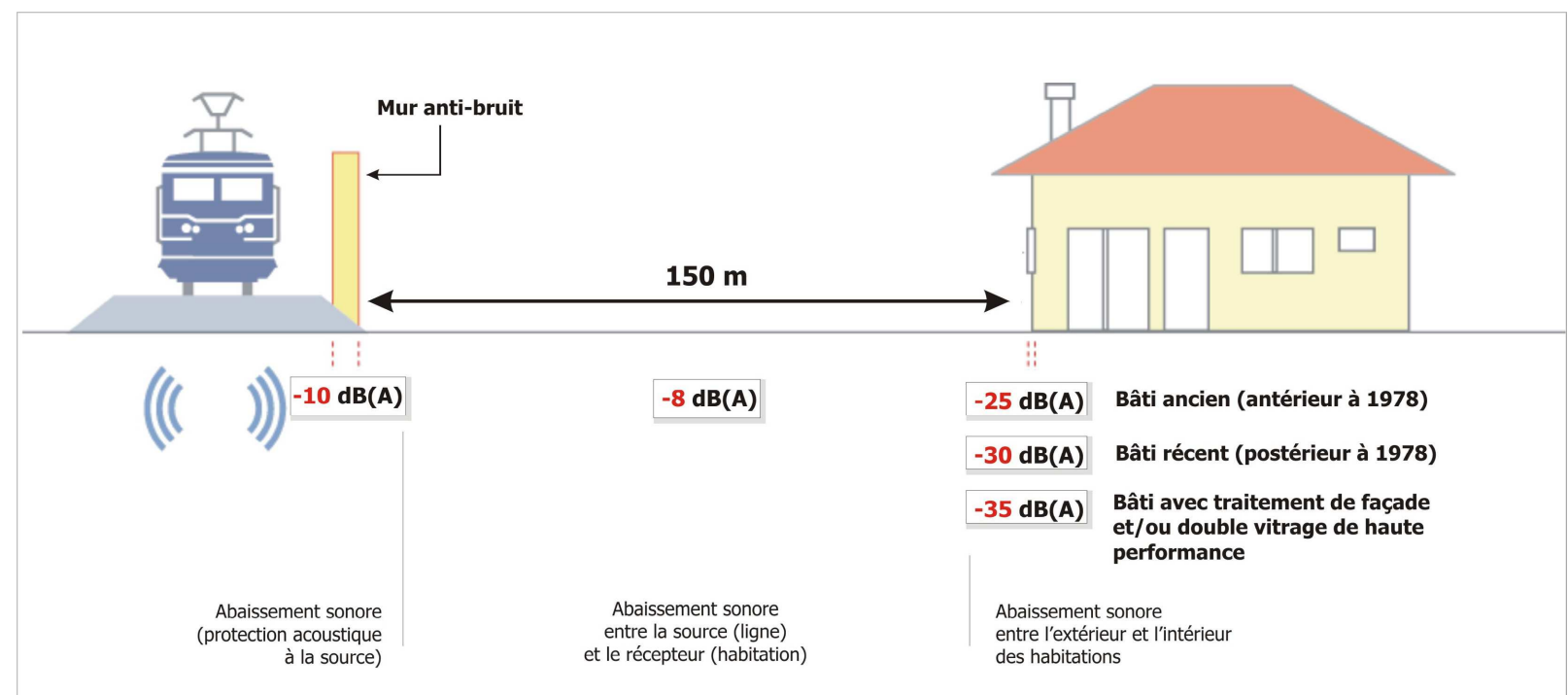
- des abaissements sonores (entre l'extérieur et l'intérieur d'une habitation), compris entre 25 et 35 dB(A) selon le type de bâti (ancien, récent, avec traitement de façade et/ou double vitrage haute performance).

On obtient ainsi, à l'intérieur des chambres à coucher exposées du côté de l'infrastructure, les valeurs suivantes :

- 45 dB(A) [88 – 10 – 8 – 25] pour l'habitat ancien,
- 40 dB(A) [88 – 10 – 8 – 30] pour l'habitat récent,
- 35 dB(A) [88 – 10 – 8 – 35] pour l'habitat isolé d'un point de vue phonique.

En appliquant les seuils réglementaires, les niveaux sonores résultants, avec protection, sont proches des valeurs guides de l'OMS. De fait, **les seuils réglementaires français, qui amènent à des valeurs proches des valeurs guides recommandées par l'OMS, seront assimilés à des Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR) dans la présente étude.**

Les différents facteurs d'atténuation du bruit



7. EFFETS SUR LA SANTE

7.2.2 - Définition des relations doses–réponses liées au transport de matières dangereuses

De la diversité des produits susceptibles d'être transportés sur la ligne nouvelle, découle la diversité des conséquences des accidents pouvant se produire sur le trajet. De fait, il est difficile, voire impossible, de définir une relation dose réponse type liée au transport de matières dangereuses. Les éventuels accidents peuvent porter atteinte à la qualité :

- **de l'air**, via un accident mettant en cause des produits volatils, ou suite à la combustion de certains produits pouvant dégager des fumées toxiques ; le décret n°98-360 du 6 mai 1998 relatif à la surveillance de la qualité de l'air et de ses effets sur la santé et l'environnement instaure des valeurs limites en matière de santé publique (voir paragraphe 7.2.5) ;
- **des sols** : dans ce cas, les effets sur la santé sont indirects, et peuvent avoir un impact sur la santé par bio – accumulation dans la chaîne alimentaire (ingestion de produits végétaux cultivés sur des sols pollués, consommation de viande ou de produits laitiers issus d'animaux ayant eux-mêmes consommé ces végétaux). Les doses, de même que les réponses, varieront largement d'un produit à l'autre .
- **des eaux**, souterraines et superficielles ; on se reportera, à la réglementation en vigueur concernant **les normes de potabilité des eaux (décret du 3 janvier 1989, voir tableau ci-contre), qui sera prise pour Valeur Toxicologique de Référence.**

Eau potabilisable Décret 89-3 du 3 janvier 1989		
	Valeurs limites	Valeurs de référence
Substances indésirables		
Nitrates	50 mg/l	
Nitrites	0.1 mg/l	
Ammonium	0.5 mg/l	
Azote Kjeldahl	1 mg/l	
Carbone organique total		Augmentation anormale
Hydrogène sulfuré	Non détectable à l'odeur	
Substances extractibles au chloroforme (sec)		<0.1 mg/l de résidu sec
Hydrocarbures dissous	10 µg/l	
Phénols	0.5 µg/l	
Bore		<1000 µg/l
Agents de surface	200 µg/l	
Fer	200 µg/l	
Manganèse	50 µg/l	
Cuivre	1 mg/l	
Zinc	5 mg/l	
Phosphore	5 mg/l	
Argent	10 µg/l	
Fluor		
De 8°C à 12°C	1500 µg/l	
De 25°C à 30°C	700 µg/l	
Baryum		<100 µg/l
Chlore résiduel		<0.1 µg/l
Organochlorés autre que pesticides		<1 µg/l
Matières en suspension		absence
Substances toxiques		
Arsenic	50 µg/l	
Cadmium	5 µg/l	
Cyanures	50 µg/l	
Chrome total	50 µg/l	
Mercur	1 µg/l	
Nickel	50 µg/l	
Plomb	50 µg/l	
Antimoine	10 µg/l	
Sélénium	10 µg/l	
Hydrocarbure polycyclique aromatiques (HAP) ou le total des 6 substances	0.2 µg/l	

7.2.3 - Définition des relations doses–réponses liées au désherbage

Comme présenté au paragraphe 7.1.3, l'épandage de produits phytosanitaires présente un risque vis-à-vis des eaux (principalement pour la ressource en eau potable), et éventuellement vis-à-vis des sols (effets indirects sur les végétaux et propagation de la contamination par bio-accumulation).

Les normes en vigueur énoncées ci-avant (dans le cas du transport de matières dangereuses) sont aussi valables pour ce qui concerne le désherbage.

Ainsi, le texte réglementaire applicable est le décret du 3 janvier 1989 concernant les normes de potabilité des eaux (voir tableau ci-contre), **qui sera pris pour Valeur Toxicologique de Référence.**



Captage d'alimentation en eau potable

7. EFFETS SUR LA SANTE

7.2.4 - Définition des relations doses–réponses liées aux ondes électromagnétiques⁽¹⁾

Eu égard au peu de certitudes concernant l'effet des champs électromagnétiques sur la santé, et au caractère récent des dernières avancées, la législation est encore peu étoffée dans le domaine. Les normes en vigueur sont les suivantes :

- Recommandations de l'International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP), en date de 1998 : « Recommandations pour limiter l'exposition aux champs électriques, magnétiques et électromagnétiques alternatifs (jusqu'à 300 GHz) » ;
- Recommandations du Conseil de l'Union Européenne du 12 juillet 1999 relative à la limitation de l'exposition du public aux champs électromagnétiques (de 0 Hz à 300 Hz). Ces recommandations se basent sur l'avis de l'ICNIRP concernant les mesures de protection.

Recommandations de l'ICNIRP (1998)* et du Conseil de l'Union Européenne (1999) relatives aux expositions à la fréquence du réseau (50 Hz)

RESTRICTIONS DE BASE

Les niveaux de courants induits à ne pas dépasser dans la gamme de fréquences allant de 4 à 1000 Hz s'élèvent à 2 mA/m² (milli ampère par m²) pour le public. Un facteur de sécurité de 50 est appliqué puisque la modification de l'excitabilité nerveuse s'observe à partir de 100 mA/m². Ils s'élèvent à 10 mA/m² (facteur de sécurité = 10) pour les travailleurs. Ces valeurs sont exprimées en valeur efficace de densité de courant.

Recommandations de l'ICNIRP (1998)* et du Conseil de l'Union Européenne (1999) relatives aux expositions à la fréquence du réseau (50 Hz)

NIVEAUX DE REFERENCE

Les niveaux d'exposition correspondant aux niveau de référence pour déterminer si les restrictions de base risquent d'être dépassées, dans la gamme de fréquence (f) allant de 25 Hz à 800** Hz sont les suivantes :

- pour l'intensité du champ électrique (E) :
 - 250/f soit 5 kV/m pour le public pour la fréquence 50 Hz
 - 500/f soit 10 kV/m pour les travailleurs pour la fréquence 50 Hz
- pour l'intensité du champ magnétique (H) :
 - 4/f soit 80 A/m pour le public pour la fréquence 50 Hz
 - 20/f soit 100 A/m pour les travailleurs pour la fréquence 50 Hz
- pour l'induction magnétique (B) :
 - 5/f soit 5 µT pour le public pour la fréquence 50 Hz
 - 25/f soit 10 µT pour les travailleurs pour la fréquence 50 Hz

Ces valeurs sont exprimées en valeur efficace.

* Le document du Conseil de l'Union Européenne ne traite pas de la protection des travailleurs contre l'exposition professionnelle à des champs électromagnétiques

** 820 Hz dans le tableau de l'ICNIRP concernant les travailleurs.

Les restrictions de base sont directement fondées sur les effets avérés sur la santé, à la suite d'une analyse approfondie de toute la documentation scientifique publiée.

Il s'agit d'effets observés à court terme, immédiats, tels que la stimulation de nerfs périphériques et de muscles, les chocs, les brûlures causées par contact avec des objets conducteurs.

« L'induction de cancer en tant que risque d'une exposition à long terme n'a pas été considérée comme établie ». Cependant, le Conseil de l'Union Européenne ajoute : « Toutefois, étant donné qu'il y a un coefficient de sécurité d'environ 50 entre les valeurs seuils pour l'apparition d'effets aigus et les valeurs des restrictions de base, la présente recommandation couvre implicitement les effets éventuels à long terme dans la totalité de la gamme de fréquences. »

Les niveaux de référence permettent d'évaluer l'exposition dans la pratique et de déterminer si les restrictions de base risquent d'être dépassées.

Ces recommandations seront probablement amenées à évoluer, parallèlement au résultats des recherches en cours.

On notera enfin que selon l'INRS² « la notion de dose, habituelle en toxicologie ou en radioprotection, n'est peut-être pas toujours applicable en bioélectromagnétisme ».



Sous-station

² site internet de l'INRS « Le point des connaissances sur... Champs et ondes électromagnétiques (0 Hz – 300 Ghz) – 02/03/01.

⁽¹⁾ Sources : BBEMG (Belgian BioElectroMagnetic Group)

7. EFFETS SUR LA SANTE

7.2.5 - Définition des relations doses–réponses liées à la pollution atmosphérique

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 guide et des valeurs limites pour les niveaux de pollution des principaux polluants (NO₂, SO₂, Particules en Suspension, Plomb, Ozone, CO). 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 le 30 décembre 1996, ces quatre directives ont été reprises dans le décret n°98-360 du 6 mai 1998, modifié par le décret du 15 février 2002 (voir tableau ci-contre) relatif à la surveillance de la qualité de l'air et de ses effets sur la santé et l'environnement. Ce décret instaure :

- des **objectifs de qualité** correspondant à la valeur guide. L'objectif de qualité est le 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, à atteindre dans une période donnée,
- un **seuil d'alerte** : seuil au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé humaine et à partir duquel des mesures d'urgences doivent être prises,
- des **valeurs limites** correspondant aux valeurs qui ne peuvent être dépassées que pendant une durée limitée.

DECRET 98-360 DU 6 MAI 1998 modifié par le décret du 15 février 2002			
Polluant réglementé	Valeurs guide (objectifs de qualité)	Valeurs limites	Seuil d'alerte
Dioxyde d'Azote NO₂	40 µg/m ³ en moyenne annuelle	200 µg/m ³ en centile 98 des valeurs moyennes par heure ou par périodes inférieures à l'heure, prises sur toute l'année. Cette valeur limite est applicable jusqu'au 31/12/ 2009. 200 µg/m ³ en centile 99,8, calculé à partir des valeurs moyennes par heure ou par périodes inférieures à l'heure, prises sur toute l'année. Valeur limite applicable à compter du 1er janvier 2010, avant cette date, la valeur limite applicable est la valeur de 2010 augmentée d'une marge de dépassement dégressive : soit 250 µg/m ³ en 2005, horizon de mise en place du projet. 40 µg/m ³ en moyenne annuelle. Cette valeur est applicable à compter du 01/01/2010. Avant cette date, la valeur limite applicable est la valeur de 2010 augmentée d'une marge dégressive : : soit 50 µg/m ³ en 2005, horizon de mise en place du projet.	400 µg/m ³ en moyenne horaire
Particules fines et particules en Suspension PS (1)	30 µg/m ³ en moyenne annuelle des concentration en particules fines en suspension aérodynamique inférieure ou égal à 10 micromètres	Valeurs limites pour la protection de la santé utilisées pour des concentrations de particules en suspension de diamètre aérodynamique inférieur ou égal à 10 µm. Elles ne s'appliquent qu'à la part des concentrations non liées à des événements naturels. 50 µg/m ³ en centile 90.4 des concentrations moyennes journalières sur l'année civile. Cette valeur est applicable à compter du 1er janvier 2005. 40 µg/m ³ en moyenne annuelle. Cette valeur est applicable à compter du 1er janvier 2005.	/
Dioxyde de soufre SO₂	50 µg/m ³ en moyenne annuelle	350 µg/m ³ en centile 99.7 (soit 24 h de dépassement autorisées par année civile de 365 jours). Cette valeur limite est applicable à compter du 01/01/2005. 125 µg/m ³ en centile 99.2, (soit 3 jours de dépassement autorisés par année civile de 365 jours).	500 µg/m ³ en moyenne horaire, dépassé pendant 3 heures consécutives
Plomb	0.25 µg/m ³ en moyenne annuelle	0.5 µg/m ³ en moyenne annuelle à compter du 1er janvier 2002.	/
Ozone O₃	110 µg/m ³ en moyenne sur une plage de 8 heures pour la protection de la santé humaine 200 µg/m ³ en moyenne horaire 65 µg/m ³ en moyenne sur 24 H pour la protection de la végétation		360 µg/m ³ en moyenne horaire
Monoxyde de Carbone CO		10 mg/m ³ pour le maximum journalier de la moyenne glissante sur 8 heures	/
Benzène C₆H₆	2 µg/m ³ en moyenne annuelle	5 µg/m ³ en moyenne annuelle, valable à compter du 1er janvier 2010. Avant cette date, la valeur limite applicable est la valeur de 2010 augmentée d'une marge de dépassement dégressive : soit 10 µg/m ³ en 2006, horizon de mise en place du projet.	/

Centile :

Le centile « n » est la valeur en dessous de laquelle se trouve n% des mesures.

Il est donc calculé à partir des valeurs effectivement mesurées, arrondies au microgramme par mètre cube le plus proche.

Ex : 200 µg/m³ en centile 98 signifie 98% des mesures présentaient une valeur inférieure à 200 µg/m³.

7. EFFETS SUR LA SANTE

La Valeur Toxicologique de Référence pour la pollution de l'air se base sur les réglementations française et européenne, qui ont été établies en tenant compte des recommandations de l'Organisation Mondiale de la Santé.

Les objectifs de qualité sont donc ceux fixés par le décret du 6 mai 1998 modifié.

7.2.6 - Définition des relations doses–réponses liées aux vibrations

Comme précisé auparavant, la gêne due aux vibrations est fort variable. 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 aux habitations environnantes. Les niveaux acceptables vis-à-vis des réactions des personnes concernent deux aspects :

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

La norme ISO 2631 a défini un certain nombre de seuils de valeurs d'amplitudes de vibrations au-delà desquels une gêne par perception tactile est avérée. Les limites recommandées, variables avec la destination du bâtiment et la période de la journée, sont présentées dans le tableau ci-après.

Valeurs d'amplitudes de vibrations fixées par la norme ISO 2631

Fonction	Période	Ecart – type de l'accélération	Ecart type équivalent de vitesse vibratoire (mm/s)
Hôpitaux	Jour ou nuit	0.37 g x 10 ⁻³	0.10
Résidences	Jour	0.74 à 1.47 g x 10 ⁻³	0.20 à 0.40
	Nuit	0.52 g x 10 ⁻³	0.14
Bureaux	Jour ou nuit	1.47 g x 10 ⁻³	0.40
Ateliers	Jour ou nuit	2.94 g x 10 ⁻³	0.80

Avec $g=9.81 \text{ m/s}^2$

Des limites supérieures aux précédentes peuvent être admises, particulièrement pour des gênes provisoires et de rares événements de courte durée générés par des travaux de construction.

Les mesures de vibrations réalisées le long des voies classiques et des voies à grande vitesse permettent de constater que pour les vitesses de circulation allant jusqu'à 300 km/h, au-delà d'une distance de l'ordre de 15 mètres du rail, la valeur limite de la norme internationale (ISO 2631/2), pour des zones délicates telles que les hôpitaux, est largement respectée. L'observation équivalente sur ligne classique montre que le respect de la même valeur limite se situe au-delà de 25 m pour les circulations voyageurs (dont les TGV) et marchandises.

Au vu de l'ensemble des études, on peut affirmer que **l'effet des vibrations ne sera pas ressenti au-delà de 20-25 mètres environ**, de part et d'autre de la voie. Cette distance est bien inférieure aux emprises de la ligne nouvelle, aucune habitation et de fait aucun riverain ne devrait donc subir un quelconque impact dû aux vibrations.

7.2.7 - Définition des relations doses–réponses liées aux opérations en phase travaux

Comme présenté au paragraphe 7.1.7, les opérations phase chantier peuvent avoir des impacts variés, et recoupant ceux qui pourront être potentiellement rencontrés en phase d'exploitation :

- pollution des eaux et des sols ; on se reportera à la réglementation en vigueur concernant les normes de potabilité des eaux (décret du 3 janvier 1989), qui sera prise pour Valeur Toxicologique de Référence – voir paragraphe 7.2.2 ;
- impact acoustique ; il est quasi impossible de définir une VTR dans le cas des travaux, compte tenu du caractère ponctuel et localisé des émissions sonores ;
- vibrations : voir paragraphe 7.2.6 ;
- émissions de poussières : la Valeur Toxicologique de Référence sera basée sur la réglementation en vigueur (voir paragraphe 7.2.5), pour les polluants répertoriés dans le décret du 6 mai 1998 ; pour ce qui concerne la chaux, ce produit ne fait pas encore l'objet d'une fiche toxicologique (INRS ou INERIS).

7. EFFETS SUR LA SANTE

7.3 - Evaluation des populations exposées

Après avoir présenté les dangers potentiels inhérents à un projet ferroviaire, et défini les relations doses-réponses, le présent développement s'attache maintenant à évaluer les populations exposées aux risques potentiels recensés, conformément au guide d'analyse méthodologique de l'Institut de Veille Sanitaire.

7.3.1 - Populations exposées au bruit

Les effets du bruit des infrastructures ferroviaires peuvent générer des perturbations du sommeil, des troubles cardiovasculaires, avoir des incidences sur le comportement, sur les performances et la productivité au travail, comme présenté au paragraphe 7.1.

Afin d'apprécier l'impact acoustique du projet sur la santé, il a été procédé à l'estimation de l'exposition des populations au bruit, en prenant en compte les trafics vers 2020 sur l'ensemble du projet (trafic plafond du fait de la saturation de la ligne Montpellier/Narbonne).

L'appréciation du nombre d'habitations soumises à dépassement du seuil réglementaire admissible de nuit (58 dB(A) avec protection à la source) semble pertinent pour évaluer la notion de gêne, au regard des recommandations de l'OMS au delà desquelles le bruit peut générer des effets sur la santé (cf.7.2.1.7 / comparaison des seuils réglementaires avec les valeurs guides OMS).

7.3.1.1 - Méthode d'évaluation et résultats

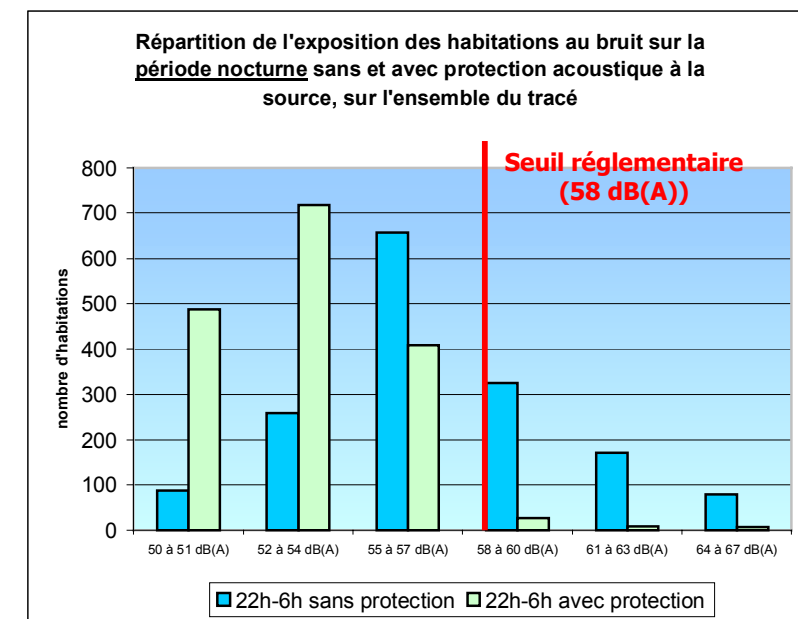
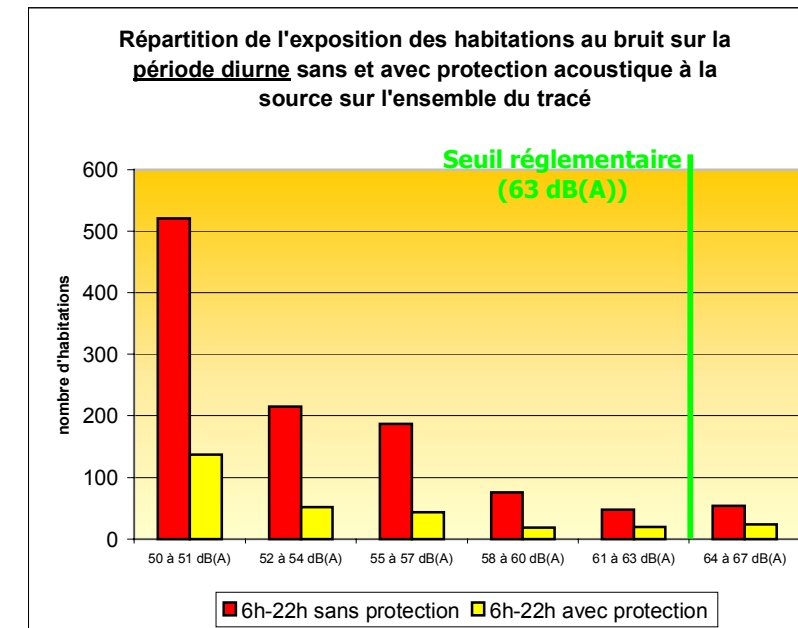
Dans un premier temps, l'analyse a consisté en :

- un dénombrement du bâti exposé à des niveaux sonores compris **entre 50 et 67 dB(A) le jour** (illustré par l'histogramme « Répartition de l'exposition des habitations au bruit sur la période diurne sans et avec protection acoustique »),
- un dénombrement du bâti exposé à des niveaux sonores compris **entre 50 et 67 dB(A) la nuit** (illustré par l'histogramme « Répartition de l'exposition des habitations au bruit sur la période nocturne sans et avec protection acoustique »),

Pour chaque période (diurne ou nocturne), il a été distingué le nombre d'habitations soumises aux nuisances acoustiques liées au projet **sans et avec aménagement des protections acoustiques à la source (écrans acoustiques)**.

La gêne sonore la période nocturne (22h-6h) est considérée comme représentative car elle constitue la période la plus sensible en terme de gêne et donc d'effet sur la santé (trouble du sommeil notamment). Les études de bruit ont d'ailleurs montré que cette même période est « dimensionnante » en terme de protection acoustique.

En considérant la période nocturne pour une zone d'ambiance sonore préexistante modérée (seuil réglementaire de 58 dB(A)), on recouvre les habitations également soumises à la gêne de jour.



De façon générale, on constate sur l'ensemble du projet considéré que la période nocturne est plus exposée à la gêne sonore que le jour du fait de l'écart entre les valeurs de seuil de gêne diurne et nocturne.

7. EFFETS SUR LA SANTE

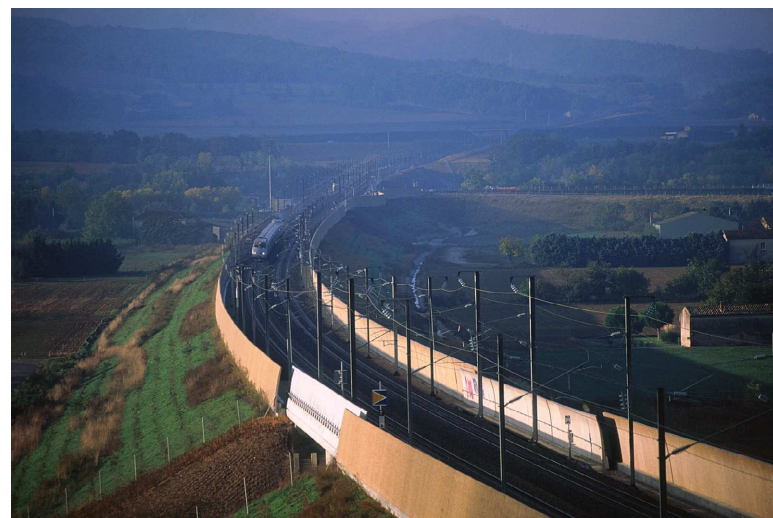
Si l'on considère que la **période de référence retenue est la période nocturne**, on recense un total de 500 habitations environ potentiellement soumises à la gêne sans protection acoustique (c'est à dire que les habitations présentent des niveaux sonores en contribution du projet supérieurs à 58 dB(A) de nuit). Ceci correspond à environ 1500 personnes si l'on considère une valeur moyenne de 3 personnes par habitation (estimation réalisée à partir des données de l'INSEE).

Ce nombre est ramené à environ 40 habitations (soit environ 120 personnes) avec mise en place de dispositifs de protection acoustique à la source (type écran), soit une diminution d'environ 90 %.

Pour ces habitations dont des niveaux sonores en contribution du projet sont supérieurs à 58 dB(A) de nuit, des protections de façade seront mises en œuvre.

La plupart de cette quarantaine d'habitations (voir diagrammes ci-avant) présentent un LAeq compris entre 58 dB(A) et 60 dB(A), après mise en œuvre des protections à la source. Le traitement de façade complémentaire apportera un abaissement minimum de 30 dB(A), ce qui permettra de tendre vers les recommandations de l'OMS (LAeq de 30 dB(A) à l'intérieur des chambres à coucher).

Pour les quelques habitations restantes dont le LAeq sera supérieur à 60 dB(A) après protection à la source, une analyse au cas par cas des bâtiments sera effectuée au stade de l'Avant-Projet Détaillé afin d'apprécier la faisabilité technique pour mettre en œuvre une protection de façade permettant de tendre vers les recommandations de l'OMS. RFF pourra dans certains cas difficiles proposer l'acquisition amiable du bien.



Exemple de protection à la source de type écran

7.3.2 - Populations exposées aux dangers liés au transport ferroviaire de matières dangereuses (TMD)

7.3.2.1 - Populations exposées au risque d'explosion ou de pollution accidentelle de l'air

L'explosion d'une cuve transportant des matières dangereuses explosives, fait extrêmement rare compte-tenu de la sûreté du transport ferroviaire, notamment sur des lignes nouvelles, peut potentiellement avoir des conséquences sur la santé humaine différentes en fonction de la distance.

Ainsi, selon une récente analyse du Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable, et pour les secteurs situés sous le vent :

- à une distance de la ligne inférieure 250 m, les risques sont potentiellement forts pour toute personne se trouvant dans cette zone lors d'un accident grave,
- à plus de 250 m de distance à la ligne, les risques pour la population sont moindres, d'autant plus que la présence d'obstacles (merlons, déblais, bâtiments, boisements) diminuent ce risque.

Dans la présente étude, on considérera donc que les populations susceptibles d'être exposées à un risque lié au transport de matières dangereuses, bien qu'extrêmement faibles, sont celles situées à moins de 250 m de la ligne.

La quantification des populations exposées au risque d'explosion ou de pollution accidentelle de l'air a été réalisée à partir d'un comptage du nombre de bâtiments d'habitation situé à moins de 250 m du projet, et des données INSEE concernant la taille moyenne des ménages, par commune (les communes non mentionnées dans les tableaux ne présentent pas d'habitations à moins de 250 m du projet).

Communes (département de l'Hérault)	Nombre d'habitations à moins de 250 m du projet	Taille moyenne des ménages	Population potentiellement exposée (nombre d'habitants)
VILLENEUVE LES MAGUELONE	2	2.6	5
LATTES	71	2.6	185
MONTPELLIER	6	1.9	11
MAUGUIO	58	2.4	139
MUDAISON	24	2.8	67
VALERGUES	7	3	21
LUNEL VIEL	7	2.7	19
SATURARGUES	2	2.7	5
LUNEL	8	2.6	21
Total			473

7. EFFETS SUR LA SANTE

Communes (département du Gard)	Nombre d'habitations à moins de 250 m du projet	Taille moyenne des ménages	Population potentiellement exposée (nombre d'habitants)
BEZOUCE	2	2.9	6
ST GERVASY	10	2.9	29
MARGUERITTES	2	2.8	6
REDESSAN	24	2.8	67
MANDUEL	67	2.8	187
BOUILLARGUES	8	2.7	22
GARONS	5	2.8	14
NIMES	8	2.1	17
MILHAUD	2	2.6	5
AUBORD	2	2.9	6
VESTRIC ET CANDIAC	2	3	6
VERGEZE	2	2.6	5
CODOGNAN	1	2.8	3
LE CAILAR	3	2.7	8
AIGUES VIVES	3	2.4	7
AIMARGUES	3	2.5	7
Total			395



©Scetauroute : P.PUART Gare du Canet

Au total, sur l'ensemble du projet, environ 870 personnes se trouvent à moins de 250 m de la ligne, avec une plus forte concentration de personnes potentiellement

concernées en cas d'explosion ou de pollution de l'air, au droit de Lattes, Mauguio, Mudaison, Redessan et Manduel, qui correspondent aux noyaux urbains les plus proches du projet.

7.3.2.2 - Populations exposées au risque de pollution accidentelle³ des captages AEP

L'analyse sectorielle des impacts du projet, effectuée au chapitre 6.2 a permis de déterminer les secteurs sensibles à un risque de pollution accidentelle des eaux exploitées pour l'alimentation en eau potable. Ont été distingués :

- **les captages AEP** publics exploitant des nappes souterraines, et desservant en eau des collectivités ;
- **les prises d'eau superficielle** dans les différents canaux situés dans le secteur d'étude, desservant elles aussi des collectivités en eau potable ;
- **les puits privés**, utilisés dans certaines zones éloignées des agglomérations et des réseaux publics, pour l'alimentation en eau potable de certains individus, à titre privé. En l'état actuel des connaissances, le nombre de puits privés susceptibles d'être concernés en cas de pollution accidentelle des eaux exploitées, est estimé à 80 environ. Si l'on considère 3 personnes par puits, s'alimentent en eau potable, on peut estimer la population exposée à environ 240 personnes.

³ On entend par « pollution accidentelle », toute pollution inopportune des eaux, tant liée aux travaux que lors de l'exploitation de la ligne : accident mettant en cause des matières dangereuses ou déversement de produits phytosanitaires lors des opérations de désherbage.

Origine de la ressource publique	Commune ou réseau	Population concernée (nombre d'habitants) ⁴
----------------------------------	-------------------	--

Département de l'Hérault		
Captages AEP de Flès Nord et Flès Sud (*)	Villeneuve-lès-Maguelone	10 394
Captage de la Lauzette (*)	Villeneuve-lès-Maguelone	15 434
Captage de Lou Garrigou (*)	Lattes	3 840
Forages de Vauguières et de Garrigues Basses (**)	Mauguio	48 210
Prise d'eau superficielle de la Méjanelle	Syndicat de l'Etang de l'Or – Mauguio, Pérols, Mauguio-Carnon, La Grande Motte ; Lattes, Palavas les Flots, Montpellier ville ; syndicat du Salaison – Jacou, Saint-Aunès, Le Crès, Vendargues.	224826 (population de Montpellier ville, desservie quelques semaines au cours de la période estivale, non comptabilisée)
Forages de Valergues (Bouisset 2 et Benouïdes)	Valergues	2 000

(*) Les études hydrogéologiques réalisées par Hydroexpert en 2002 ont montré qu'il n'y a aucun risque de pollution des eaux exploitées par ces captages, en période de basses eaux. Ceci sera vérifié pour la période de hautes eaux, dans le cadre des études complémentaires à réaliser pour l'enquête loi sur l'eau.

(**) Les études hydrogéologiques réalisées par Hydroexpert en 2002 ont montré que le risque d'impact sur la qualité des eaux au niveau de ces captages, et donc pour la population desservie, est limité à la phase travaux (réalisation du déblai de la Méjanelle).

⁴ Source : DDASS de l'Hérault ; les populations indiquées « correspondent au nombre maximal de personnes susceptibles d'être approvisionnées par les ouvrages correspondants [accroissement très important en période estivale], y compris en dilution avec d'autres ressources qu'elles soient ou non dans la liste ».

DDASS :
Direction Départementale des Affaires Sanitaires et Sociales.

AEP :
Alimentation en Eau potable.

7. EFFETS SUR LA SANTE

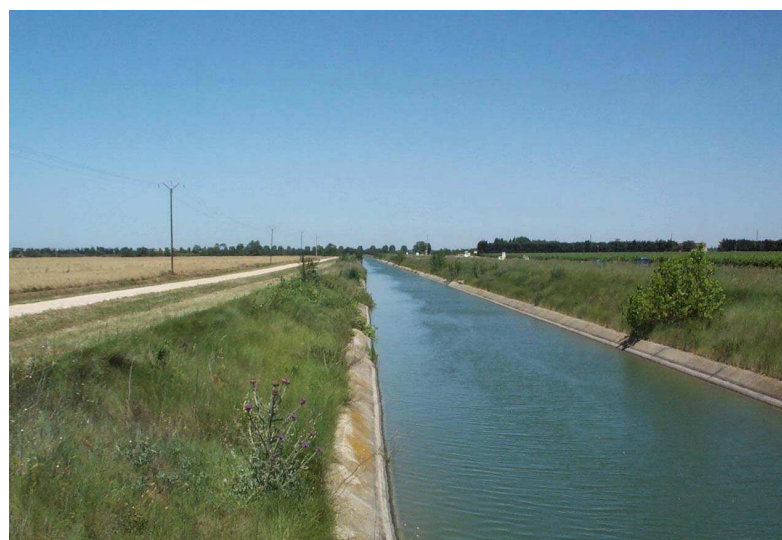
VL :
Véhicule léger.

PL :
Poids – lourd .

TMJA :
Trafic moyen journalier
annuel.

Origine de la ressource publique	Secteur ou commune	Population concernée (nombre d'habitants) ⁵
Département du Gard		
Prise d'eau superficielle de Vaunage	Gallargues-le-Montueux	2 300
Captage d'Aimargues	Aimargues	3 400
Captages de la Luzerne	Vauvert	9 800
Prise d'eau superficielle de Campagne	Nîmes (renforcement de l'alimentation de l'agglomération)	125 000
Prise d'eau superficielle de Bouillargues	Garons	9 200
Captage d'Aubord	Aubord	1 950
Prise d'eau superficielle de Salelles	Manduel (réalimentation du captage AEP Puits des Canabières)	5 800

La population totale desservie par l'ensemble de ces captages et prises d'eaux superficielles est de l'ordre de 460 000 habitants.



Le canal BRL, exploité pour l'alimentation en eau potable

⁵ Source : DDASS du Gard.

7.3.3 - Populations exposées aux champs électromagnétiques

L'alimentation électrique (par ligne haute tension) de la sous-station sera réalisée en canalisation souterraine si les contraintes techniques le permettent, ce qui limite l'impact sur les riverains.

En ce qui concerne les caténaires, l'alimentation est de type 25 000 volts (moyenne tension).

La ligne ferroviaire étant clôturée afin d'empêcher toute intrusion, aucune personne ne se trouvera à moins de 25 m des caténaires, sources d'émission des champs. Les champs électromagnétiques s'atténuant très rapidement avec la distance, et compte tenu du faible voltage, les riverains de la ligne nouvelle seront soumis à des champs de puissance très négligeable, voire nulle.

7.3.4 - Populations exposées à la pollution atmosphérique

La ligne nouvelle ne générera pas de polluants atmosphériques qui pourraient avoir un impact sur la santé des populations riveraines du projet.

Comme précisé au paragraphe 7.1, la prise en compte de la pollution atmosphérique, et des populations exposées, consistera donc en une analyse des variations des bilans d'émissions liés aux transports routiers, compte tenu de la réalisation du projet (report du trafic sur l'autoroute A9).

Il s'agit donc dans un premier temps d'évaluer la diminution locale de trafic sur A9 induite par la réalisation de la ligne nouvelle.

7.3.4.1 - Evaluation du trafic futur sur A9

Le trafic futur sur l'autoroute A9 a été estimé selon les recommandations de la circulaire du 20/10/98 relative à l'évaluation économique des investissements routiers en rase campagne.

En considérant l'hypothèse moyenne proposée par la circulaire, et compte tenu de la nature des trafics sur A9, on obtient :

- un taux d'accroissement annuel de 3 % pour les VL jusqu'en 2015 (en considérant que les trafics se répartissent pour moitié en trafics locaux et pour moitié en trafics interrégionaux), puis 1,5 % entre 2015 et 2020,
- un taux d'accroissement annuel de 4 % pour les PL jusqu'en 2015 (en considérant que les trafics se répartissent pour un tiers en trafic national et pour deux tiers en échange international), puis 2 % entre 2015 et 2020.

Selon ces hypothèses, on obtient les chiffres suivants :

	2000	2020
Poids lourds	13 444	28 000
Véhicules légers	51 671	89 000
Total VL + PL	65 115	117 000

7.3.4.2 - Evaluation des gains de trafic sur le réseau routier

La réalisation du contournement ferroviaire de Nîmes et Montpellier engendrera un report du trafic concernant les marchandises et les voyageurs du réseau routier, et notamment de l'A9 vers le rail. Le report de trafic d'A9 vers le rail est ainsi estimé, à l'horizon 2020 à 2999 véh/jour (en TMJA), dont 2166 PL, ces derniers représentant environ 72% du trafic total reporté (voir chapitre 8 et dossier LOTI).

7. EFFETS SUR LA SANTE

7.3.4.3 - Bilans d'émissions

A partir du logiciel Impact-ADEME développé par l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME), il est possible de quantifier l'émission de polluants et la consommation énergétique sur l'A9, à partir des hypothèses suivantes à l'horizon 2020 :

	Poids Lourds	Véhicules Légers
Section considérée de l'A9	65 km	65 km
Vitesse moyenne de circulation observée	100 km/h	120 km/h
TMJA sans projet en 2020	28 000	89 000
TMJA avec projet en 2020	25 834	88 519

Les résultats obtenus sont les suivants :

Type de polluant	(kg/j) sans projet LN	(kg/j) avec projet LN	Variation des émissions	
Consommation	1027932	971747	56185	- 5.5%
Dioxydes de carbone (CO2)	3254644	3058311	196333	- 6.0%
Oxydes d'azote (Nox)	6720	6156	564	- 8.3%
Composés organiques volatiles (Cov)	973	879	94	- 9.7%
Monoxydes de carbone (CO)	6864	6672	192	- 2.8%
Particules	181	172	9	- 5%
Dioxyde de soufre (SO2)	102	97	5	- 5%

Variation des émissions de pollution sur l'A9 (à l'horizon 2020)

La réalisation de la ligne nouvelle induira donc une diminution générale des émissions de polluants atmosphériques d'origine routière au niveau de la section d'A9 comprise entre Nîmes et Montpellier.

Cette diminution est surtout marquée en ce qui concerne les oxydes d'azote (- 8.3%) qui sont les composés les plus souvent mis en cause en ce qui concerne les risques pour la santé : asthme, autres problèmes respiratoires...(voir chapitre 4) et les composés organiques volatiles (- 9.7%), précurseurs de la formation d'ozone.

7.3.5 - Evaluation des populations exposées aux vibrations

L'effet des vibrations ne sera pas ressenti au-delà de 20-25 m environ, de part et d'autre de la voie.

Cette distance correspondant à peu de chose près aux emprises de la ligne nouvelle, dans lesquelles aucun bâti à usage d'habitation ne sera implanté.

Aucune habitation, et donc aucune personne ne subira un quelconque impact dû aux vibrations.

7.4 - Caractérisation des risques et mesures proposées

Nota : les mesures décrites ci après reprennent, pour l'ensemble des thèmes abordés, celles déjà présentées au chapitre 6.1.

7.4.1 - Caractérisation des risques et mesures vis-à-vis du bruit

LN :
Ligne nouvelle.

7.4.1.1 - Généralités

La signature acoustique du bruit des trains est régulière par type de train, en fonction de leur vitesse et de leur longueur (voir chapitre 7.2.6.1).

Le bruit émis par la circulation des véhicules ferroviaires, résultant du contact acier sur acier des roues et du rail, est très spécifique et bien localisé dans l'espace. Dans un plan perpendiculaire à la voie sa propagation s'effectue autour d'un axe de plus fort niveau, incliné à 30° par rapport à l'horizontale, (ce que l'observateur traduit parfois par le constat que « le bruit monte »).

La perception « métallique » que l'on peut noter à distance rapprochée s'atténue lorsqu'on s'éloigne de la voie, les basses fréquences se propageant plus facilement. Ainsi, le bruit ferroviaire est perçu de façon tout à fait différente du trafic routier, ne serait-ce qu'en raison de la nature du bruit émis, de son caractère intermittent, répétitif et identifiable avec des périodes longues de silence alternant avec des périodes plus courtes de constatation effective du bruit.

Au voisinage d'une voie ferrée, le bruit est donc caractérisé par le niveau instantané au passage de chaque train, le temps d'exposition à ce bruit et le nombre de passages. Ce sont ces trois facteurs qui permettent de calculer le LAeq bruit « moyen ».

7. EFFETS SUR LA SANTE

Le bruit ferroviaire

MESURES DE REDUCTION D'IMPACT

Des recherches sont en cours et des actions ont déjà été entreprises pour réduire le plus possible l'effet acoustique de ces phénomènes. Les matériels TGV ont profité en priorité de ces mesures qui ont concerné quatre domaines principaux d'intervention :

- *la réduction du nombre d'essieux par rapport aux trains classiques,*
- *l'amélioration de l'aérodynamique des rames,*
- *la conception initiale et le maintien dans le temps de la qualité de la voie (qualité du rail et de l'armement, conditions de fixation du rail, périodicité d'intervention d'entretien),*
- *la suppression progressive des organes de freinage agissant directement sur les roues ce qui améliore leur état de surface et garantit un roulement plus régulier.*

Une action directe sur les rails (rails soudés et moulés) permet aussi de réduire l'effet acoustique du trafic ferroviaire.

Pour le fret, les solutions envisageables de réduction du bruit ferroviaire sont :

- *la mise en place d'absorbeurs sur les rails,*
- *l'équipement des roues avec semelles composites, éventuellement associé à des écrans placés devant les roues des wagons.*

Des essais acoustiques ont montré que l'on pouvait espérer gagner dans ce cas jusqu'à 9 dB(A). Les recherches se poursuivent actuellement.

7.4.1.2 - Caractérisation des risques

Dans l'évaluation des impacts acoustiques, deux cas de figures se présentent :

- la mise en place de protections à la source contribue à un niveau sonore inférieur ou égal au seuil réglementaire de 58 dB(A) en façade des habitations ; le niveau sonore à l'intérieur des logements est donc égal à 33 dB(A) [58 – 25] pour les habitations antérieures à 1978, et égal à 28 dB(A) [58 – 30] pour les habitations postérieures à 1978. Les niveaux sonores résultants seront donc très proches des recommandations de l'OMS de 35 dB(A) (intérieur des logements) et 30 dB(A) (intérieur des chambres à coucher) ;
- certaines façades d'habitations (une quarantaine) présentent un LAeq supérieur à 58 dB(A) après mise en œuvre des protections à la source. Le traitement de façade complémentaire apportera un abaissement minimum de 30 dB(A), ce qui permet de respecter toutes les recommandations OMS si le LAeq est inférieur à 60. Pour les quelques habitations dont le LAeq sera supérieur à 60 dB(A) après protection à la source, une analyse au cas par cas des bâtiments sera effectuée au stade de l'Avant-Projet Détaillé afin d'apprécier la faisabilité de réaliser une protection de façade pour tendre vers la recommandation de l'OMS. RFF pourra dans certains cas difficiles proposer l'acquisition amiable du bien.

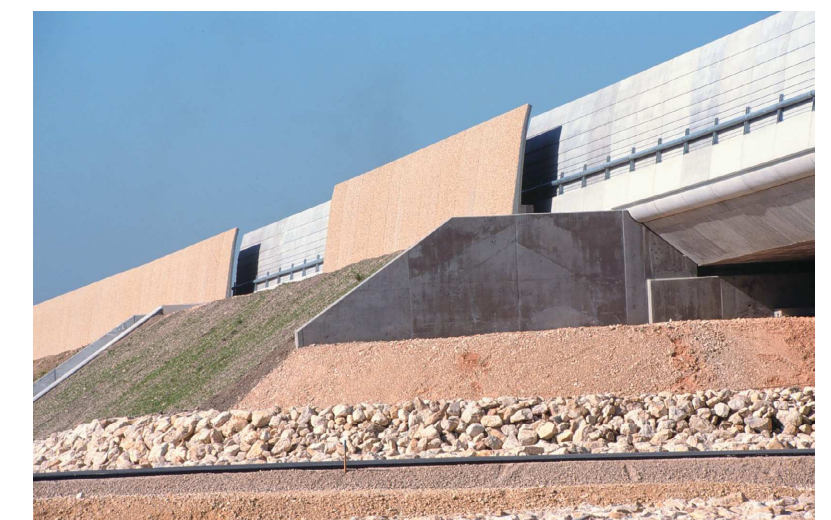
7.4.1.3 - Dispositifs de protection retenus pour le projet

En phase chantier, les mesures suivantes seront prises en vue de réduire l'impact acoustique :

- engins et matériels conformes aux normes en vigueur (possession des certificats de contrôle),
- travail de nuit et jour fériés interdit, sauf situation exceptionnelle,
- implantation du matériel fixe bruyant à l'extérieur des zones sensibles⁽¹⁾, dans la mesure du possible,
- précautions lors de l'utilisation d'explosifs dans les sites sensibles (étude préalable, voire essais de tirs...),
- informations des riverains.

Vis à vis du bruit lié à la circulation des trains en phase d'exploitation, les dispositifs dimensionnés sont des protections à la source (le plus souvent des écrans, et dans certains cas des merlons), dont les hauteurs seront adaptées en fonction des configurations d'implantation et des caractéristiques du bâti à protéger.

Sur l'ensemble du projet, le linéaire total de protection s'élève à environ 62 kilomètres.



Ecran de protection acoustique sur ouvrage d'art

⁽¹⁾ Le chantier est dit « sensible » au bruit lorsqu'il y a des établissements de santé ou maison de repos à moins de 200 m, des habitations ou des établissements d'enseignement à moins de 150 m, ou enfin des élevages sensibles au bruit à moins de 50 m.

7. EFFETS SUR LA SANTE

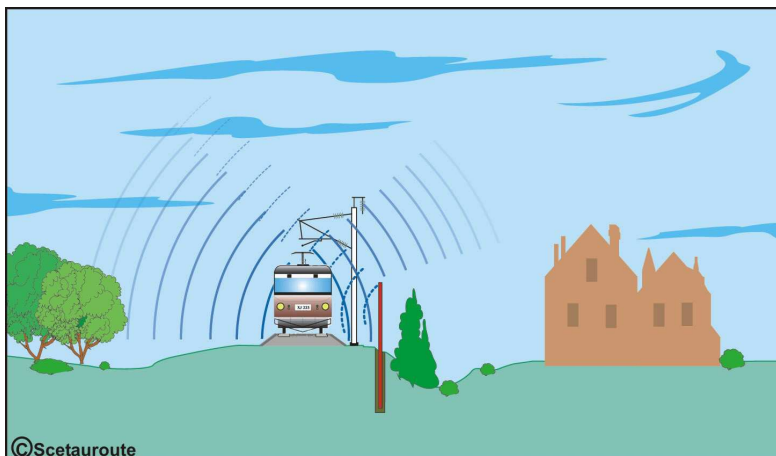
Les dispositifs de protection acoustique retenus

MESURES DE REDUCTION D'IMPACT

Les dispositifs dimensionnés sont des **protections à la source** (type merlons ou écrans), dont les hauteurs seront adaptées en fonction des configurations d'implantation et des caractéristiques du bâti à protéger. RFF accorde la priorité à ce type de protection.

Ces dispositifs agissent par diffraction, réflexion/absorption ; ils sont donc d'autant plus efficaces qu'ils sont proches de la source. Le croquis ci-après montre schématiquement le principe d'un écran en bordure de voie ferrée.

Chaque site soumis à dépassement du seuil de bruit a fait l'objet d'un dimensionnement spécifique. Le module ECRAN du logiciel MITHRA permet d'ajuster les caractéristiques géométriques (hauteur...) des protections afin de se conformer aux seuils préalablement définis.



Principe de protection à la source de type écran

Lorsque les protections à la source ne seront pas suffisantes, on aura recours à l'isolation de façade. Ce type de traitement nécessite une concertation entre le maître d'ouvrage et les riverains. Les bâtis pour lesquels l'objectif n'est pas réalisé y auront recours.

En première évaluation le nombre d'habitations qui bénéficieront d'un traitement de façade est estimé à environ 40.

En cas de difficulté de réalisation de ces protections, l'acquisition des bâtiments à usage d'habitation exposés au-delà de la norme réglementaire sera proposée par le Maître d'Ouvrage aux riverains concernés.

Des études détaillées seront menées au fur et à mesure de l'avancement du projet, et permettront d'affiner l'appréciation de l'impact acoustique du projet sur les populations riveraines.

Les protections de façade

MESURES COMPENSATOIRES

Dans le cas où le traitement des façades serait nécessaire, l'isolement acoustique standardisé pondéré contre les bruits extérieurs, $D_{nT, A, tr}$, sera tel que :

$$D_{nT, A, tr} \geq I_f - Obj + 25$$

I_f est l'indicateur de gêne due au bruit d'une infrastructure ferroviaire et Obj la valeur maximale admissible de l'indicateur de gêne ferroviaire. $D_{nT, A, tr}$ est l'isolement acoustique standardisé pondéré contre les bruits extérieurs, vis-à-vis du spectre ferroviaire défini dans les normes en vigueur, exprimé en décibels.

Les protections de façade (suite)

MESURES COMPENSATOIRES

Ce calcul sera effectué s'il y a lieu pour les deux périodes (diurne et nocturne), et la valeur d'isolement la plus élevée sera retenue.

Quand l'application de cette règle conduit à procéder effectivement à des travaux d'isolation de façade, l'isolement résultant ne devra pas être inférieur à 30 dB.

Ainsi par exemple,

- pour une habitation présentant un niveau sonore nocturne en façade, en contribution du projet de 59 dB(A) (soit 1 dB(A) au-dessus du seuil réglementaire de nuit), le $D_{nT, A, tr}$ sera le suivant : $59 - 58 + 25 = 26$; l'isolement résultant sera alors de 30 dB.
- pour une habitation présentant un niveau sonore nocturne en façade, en contribution du projet de 63 dB(A) (soit 5 dB(A) au-dessus du seuil réglementaire de nuit), le $D_{nT, A, tr}$ sera le suivant : $64 - 58 + 25 = 31$; l'isolement résultant sera alors de 31 dB.

7. EFFETS SUR LA SANTE

TMJA :

Trafic Moyen Journalier
Annuel exprimé en nombre
de trains par jour.

7.4.1.4 - Cas particulier du bruit cumulé avec les autres infrastructures de transport

En premier lieu, il est important de signaler que la réglementation actuelle ne fixe pas de seuils spécifiques pour le cumul des niveaux sonores de projets multiples. Ainsi, chaque projet est tenu de respecter des seuils qui lui sont propres et dépendant de la nature des trafics qu'il supporte, de l'environnement sonore initial dans lequel il s'inscrit et du type de bâtiments qu'il grève.

Au vu d'une campagne de mesures in situ, RFF a choisi de considérer l'ensemble de l'aire d'étude en zone d'ambiance sonore modérée ; ce choix est le plus favorable pour les riverains, en terme de dimensionnement des protections acoustiques. En effet, en zone initialement d'ambiance sonore modérée, les seuils sont de 63 dB(A) le jour et 58 dB(A) la nuit, contre 68 dB(A) le jour, 63 dB(A) la nuit en zone initialement d'ambiance non modérée.

Pour les habitations situées à proximité d'une voie bruyante (lignes ferroviaires Tarascon/Sète et Givors/Nîmes, Autoroutes A9 et A54, routes nationales RN113 RN313..., routes départementales à 2x2 voies [RD986, RD21, RD66] etc.) ceci aboutit à un gain de protection de 5 dB(A), supérieur aux préconisations du guide Setra/Certu. Au regard des préconisations de ce Guide « bruit et études routières », le cumul de niveaux sonores du projet avec les infrastructures routières existantes ou projetées à proximité (+3 dB(A)) est pris en compte lorsque RFF considère la zone d'étude en ambiance sonore préexistante modérée (+5 dB(A)).

7.4.1.4.1 - Cas particulier du jumelage du projet avec le dédoublement d'A9

Une première évaluation de l'impact cumulé des infrastructures ferroviaire et autoroutière dans la section de jumelage a été réalisée. Elle a consisté à calculer les niveaux sonores en façade des bâtiments concernés sur la

base de tracés théoriques ménageant une distance moyenne d'une cinquantaine de mètres entre les deux projets. Une modélisation numérique unique a été utilisée et le logiciel MITHRA a permis de calculer les contributions sonores de chaque infrastructure, ainsi que les niveaux résultant de leur cumul.



Future zone de jumelage, au droit de la Céreirède

Cette première étude a permis de mettre en évidence en matière d'impacts cumulés des deux projets, les éléments d'appréciation suivants :

- Sauf pour des dispositions géométriques particulières, les écrans acoustiques mis en place sur l'une des infrastructures n'ont qu'une efficacité marginale en matière de protection des nuisances sonores de l'autre infrastructure. Cela est en partie lié à l'inter distance prise en compte dans l'exercice de simulation entre les deux projets (une cinquantaine de mètres) et incite en première approche à ce que chaque projet dimensionne ses protections pour atteindre ses propres objectifs réglementaires sans tenir compte a priori des protections mises en œuvre sur l'autre projet.
- Pour un certain nombre de bâtiments situés à proximité immédiate des projets, des protections par écran sont insuffisantes pour atteindre les objectifs réglementaires

nocturnes propres à l'une ou l'autre, voire aux deux infrastructures. Ces bâtiments constituent l'essentiel des récepteurs pour lesquels les niveaux sonores cumulés atteignent des valeurs relativement élevées. C'est sur les dispositions relatives à ces bâtiments (traitements de façades complémentaires ou acquisitions foncières) que les études acoustiques propres à chaque projet se doivent en priorité d'être coordonnées dans un souci de cohérence et d'efficacité optimale des mesures prises par chaque maître d'ouvrage.

- Ainsi, l'étude révèle qu'un petit nombre de bâtiments présente des niveaux sonores cumulés supérieurs à 59.8 dB(A) [addition des seuils routiers et ferroviaires / 58 + 55 = 59,8 dB(A)], ces dépassements étant presque tous liés à un dépassement du seuil réglementaire pour l'une au moins des deux infrastructures. Si l'on examine, à titre d'exemple, la situation du bâti par rapport au seuil cumulé de 58 dB(A), une vingtaine de bâtiments supplémentaires est concernée. Ces dépassements sont cependant, pour moitié, encore une fois liés à un dépassement du seuil réglementaire pour l'une au moins des deux infrastructures.

Cela amène donc, en première approche, à relativiser l'importance des impacts cumulés des deux projets en matière acoustique, puisque le respect des seuils réglementaires pour chaque projet amènera les maîtres d'ouvrage à prendre des mesures réductrices ou compensatoires dont les effets conjugués permettront dans la majorité des cas d'atteindre des niveaux sonores cumulés relativement faibles.

Il convient néanmoins de nuancer l'interprétation ci-dessus, dans la mesure où elle se fonde sur une géométrie théorique particulière des deux projets (choix d'un tracé a priori et d'une inter distance moyenne de 50 m entre les plates formes) et un pré-dimensionnement des protections acoustiques relatives à chaque infrastructure qui demande à être confirmé par des études plus approfondies et dépend notamment des caractéristiques géométriques des projets.

7. EFFETS SUR LA SANTE

A titre d'exemple, un rapprochement des deux infrastructures aurait pour effet d'accroître l'importance des impacts cumulés, en diminuant toutefois l'étendue des secteurs de nuisances. A l'inverse, si les projets devaient être localement plus éloignés, l'effet de cumul des nuisances acoustiques par rapport aux seuils pris en compte tendrait à disparaître.

7.4.1.4.2 - Cas particulier du couloir ferroviaire de Manduel et Redessan

RFF a réalisé en 2001 une étude acoustique spécifique au niveau du couloir ferroviaire de Manduel et Redessan, afin d'évaluer l'impact acoustique cumulé des deux infrastructures pour les riverains. Les hypothèses de trafic ayant servies de base à cette étude sont les suivantes :

		Trafic en TMJA (train/jour)
Etat actuel	Ligne Tarascon/Sète	124
	Ligne Tarascon/Sète	116
Etat futur (vers 2020)	Raccordement entre le CNM* et la ligne Givors/Nîmes	108
	Total	224

*CNM : Contournement de Nîmes et Montpellier

La modélisation réalisée avec le logiciel MITHRA a tenu compte des protections à la source qui seront mises en place sur la liaison fret.

Les résultats obtenus durant la période dimensionnante (période nocturne) montrent une tendance globalement homogène sur l'ensemble des habitations. De fait, sont présentés ci-après, les niveaux sonores au niveau de 10 habitations représentatives, en considérant respectivement :

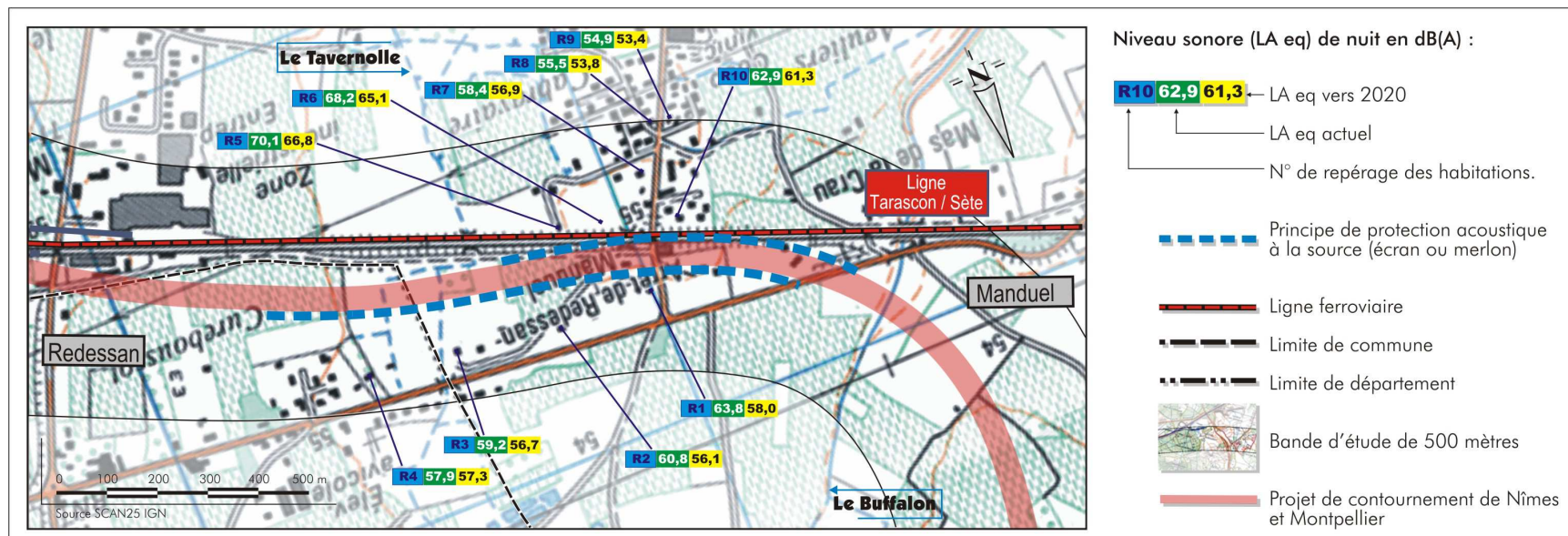
- la situation actuelle (source de bruit : trafic sur la ligne Tarascon/Sète) ;
- la situation vers 2020 (source de bruit : trafic sur la ligne Tarascon/Sète, et trafic sur la liaison fret avec écrans acoustiques).

Les habitations présentées dans le tableau ci-après sont également localisées sur la carte ci-dessous.

Bruit de nuit / LAeq (6h-22h) en dB(A)

N° de l'habitation	Situation actuelle	Situation vers 2020	Gain dB(A)
R1	63.8	58.0	- 5,8
R2	60.8	56.1	- 4,7
R3	59.2	56.7	- 2,5
R4	57.9	57.3	-0,6
R5	70.1	66.8	- 3,3
R6	68.2	65.1	- 3,1
R7	58.4	56.9	- 1,5
R8	55.5	53.8	- 1,7
R9	54.9	53.4	- 1,5
R10	62.9	61.3	- 1,6

Il apparaît que les contributions sonores ferroviaires au droit des habitations seront moins importantes en 2020 qu'actuellement, parfois de manière significative. La situation acoustique sera donc améliorée, avec par conséquent un impact positif pour les habitants des agglomérations de Manduel et de Redessan.



7. EFFETS SUR LA SANTE

7.4.2 - Caractérisation des risques et mesures vis-à-vis des risques liés au Transport de Matières Dangereuses

7.4.2.1 - Cas d'une pollution des eaux ou des sols

7.4.2.1.1 - Caractérisation des risques

Les secteurs les plus sensibles vis à vis d'une éventuelle pollution accidentelle (tant en phase travaux qu'en phase d'exploitation), sont ceux présentant des enjeux en terme de ressource en eau (alimentation en eau potable). Il s'agit :

- du secteur rive droite du Lez, et plus particulièrement de la traversée en tranchée du karst jurassique de la Jasse Maurin,
- du passage en déblai de la Méjanelle,
- des abords de Mauguio,
- du secteur des captages du Stade, des Bénévoles et de Bouisset 2 (en zones sensibles à la pollution chimique), sur les communes de Saint-Brès et Valergues ;
- du passage dans les gravières du Mas Bas Rouge et du Mas d'Arnaud,
- du secteur du Bois de Signan (double franchissement du canal),
- du passage en tranchée à Manduel.

Etant donné qu'une pollution accidentelle peut mettre en jeu des produits polluants de natures très diverses, et en quantités variées, la caractérisation du risque en fonction

de la valeur toxicologique de référence (VTR) retenue (norme de potabilité) ne peut être quantifiée.

Les risques d'atteinte d'un flux polluant aux captages cités au paragraphe 7.3.2.2, sont pris en compte dans la définition des mesures retenues (voir paragraphe suivant), ces dernières étant prévues afin de se prémunir de toute contamination des eaux (c'est à dire de tout dépassement des seuils de potabilité définis).

7.4.2.1.2 - Mesures vis-à-vis d'une pollution des eaux ou des sols

Il convient tout d'abord de souligner la qualité et la fiabilité du matériel de transport (citernes, matériel roulant...) dont les normes très strictes sont imposées par l'arrêté du 5 juin 2001, modifié le 5 décembre 2002 dit « arrêté RID ».

En outre, en matière de sécurité, et au-delà du respect du RID, la SNCF a mis en place des mesures concernant la qualité des chargements, le suivi et l'acheminement TMD, en partenariat avec les chargeurs et les industriels. Ces mesures seront aussi appliquées par l'ensemble des transporteurs qui seront amenés à faire circuler des marchandises sur la ligne en exploitation.

Le respect et l'application de ces dispositions permettent de gérer le risque d'accident ou de pollution accidentelle puisque, comme nous l'avons vu précédemment, la majorité des incidents ont lieu dans les gares ferroviaires de triage et les principales gares d'expédition. **Les lignes nouvelles sont particulièrement sûres, si on les compare notamment au taux de risques sur routes ou autoroutes.**

Pour l'ensemble du projet, un réseau de contrôle sera mis en place, une procédure (Plan de Secours) sera établie en liaison avec les Services Départementaux Incendie et Secours (SDIS). Ce Plan de Secours définira les mesures à prendre en cas d'accident ou de pollution accidentelle.



Gare de triage de Nîmes-Courbessac

Le Plan de Secours

Le risque d'accident lié au transport de matières dangereuses sera pris en compte, lors de la mise en œuvre du plan de secours spécialisé qui prévoit notamment l'établissement de périmètres de sécurité sur le lieu de l'accident.

Toutes les mesures seront prises pour le respect des dispositions de ce plan, dans le cadre de l'exploitation de la ligne (arrêt momentané du trafic, détournement par un autre itinéraire ...).

Ce plan d'urgence, préparé en liaison avec les autorités, les services et organismes compétents pour prendre des mesures de sauvegarde ou dont les moyens sont susceptibles d'être mis en œuvre pour faire face à des risques particuliers, est arrêté par le Préfet (Décret n° 88-622 du 6 mai 1988). Les Services interministériels de Défense et de Protection Civile notamment, seront associés à l'étude et à l'élaboration de ce plan. A cette occasion, des formations d'entraînement d'équipes pourront être organisées.

En cas de déclenchement du Plan, les opérations de secours sont placées sous l'autorité du Préfet.

7. EFFETS SUR LA SANTE

Afin de gérer une éventuelle pollution accidentelle, deux types de mesures seront mis en œuvre, selon la vulnérabilité des milieux récepteurs : des mesures de type préventif et des mesures d'intervention.

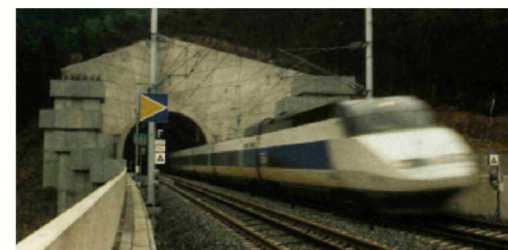
• Les mesures préventives

Des aménagements techniques seront mis en place en bordure de la voie dans les zones les plus sensibles : zones karstiques, périmètre de captages AEP (alimentation en eau potable), déblai profond et passage à proximité de nappes affleurantes, et zones de franchissement ou de forte proximité avec les canaux.

Plusieurs types de dispositifs seront utilisés, suivant les configurations (voir encart ci-contre).

MESURES PREVENTIVES

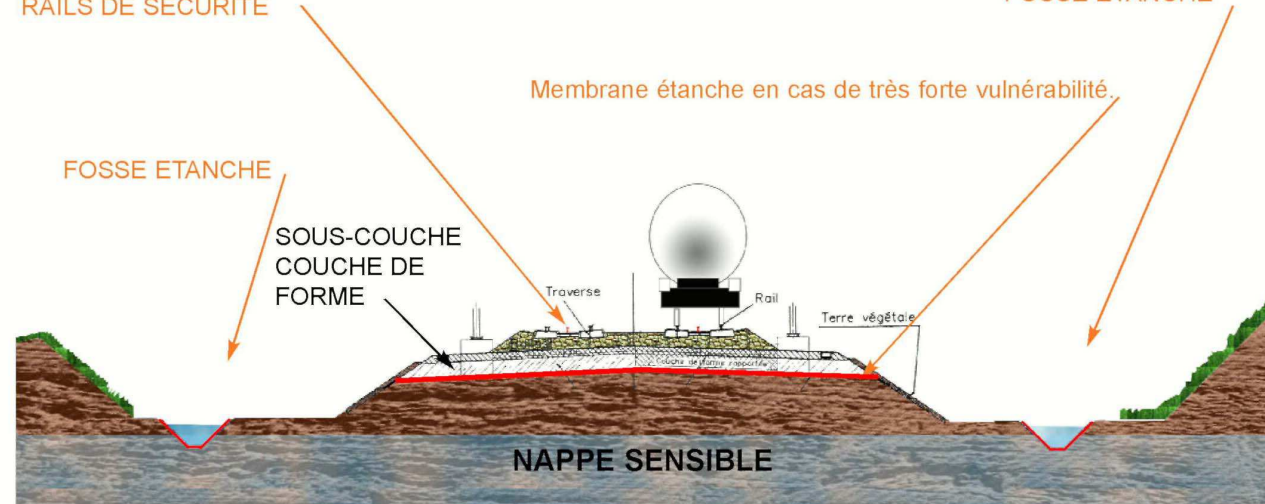
- mise en place de fossés de collecte étanches couplés à des bassins de confinement permettant d'intervenir en cas de pollution accidentelle,
- étanchéification de la plate-forme avec fossés étanches et bassins de confinement,
- réalisation de fossés de collecte des eaux de ruissellement dans les secteurs en déblai, avec rejet à l'extérieur des zones drainantes (notamment zones karstiques),
- mise en place d'un troisième rail assurant le non-déraillement des trains en cas d'accident grave.



RAILS DE SECURITE



FOSSE ETANCHE

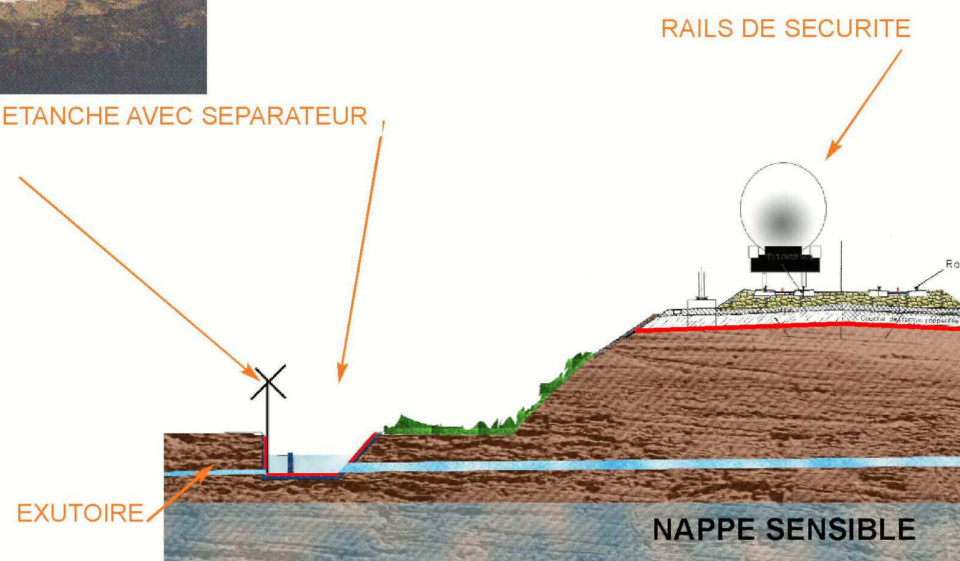


BASSIN DE RETENTION ETANCHE AVEC SEPARATEUR

VANNE D'OBTURATION



EXUTOIRE



Mesures préventives vis-à-vis d'une pollution des eaux ou des sols

7. EFFETS SUR LA SANTE

• Les mesures d'intervention (ou curatives)

Dans les zones très vulnérables, ces mesures s'inscrivent en complément des mesures préventives présentées ci-avant.

Dans les zones de vulnérabilité moyenne, les mesures d'intervention (curatives) seront suffisantes pour gérer une éventuelle pollution accidentelle.

MESURES D'INTERVENTION OU CURATIVES

- *application des modalités des plans de secours établis en liaison avec le SDIS (Service Départemental d'Incendie et de Secours),*
- *enlèvement immédiat de terres souillées,*
- *utilisation des techniques de dépollution des sols et des nappes dans les zones à faible coefficient de perméabilité pour bloquer la progression de la pollution et résorber celle-ci (réalisation d'un piézomètre de contrôle et analyses d'eau en différents points ...),*
- *mise en place de barrière hydraulique si le polluant atteint la nappe,*
- *dépollution des eaux de ruissellement par écrémage, filtrage avant rejet dans le milieu naturel.*

Dans tous les cas, ces solutions imposent des études techniques et hydrogéologiques précises qui seront menées dans le cadre des études de définition du projet (APD) et présentées dans le dossier d'enquête publique au titre de la loi sur l'eau.

7.4.2.2 - Cas d'une pollution atmosphérique

7.4.2.2.1 - Caractérisation des risques

Les populations susceptibles d'être exposées à un risque d'explosion ou de pollution de l'air, sont celles situées à moins de 250 m de la ligne. Comme dans le cas d'une pollution des eaux, la mise en jeu de produits polluants de natures très diverses, et en quantité variée, rend la caractérisation du risque extrêmement délicate voire impossible.

7.4.2.2.2 - Mesures vis-à-vis d'une pollution atmosphérique

La réalisation de la ligne nouvelle permet en elle-même de réduire le risque d'accident de transport de matières dangereuses par rapport à la situation actuelle, du fait du report route-rail de certaines marchandises.

Bien qu'extrêmement rares, les cas d'explosion ou d'émission d'un nuage toxique doivent être cependant pris en compte dans les plans d'intervention et de secours, qui seront mis en place en concertation avec les Services Départementaux d'Incendie et de Secours (SDIS) pour la protection des populations riveraines.

7.4.3 - Caractérisation des risques et mesures vis-à-vis des champs électromagnétiques

L'alimentation électrique (par ligne haute tension) de la sous-station sera très probablement réalisée en canalisation

souterraine, ce qui limite l'impact sur les riverains et le risque de perturbation des ondes radioélectriques.

La ligne ferroviaire étant clôturée afin d'empêcher toute intrusion, aucune personne ne se trouvera à moins de 25 m des caténaires, sources d'émission des champs. Les champs électromagnétiques s'atténuant très rapidement avec la distance, et compte tenu du faible voltage (25 000 Volts), les riverains de la ligne nouvelle seront soumis à des champs de puissance très négligeable, voire nulle.

En conséquence, aucune mesure spécifique n'est nécessaire.

7.4.4 - Caractérisation des risques et mesures vis-à-vis de la pollution atmosphérique

Compte tenu de l'absence d'impact négatif de pollution de l'air lié à la réalisation de la ligne nouvelle de contournement, ainsi que de l'effet positif du projet (déchargement de 9% du trafic PL de l'A9 vers le contournement de Nîmes et Montpellier à l'horizon 2020), aucune mesure spécifique n'est à mettre en œuvre.

Les travaux sont susceptibles d'être à l'origine d'émissions de poussières, pouvant porter atteinte à la santé. Les secteurs dits « sensibles » par rapport à la production de poussière sont ceux situés à moins de 50 m d'une zone d'habitation, d'une voie publique à trafic important, d'une zone de culture sensible.

Des mesures particulières seront mises en œuvre durant le chantier, afin d'éviter de telles émissions potentiellement nocives.

7. EFFETS SUR LA SANTE

L'épandage et le malaxage des liants hydrauliques

MESURES DE REDUCTION D'IMPACT

- pas d'épandage de chaux par vent supérieur à 50 km/h,
- éviter les opérations de chargement et de déchargement de matériaux par vent fort,
- pas de circulation sur des surfaces venant d'être traitées,
- étanchéité des épandeurs, afin d'éviter toute fuite lors du transport des produits.



Matériel et dispositifs utilisés lors de l'utilisation de chaux sur les chantiers

Les installations de chantier

MESURES DE REDUCTION D'IMPACT

- pas d'implantation aux abords immédiats des sites sensibles (prise en compte des vents dominants et des protections naturelles),
- respect des prescriptions des arrêtés d'autorisation pour les installations classées,
- mise en place de dispositifs particuliers (bâches, merlons...) au niveau des aires de stockage des matériaux susceptibles de générer des envols de poussières,
- interdiction de brûlage de matériaux (emballages, plastiques, caoutchouc, ordures ménagères...) pouvant émettre des fumées toxiques, conformément à la réglementation en vigueur.

7.4.5 - Caractérisation des risques et mesures vis-à-vis des vibrations

Compte tenu des aménagements techniques des voies et du ballast :

- amélioration de la géométrie des rails (en pleine barre et aux soudures) et des roues,
- équipements spécifiques des voies : les voies sont équipées d'attaches élastiques avec semelles en caoutchouc entre rails et traverses. De plus, une forte épaisseur de ballast est interposée entre les traverses et le sous-sol, ce qui amène un amortissement important des vibrations dans la structure même de la voie.
- pose des rails sur dalles ou radiers flottants,

et du fait que l'effet des vibrations ne sera pas ressenti au-delà de 20-25 m environ, de part et d'autre de la voie (dans ce cas, aucun riverain n'est soumis aux vibrations puisque qu'aucune habitation ne sera située à moins de 30 m de la voie), aucune mesure complémentaire n'est envisagée.

7.5 - Conclusion

Les incidences potentielles sur la santé humaine liées au projet sont les suivantes :

- **le bruit**, généré par le passage des trains sur l'infrastructure, avec des effets auditifs et/ou non auditifs pour les riverains ;
- **le transport de matières dangereuses** par les trains de fret, qui, lors d'un accident sont susceptibles d'être déversées et d'entraîner la pollution des eaux, des sols ou de l'air, avec un risque prépondérant pour l'alimentation en eau potable ;
- **le désherbage**, opération qui bien que ponctuelle, peut elle aussi entraîner la pollution des eaux ou des sols ;
- **les champs électromagnétiques**, qui ne paraissent pas, en l'état actuel des connaissances, présenter un risque avéré pour la santé ;
- **les vibrations**, qui restent limitées à une zone très restreinte aux abords du projet, et ne seront pas ressenties par les riverains ;
- **les opérations en phase travaux**, présentant, dans une période restreinte, les mêmes types de dangers que pour la ligne en exploitation.

L'analyse de ces dangers a fait ressortir que les plus significatifs sont ceux liés à l'acoustique, et au risque de pollution accidentelle, tant en phase travaux, qu'en phase d'exploitation.

Pour ce qui concerne les nuisances sonores, l'évaluation des populations exposées a été conduite, sur la « période nuit » (période la plus sensible). Il ressort de cette étude, qu'après mise en place des protections acoustiques à la source (écrans ou merlons acoustiques), qu'une quarantaine d'habitations (soit 120 personnes environ) présenteront des niveaux sonores en contribution du projet supérieurs à 58 dB(A) de nuit. Des protections de façade

7. EFFETS SUR LA SANTE

seront donc mises en œuvre. Pour la plupart de ces habitations, le traitement de façade complémentaire permettra de tendre vers les recommandations de l'OMS (LAeq de 30 dB(A) à l'intérieur des chambres à coucher).

Pour certaines (lorsque le LAeq est bien supérieur à 60 dB(A) après protection à la source), une analyse au cas par cas des bâtiments sera effectuée au stade de l'Avant-Projet Détaillé afin d'apprécier la faisabilité technique pour mettre en œuvre une protection de façade permettant de tendre vers les recommandations de l'OMS.

RFF pourra dans certains cas difficiles proposer l'acquisition amiable du bien.

L'effet cumulé des infrastructures en termes d'acoustique a également été analysé, plus particulièrement dans la zone de jumelage du projet avec le dédoublement d'A9, ainsi que dans le couloir ferroviaire de Manduel et Redessan. Dans la zone de jumelage, des dispositifs de protection acoustique seront mis en place pour chacun des projets. Au niveau du couloir ferroviaire, l'ambiance sonore sera améliorée après réalisation du projet, ce qui constitue un impact positif pour l'ensemble des populations de Manduel et de Redessan, riveraines de la ligne existante.

Concernant le risque d'accident, deux approches ont été menées :

- une explosion ou une pollution de l'air, qui toucherait les zones habitées situées à moins de 250 m de la ligne. Le nombre de personnes potentiellement concernées par ce type de risque est de l'ordre de 870, sur l'ensemble du projet.
- un déversement accidentel vers les eaux exploitées pour l'alimentation en eau potable (captages publics, canaux, et puits privés). Le croisement entre les points de ressources en eau, et les populations desservies fait apparaître, que dans ce cas, 460 000 personnes sont potentiellement concernées.

Cependant, les dispositifs mis en œuvre pour assurer un haut degré de sécurité ferroviaire (dossier d'homologation de la ligne), ainsi que les mesures préventives ou curatives qui seront mises en œuvre dans les secteurs identifiés comme sensibles, permettront de limiter fortement le risque d'accident, et donc ses conséquences sur les populations riveraines.

Au vu de l'ensemble des mesures qui seront mises en œuvre pour limiter les impacts potentiels sur la santé humaine (protections acoustiques, protection de la ressource en eau, des intérêts agricoles...), il apparaît que le projet présente un risque extrêmement faible pour les populations riveraines de la future ligne ferroviaire.

En outre, le projet de contournement de Nîmes et Montpellier contribuera à diminuer les émissions de polluants du transport routier, puisqu'il générera un report voyageurs et marchandises de ce mode vers le mode ferroviaire, et notamment pour le trafic poids - lourds.

8. COÛTS COLLECTIFS / BILAN ENERGETIQUE

Chapitre 8 – ANALYSE DES COÛTS COLLECTIFS ET NUISANCES – BILAN ENERGETIQUE

8. COÛTS COLLECTIFS / BILAN ENERGETIQUE

Conformément à l'article L122-3 du Code de l'Environnement, ce chapitre analyse les coûts collectifs en matière de pollution atmosphérique, d'effet de serre, de nuisances sonores, d'insécurité (coûts liés aux accidents) et de congestion (coûts des pertes de temps liées à la non fluidité du trafic), ainsi que les avantages induits pour la collectivité.

Ce chapitre présente également une évaluation des consommations énergétiques résultant de l'exploitation du projet, notamment du fait des déplacements qu'elle entraîne ou permet d'éviter.

8.1 - Les coûts collectifs

8.1.1 - Méthodologie d'évaluation

Une telle étude a pour but d'évaluer les impacts du projet sur l'environnement et la sécurité liés aux transports (et donc leurs coûts externes associés) en comparant la situation de réalisation du projet avec la situation de référence (sans réalisation du projet).

Elle se base sur les prévisions de trafics voyageurs et marchandises décrites dans le chapitre 5 de l'évaluation économique et sociale. Ces prévisions ont été également utilisées pour évaluer en termes économiques les gains associés au projet (emplois, développement des échanges commerciaux et touristiques, et bénéfice global).

Il est évident que l'impact du projet de contournement de Nîmes et Montpellier sort largement du cadre de la zone où il sera réalisé. On peut ainsi s'attendre à ce que le projet ait une influence sur le nombre de camions effectuant par exemple un trajet Allemagne – Espagne ou sur le nombre de voyageurs se rendant de Paris à Barcelone.

La portée de cette étude a été volontairement limitée au cadre du territoire français, afin de pouvoir comparer les différents coûts considérés entre eux et de déterminer les coûts évités pour la collectivité française.

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'acquiesce 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 (notamment au travers de la fiscalité – cf. volume 2 du dossier socio-économique).

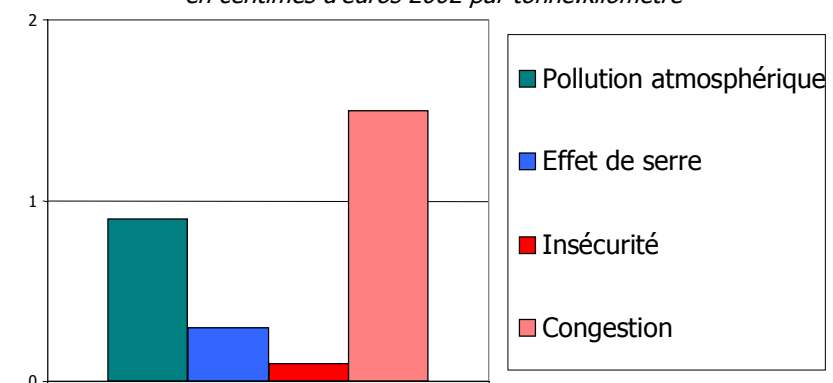
Si certains coûts tels que le bruit correspondent à des impacts locaux (à proximité de la voie concernée), d'autres, tels que l'effet de serre, ont un impact géographique beaucoup plus étendu. L'évaluation des coûts externes liés à la pollution de l'air, à l'effet de serre, à la congestion et à l'insécurité a ainsi été réalisée sur le périmètre national. Quant au bruit, la détermination du nombre de personnes concernées a porté sur le périmètre de la ligne nouvelle du contournement de Nîmes et Montpellier.

Les calculs ci-après correspondent aux coûts collectifs "environnementaux" ; on se reportera au volume 2 de l'étude socio-économique pour l'intégration de l'ensemble

des coûts collectifs (environnementaux et socio-économiques).

Pour réaliser cette évaluation, il est indispensable de considérer les coûts induits par l'utilisation de chaque mode de transport, ceux-ci étant en effet profondément différents. Comme pour l'évaluation économique et sociale, ce sont les valeurs proposées par l'instruction cadre de 1995 relative aux méthodes d'évaluation des grands projets d'infrastructure de transport qui ont été utilisées.

Extraits du barème de coûts collectifs poids lourds en centimes d'euros 2002 par tonne.kilomètre



Comme dans l'évaluation économique et sociale, un test de sensibilité a toutefois été réalisé sur la base des préconisations d'un rapport du Commissariat Général du Plan de juin 2001 intitulé « Transports : choix des investissements et coût des nuisances » (rapport Boiteux II).

8.1.2 - Evaluation des reports modaux

La réalisation du contournement de Nîmes et Montpellier entraînera des reports de trafics voyageurs depuis la route ou l'aérien vers le rail.

Pour ce qui concerne les trafics de fret, la nature des marchandises transportées et les origines/destinations concernées généreront exclusivement des reports depuis la route.

8. COUTS COLLECTIFS / BILAN ENERGETIQUE

8.1.3 - Estimation du trafic futur sur A9

Etant donnée le caractère « longue distance » des trafics concernés par le projet, c'est l'autoroute A9 qui constitue le principal axe routier en concurrence. L'évaluation des trafics sur l'autoroute A9 a été menée selon les recommandations de la circulaire du 20 octobre 1998 relative aux méthodes d'évaluation économique des investissements routiers en rase campagne. Les préconisations de cette circulaire conduisent aux hypothèses suivantes pour l'autoroute A9 :

- un taux d'accroissement annuel de 3 % pour les véhicules légers jusqu'en 2015 (les trafics se répartissent pour moitié en trafics locaux et pour moitié en trafics interrégionaux), puis 1,5 % entre 2015 et 2030,
- un taux d'accroissement annuel de 4 % pour les poids-lourds jusqu'en 2015 (les trafics se répartissent pour un tiers en trafic national et pour deux tiers en transit international), puis 2 % entre 2015 et 2030.

On obtient donc les chiffres suivants entre Nîmes et Montpellier (au droit de la gare de péage de Lunel) :

Trafics actuels et estimation des trafics futurs sur A9

	TMJA 2000 en véh/jour	TMJA 2030 en véh/jour
Poids lourds	13 444	32 590
Véhicules légers	51 671	100 650
Total VL + PL	65 115	133 230

8.1.4 - Evaluation des variations de trafics routiers

Le report de la route vers le rail des trafics voyageurs et fret, engendré par la réalisation du contournement de

Variations de trafic routier en 2020

TRAFIC VOYAGEURS		trafic total (millions de véhicules x km)	trafic en France (millions de véhicules x km)	type de véhicule
INTERNATIONAL	trajet route	- 1,9	- 1,6	véhicule léger
	parcours terminaux	- 0,1	- 0,1	autocar
NATIONAL	trajet route	0,2	0,1	véhicule léger
	parcours terminaux	- 3,1	- 3,1	véhicule léger
REGIONAL	trajet route	- 0,8	- 0,8	véhicule léger
	parcours terminaux	- 7,4	- 7,4	véhicule léger
		0,9	0,9	

FRET		trafic total (millions de véhicules x km)	trafic en France (millions de véhicules x km)	type de véhicule
TRANSIT	trajet route	- 475,9	- 372,6	poids lourd
	parcours terminaux	20,7	-	
BILATERAL	trajet route	- 90,6	- 77,1	poids lourd
	parcours terminaux	6,0	3,0	
NATIONAL	trajet route	- 44,5	- 44,5	poids lourd
	parcours terminaux	7,2	7,2	

Nîmes et Montpellier, concernera non seulement l'autoroute A9, mais aussi plus largement l'ensemble du réseau routier national et international. Le report de l'aérien vers le rail intéresse essentiellement les voyages entre la région parisienne et le Languedoc-Roussillon, ainsi que la Catalogne. Le tableau ci-dessus résume les variations annuelles de trafic de la route vers le rail, 10 ans après la mise en service du projet.

Les valeurs données prennent en compte les parcours réalisés entre le domicile (voyageurs) ou le lieu de production (marchandises) d'une part et la gare ou l'aéroport d'autre part.

Ces **parcours terminaux** ont fait l'objet de différentes hypothèses relatives à la distance (gare ou aéroport), au nombre de parcours (2 parcours pour le trafic d'échange national, 1 parcours pour le trafic d'échange binational, aucun parcours terminal en France pour le trafic de transit international).

La prise en compte du parcours terminal est un élément indispensable du calcul. Il importe en effet de s'assurer que les éventuels bénéfices tirés de reports de trafic routier sur le transport ferroviaire ne sont pas compensés par des coûts supplémentaires résultant de l'acheminement de passagers ou de marchandises jusqu'aux gares, ce parcours terminal s'effectuant en grande partie en milieu urbain où les nuisances sont plus fortes.

Pour les voyageurs, ce sont ainsi près de 11 millions de véhicules x km qui seront économisés sur les routes en 2020, grâce à la mise en service du projet.

Pour les marchandises, cette économie annuelle se montera à plus de 480 millions de poids lourds x km à cet horizon.

8. COUTS COLLECTIFS / BILAN ENERGETIQUE

8.1.5 - Pollution de l'air

La pollution de l'air porte atteinte à la santé, détériore le cadre de vie et, de manière générale, l'environnement. Les rejets incriminés dans la pollution atmosphérique liée aux transports sont principalement le dioxyde de soufre (SO₂) et les oxydes d'azote (NO_x). Les études sur la pollution atmosphérique distinguent principalement les effets sur la santé, l'impact sur les bâtiments et les atteintes à la végétation.

8.1.5.1 - Les barèmes unitaires

Le principe de calcul présenté dans l'instruction cadre se base sur l'évaluation du coût de la pollution pour la santé, les dégâts matériels et la végétation, ainsi que sur l'estimation des coûts d'évitement par une analyse de l'ensemble des moyens de réduction des émissions de polluants.

Dans l'instruction cadre, une distinction est faite entre les rejets des transports en milieu urbain et en rase campagne. Les valeurs suivantes sont ainsi proposées (en 2000) :

En centimes € 2000 par tonne ou voyageur x km

Mode	urbain	rase campagne
Voiture	1,2	0,6
Car	0,1	0,1
Poids lourd	1,2	0,9
Train diesel ⁽¹⁾	0,1	0,1

⁽¹⁾ sur ce projet, l'utilisation de trains diesel est très faible. La traction électrique n'entraîne pratiquement pas de pollution atmosphérique.

L'hypothèse d'une division par deux en 15 ans des émissions polluantes, soit une réduction annuelle de 4,5 % a été prise. Parallèlement à cette évolution « physique » de la nuisance, une hypothèse d'évolution de sa « perception » au rythme annuel de l'évolution de la CFM par habitant de + 1 % a été formulée (CFM : Consommation Finale des Ménages).

8.1.5.2 - Les gains liés au projet en matière de réduction de la pollution de l'air

Le tableau suivant présente les **gains annuels**, en termes de pollution atmosphérique, générés par la réalisation du projet à la première année complète d'exploitation, ainsi qu'à la dixième et vingtième année suivant la mise en service du projet.

	Première année complète d'exploitation	Dixième année	Vingtième année
Gains	17 M€	71 M€	96 M€

Sur les **20 premières années d'exploitation**, le projet permettra **une réduction des coûts collectifs liés à la pollution de l'air de 520 millions d'Euros** actualisés à 8% en 2010 (conditions économiques 2002).

Dans les mêmes conditions économiques, le test de sensibilité réalisé sur la base du rapport Boiteux II donne une valeur de 6 millions d'Euros (le rapport considère comme négligeable la pollution atmosphérique en rase campagne).

NB : pour des informations détaillées sur la notion d'actualisation, on se reportera au chapitre 7 du dossier d'évaluation économique et sociale.

8.1.6 - Effet de serre

Le secteur des transports constitue le principal facteur de croissance des émissions de gaz à effet de serre dont le principal est le dioxyde de carbone (CO₂). Il pose un problème préoccupant, compte tenu de l'engagement de la France, repris dans le PLNCC (programme français de lutte contre le changement de climat), de stabiliser d'ici 2010 ses émissions de CO₂ au niveau de 1990.

On peut rappeler que les engagements pris lors de la conférence mondiale de Kyoto, pour la période 2008 - 2012, reposent sur une approche quantitative qui définit les plafonds d'émissions de gaz à effet de serre que chaque pays ou groupe de pays devra respecter. On peut également penser que d'autres objectifs de réduction seront vraisemblablement fixés à plus long terme.

8.1.6.1 - Les barèmes unitaires

L'instruction cadre fixe une valeur de la tonne de carbone en 1994. Celle-ci correspond à environ 115 € aux conditions économiques de l'année 2000. L'hypothèse d'évolution de cette valeur correspond au rythme annuel de l'évolution de la CFM par habitant de + 1 %.

8.1.6.2 - Les gains liés au projet en matière de réduction des gaz à effet de serre

Le calcul de la consommation énergétique et donc de la quantité de carbone émise a fait l'objet d'une estimation sur le plan local (autoroute A9).

Ces évaluations ont été réalisées à l'aide du logiciel « Impact » de l'ADEME qui permet de quantifier le carburant consommé et les polluants émis (CO, CO₂, NO_x, COV et particules) par un flux de véhicules sur une infrastructure donnée à un horizon choisi. Ce logiciel se fonde sur la méthodologie du programme COPERT II développé pour le compte de l'Agence Européenne de l'Environnement et adapté au contexte français sur la base des travaux menés par l'INRETS.

ADEME :
Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie.

CO :
Monoxyde de carbone.

CO₂ :
Dioxyde de carbone.

COV :
Composés organiques volatiles.

NO_x :
Oxydes d'azote.

INRETS :
Institut National de Recherche sur les Transports et leur Sécurité.

8. COÛTS COLLECTIFS / BILAN ENERGETIQUE

Les résultats des calculs figurent dans le tableau suivant, pour la vingtième année d'exploitation du projet :

Quantité journalière sur l'A9 en Languedoc-Roussillon	Emission de carbone sur l'A9 sans le projet	Gain journalier lié au projet (A9)
Carbone (tonnes)	1 247	- 46

La réalisation du projet générera ainsi une diminution d'environ 3,6% du rejet journalier de carbone à l'échelle locale (autoroute A9).

Le tableau suivant présente les **gains annuels** collectifs générés par la réalisation du projet à la première année complète d'exploitation, ainsi qu'à la dixième et vingtième année suivant la mise en service du projet.

	Première année complète d'exploitation	Dixième année	Vingtième année
Gains	9 M€	36 M€	49 M€

Sur les **20 premières années d'exploitation**, le projet permettra **une réduction des coûts collectifs liés à la l'effet de serre de 266 millions d'Euros** actualisés à 8% en 2010 (conditions économiques 2002).

Dans les mêmes conditions économiques, le test de sensibilité réalisé sur la base du rapport Boiteux II donne une valeur de 143 millions d'Euros.

8.1.7 - Congestion

Le coût de la congestion s'appuie sur la monétarisation des pertes de temps et de services liées à la non fluidité du trafic. En effet, les véhicules supplémentaires qui viennent s'ajouter à un trafic déjà dense, en particulier en trafic routier, provoquent des encombrements du trafic et donc des gaspillages considérables pour l'ensemble des

utilisateurs. En cas de congestion, c'est l'ensemble du système de transport qui devient inefficace.

8.1.7.1 - Les barèmes unitaires

Les principales valeurs pour l'année 2000 sont reprises dans le tableau ci-dessous.

En € 2000 par véhicule x km

Mode	coût
Voiture	0,14
Poids lourd	0,21

L'hypothèse d'évolution de ce barème correspond au rythme annuel de l'évolution de la CFM par habitant.

8.1.7.2 - Les gains liés au projet en termes de congestion

Le tableau suivant présente les **gains annuels**, en termes de congestion, générés par la réalisation du projet à la première année complète d'exploitation, ainsi qu'à la dixième et vingtième année suivant la mise en service du projet.

	Première année complète d'exploitation	Dixième année	Vingtième année
Gains	36 M€	140 M€	174 M€

Sur les **20 premières années d'exploitation**, le projet permettra **une réduction des coûts collectifs liés à la congestion de 1032 millions d'Euros** actualisés à 8% en 2010 (conditions économiques 2002).

Aucun test de sensibilité n'a été réalisé sur la base du rapport Boiteux II, qui ne propose pas de nouvelles valeurs unitaires en l'absence de connaissances et de mesures précises.

8.1.8 - Insécurité

Dans le secteur des transports, les accidents sont responsables de nombreuses conséquences négatives directes pour la collectivité : perte nette de production, coûts de remplacement puis de réintégration au travail, coûts des soins médicaux, coûts administratifs liés aux opérations de justice, de police et d'assurance ...

Ils génèrent également des effets très lourds en termes de souffrances physiques et morales pour les victimes et pour leurs proches.

8.1.8.1 - Les barèmes unitaires

Si l'importance de ces effets est primordiale, leur valorisation est cependant difficile. Elle s'appuie sur plusieurs éléments tels que les indemnités versées par les compagnies d'assurance, l'estimation des pertes pour la société du fait du décès ou des blessures d'une personne...

Les barèmes de l'instruction cadre en vigueur traduisent le haut niveau de sécurité du transport ferroviaire. Ainsi, une étude des accidents de transport en France sur une période de 15 ans (1981-1995) permet de constater une dangerosité du mode ferroviaire environ 75 fois inférieure à celle du mode routier.

8.1.8.2 - Les gains liés au projet en termes d'insécurité

Le tableau en page suivante présente les **gains annuels**, en termes d'insécurité, générés par la réalisation du projet à la première année complète d'exploitation, ainsi qu'à la dixième et vingtième année suivant la mise en service du projet.

8. COÛTS COLLECTIFS / BILAN ENERGETIQUE

	Première année complète d'exploitation	Dixième année	Vingtième année
Gains	3 M€	11 M€	14 M€

Sur les **20 premières années d'exploitation**, le projet permettra **une réduction des coûts collectifs liés à l'insécurité de 81 millions d'Euros** actualisés à 8% en 2010 (conditions économiques 2002).

Dans les mêmes conditions économiques, le test de sensibilité réalisé sur la base du rapport Boiteux II donne une valeur de 103 millions d'Euros.

8.1.9 - Nuisances sonores

Le bruit des transports est une des nuisances les plus directement et intensément ressenties par les populations riveraines.

Son importance apparaît de plus en plus grande en raison, d'une part de la croissance continue des trafics de voyageurs et de marchandises et, d'autre part, du renforcement de la sensibilité au bruit.

La principale unité permettant d'apprécier les nuisances sonores est le décibel acoustique dB(A) qui caractérise le niveau de pression acoustique en respectant, autant que faire se peut, la sensation effective de l'oreille humaine.

De même, on utilise une échelle logarithmique qui a l'avantage de mieux correspondre à la variation de la sensation de l'oreille humaine.

L'indice acoustique utilisé pour mesurer la gêne occasionnée par les transports terrestres est le L_{Aeq} . La réglementation française retient un indicateur diurne, le L_{Aeq} (6h-22h), et un indicateur nocturne, le L_{Aeq} (22h-6h).

8.1.9.1 - Les barèmes unitaires

L'évaluation des coûts liés aux nuisances sonores repose essentiellement, d'après l'instruction cadre, sur une estimation globale du coût du bruit au niveau national (estimé à 0,3 % du PIB), rapportée à un dénombrement approximatif des personnes gênées. Elle respecte le principe que la gêne croît avec le niveau de bruit.

La formule préconisée est ainsi la suivante, en francs 1994 :

$$\text{Coût annuel} = 963 \times [0,75 \times N_{65} + 0,20 \times N_{60} + 0,05 \times N_{55}]$$

- N_{65} est le nombre de personnes soumises à plus de 65 dB(A),
- N_{60} est le nombre de personnes soumises à plus de 60 dB(A) et moins de 65 dB(A),
- N_{55} est le nombre de personnes soumises à plus de 55 dB(A) et moins de 60 dB(A).

L'application de cette méthode se heurte cependant au problème du décompte des personnes exposées et gênées si l'on considère que le projet ferroviaire de contournement de Nîmes et Montpellier, long de quelques dizaines de kilomètres, entraînera une modification des circulations ferroviaires et routières sur plusieurs centaines de kilomètres.

Par exemple, la distance moyenne de détournement sur le fer de poids lourd en transit international est de plus de 1000 kilomètres sur le territoire français. Pour ces origines et destinations internationales, les itinéraires intéressent une grande partie du réseau routier et autoroutier de notre pays. On mesure alors la difficulté de réalisation d'un dénombrement relativement précis.

Le parti a été pris d'évaluer l'impact acoustique négatif de la seule ligne nouvelle. Ainsi, l'impact négatif lié à la circulation des nouveaux trains sur le reste du réseau ferroviaire national n'a pas été évalué. En revanche, on n'a pas tenu compte de l'impact positif important généré par le report sur le rail de circulations routières. Ainsi le résultat

présenté sera négatif alors même que l'impact global devrait être positif.

8.1.9.2 - Résultat des calculs des coûts collectifs liés aux nuisances sonores

Sur les **20 premières années d'exploitation**, le calcul réalisé selon l'instruction cadre montre **un coût collectif lié aux nuisances sonores sur le périmètre de la ligne nouvelle inférieur à 1 million d'Euros** actualisés à 8% en 2010 (conditions économiques 2002).

Sur le même périmètre, un calcul du coût collectif lié aux nuisances sonores a été réalisé sur la base des préconisations du rapport du Commissariat Général du Plan de juin 2001 intitulé « Transports : choix des investissements et coût des nuisances » (Boiteux II). Dans ce document, la valorisation de la nuisance sonore est définie par la dépréciation des prix moyens de location mensuelle par mètre carré de surface, publiés par l'INSEE et exposée à des niveaux de bruit dépassant un seuil (55, 60, 65, 70 et 75 dB(A)).

L'application de cette méthode se heurte cette fois-ci au problème du décompte des surfaces exposées. Par souci de comparaison avec le précédent calcul, le même périmètre a donc été retenu. Sur les 20 premières années d'exploitation, le calcul ainsi réalisé montre un coût collectif lié aux nuisances sonores sur le périmètre de la ligne nouvelle de l'ordre de 8 millions d'Euros actualisés à 8% en 2010 (conditions économiques 2002).

Ces montants restent faibles et traduisent l'application par le Maître d'Ouvrage de la législation en vigueur (loi du 31 décembre 1992 relative à la lutte contre le bruit et ses textes d'application) avec, notamment, la mise en place de dispositifs de protection acoustique (75 M€, voir chapitre 6.4 - estimation du coût des mesures).

PIB :
Produit Intérieur Brut.

8. COÛTS COLLECTIFS / BILAN ENERGETIQUE

8.1.10 - Autres coûts collectifs

Concernant les aspects plus qualitatifs des coûts collectifs sur l'environnement, on se reportera au chapitre 6 de l'étude d'impact qui fournit des indications sur :

- les surfaces consommées par le projet, en fonction de l'utilisation du sol,
- les effets de coupure du territoire,
- l'impact sur le cadre de vie et le paysage.

8.2 - Le bilan énergétique

8.2.1 - Introduction

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

Les chiffres liés à la consommation du secteur des transports par rapport à la consommation nationale ont évolué de la manière suivante :

Consommation	1973	1980	2002
Millions de TEP	26,3	32,1	50,9
% de la consommation totale	20 %	24 %	31%

Source : Ministère de l'Economie, des Finances et de l'Industrie

La part des transports dans la consommation énergétique de la France est donc très importante et ne cesse d'augmenter depuis 30 ans.

Le secteur des transports représente désormais environ 45 % de la facture pétrolière de la France, cette dernière se

répercutant directement sur la balance commerciale de notre pays.

La répartition par mode de transport montre le poids de certains modes (notamment le mode routier) sur la consommation énergétique en France en 1990 :

en Mtep	1990
Transports ferroviaires de voyageurs (SNCF)	1,14
Transports ferroviaires de marchandises (SNCF)	0,56
Transports routiers de marchandises (PL)	8,06
Transports routiers de marchandises (VUL)	5,58
Transports urbains de voyageurs	0,43
Transports routiers de voyageurs	0,53
Navigation intérieure	0,07
Transport maritime	2,47
Transport aérien	3,95
Transports individuels (VP)	20,95
Transports individuels (deux roues)	0,54
Oléoducs	0,09
TOTAL	44,37

Source : Rapport du club "Énergie, prospective et débats", Commissariat général du plan, 2001

Le schéma de services collectifs de l'énergie (SSCE) a été adopté par le décret n° 2002-560 du 18 avril 2002.

Pour diminuer la consommation énergétique du secteur des transports, le SSCE propose notamment le développement multimodal des transports interurbains, une politique de forte évolution de la croissance du trafic ferroviaire de fret dans le cadre d'un réseau trans-européen, la valorisation et le développement du trafic fluvial et du cabotage maritime, le développement des services ferroviaires rapides (TGV et lignes existantes améliorées, etc.).

Les projets ferroviaires en général, et le contournement de Nîmes et Montpellier en particulier, contribuent à réduire la consommation d'énergie pétrolière, essentiellement par report du trafic de la route et de l'aérien vers le rail et de fait à réduire d'autant la part des importations pétrolières. En effet, la ligne nouvelle de contournement de Nîmes et

Montpellier sera alimentée par l'énergie électrique produite en France.

Le bilan énergétique du projet 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.

8.2.2 - Méthodologie du bilan énergétique

En session du 14 février 2002, le Conseil d'Orientation de l'Observatoire de l'Énergie a résolu d'adopter 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 grammes d'équivalent pétrole (gep), détaillée en fonction de l'origine de l'énergie électrique.

Cette unité de référence 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 équivalent pétrole.

Cette méthode correspond aux orientations de diversification des sources électriques actuelles et futures, prévues par le Schéma de Services Collectifs de l'Énergie.

TEP :

Tonne Equivalent Pétrole.

8. COUTS COLLECTIFS / BILAN ENERGETIQUE

• La situation actuelle

A partir du coefficient d'équivalence à l'utilisation énergétique défini précédemment (coefficient EUROSTAT), on obtient les consommations d'énergie unitaires 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/tkm**)	
TGV	Rapides et Express	TER	Automobile particulière	Bus	Avion	Fret ferroviaire (train complet)	Poids lourds
5	7	9	30	18	51	4	23

* gramme équivalent pétrole / voyageur.km

** gramme équivalent pétrole / tonnes.km

En simplifiant, on peut considérer qu'un gramme équivalent pétrole correspond à « 1 unité énergétique ». Ainsi, le transport d'un voyageur par TGV, sur 1 km, nécessiterait 5 « unités énergétiques », tandis qu'il demande 30 « unités énergétiques » si ce même voyageur utilise son automobile sur la même distance de 1 km.

De la même façon, le transport d'une tonne de marchandise par fret ferroviaire sur 1 km nécessite 4 « unités énergétiques », alors qu'il en demande 23 en cas de transport par route (poids-lourds).

Ce tableau fait nettement ressortir le fait que, sur le plan énergétique, le mode de transport ferroviaire est 3 à 5 fois plus économique que le transport automobile, 10 fois plus économique que l'avion, et 6 fois plus économique que le transport routier de marchandises.

• L'évolution future

A titre de comparaison, le bilan énergétique a été effectué à la première année complète d'exploitation de la ligne

nouvelle, ainsi qu'à la dixième et vingtième année suivant la mise en service.

Pour les véhicules routiers (véhicules légers et poids lourds), le logiciel IMPACT de l'ADEME permet d'évaluer notamment la consommation énergétique par véhicules unitaires jusqu'en 2020. Ce logiciel est issu du programme COPERT II de l'INRETS qui prend en compte l'évolution du parc automobile français.

Concernant l'évolution de la consommation énergétique des trains, les principales données disponibles concernent les TGV. Cependant, la mixité prévue du trafic sur le contournement de Nîmes et Montpellier, notamment avec les trains de fret (à 100 et 120 km/h), limitera les possibilités d'augmentation de la vitesse d'exploitation des TGV.

Concernant les autres types de trains, TER, marchandises etc, il n'y a pas de données disponibles. Cependant il est probable que le parc de matériel roulant de trains de marchandises sera modernisé à moyen terme et qu'il sera donc probablement moins consommateur d'énergie (amélioration de l'aérodynamisme, de la motorisation, etc...). En l'absence de données d'évolution pour ces matériels roulants, ce sont les données actuelles, probablement défavorables en termes de consommation d'énergie, qui ont été prises en compte.

8.2.3 - Résultats du bilan énergétique

Les prévisions de trafics ferroviaires issues de l'évaluation socio-économique, croisées avec les données du tableau précédent, permettent d'évaluer l'augmentation de la consommation énergétique liée aux trains supplémentaires circulant entre Nîmes et Montpellier.

A partir des reports de trafics présentés au chapitre 8.1.2, et de l'évaluation de la consommation d'énergie des

différents modes de transport, les économies de consommation énergétique sont calculées, pour les reports sur le rail :

- de voyageurs provenant de l'aérien ou de la route,
- de marchandises provenant de la route.

A titre d'exemple, on estime que le projet permettra de réduire le trafic aérien d'environ un vol par jour sur une ligne intérieure entre la région parisienne et le Languedoc-Roussillon (ex : Montpellier/Paris). Les variations de consommation d'énergie liées aux parcours terminaux sont intégrées au calcul. Il s'agit d'économies pour les parcours terminaux évités (vers les aéroports) ou d'augmentation de consommation pour les parcours générés par le report sur le rail (vers les gares).

Le bilan est le suivant :

Type de trafic ferroviaire	Economies énergétiques annuelles en TEP		
	Première année complète d'exploitation	Dixième année	Vingtième année
GL	1 743	2 767	3 399
TER	125	149	178
Fret	38 532	132 696	133 266
Total	40 400	135 612	136 843

Ces chiffres prennent en compte les trajets terminaux.

Cette économie d'énergie croît fortement entre la première et la dixième année d'exploitation. Ensuite, la saturation de la section Montpellier – Narbonne empêche l'augmentation du report du trafic routier vers le rail et stabilise les économies annuelles.

Le projet permet donc une économie importante d'énergie. Sur la base d'une consommation énergétique annuelle moyenne de 4,1 Tep par habitant (source ADEME), cette économie représente vers 2020 **les besoins annuels d'une ville de plus de 30 000 habitants.**

9. ANALYSE DES METHODES

Chapitre 9 – ANALYSE DES METHODES ET DES DIFFICULTES RENCONTREES DANS L'ANALYSE DES IMPACTS

9. ANALYSE DES METHODES

9.1 - Cadre méthodologique général

Le projet présenté à l'enquête publique est le résultat d'une succession d'études techniques et de phases de concertation permettant d'affiner progressivement la consistance et les caractéristiques générales de l'opération.

A chacune des phases et avec une précision croissante, les études d'environnement comportent :

- l'établissement d'un état initial,
- l'identification et l'évaluation des effets des différents partis ou variantes envisagés,
- la comparaison de ces partis ou variantes sur le plan de l'environnement,
- la définition des mesures d'insertion à envisager.

L'établissement des états initiaux successifs est effectué par recueil des données disponibles auprès des différents détenteurs d'informations, complété par des analyses documentaires et des investigations de terrain.

Les réflexions antérieures, menées notamment dans le cadre de la LGV Languedoc Roussillon et de la LGV Méditerranée permettent d'avoir une nouvelle vision à quelques années d'intervalle.

L'identification et l'évaluation des effets, tant positifs que négatifs, sont effectués chaque fois que possible par des méthodes officielles ou éprouvées.

L'évaluation est effectuée thème par thème, elle est quantitative chaque fois que possible, compte tenu de l'état des connaissances ou qualitative. Les mesures d'insertion sont définies par référence à des textes réglementaires, en

fonction de l'état de l'art ou des résultats de la concertation.

Parmi les difficultés rencontrées, apparaissent généralement l'hétérogénéité des données existantes (techniques ou réglementaires), l'état partiel des connaissances scientifiques ou techniques, l'adaptation des méthodes d'investigations ou encore l'accès impossible à certaines informations.

9.2 - Méthodologie

9.2.1 - Evaluation de l'impact sur le milieu physique

9.2.1.1 - Evaluation de l'impact hydraulique

• Recueil de données

Une étude hydrologique générale a été réalisée sur l'ensemble du territoire correspondant au contournement de Nîmes et Montpellier (études du TGV Méditerranée et du TGV Languedoc Roussillon ; étude APS / mai 2001).

Deux études spécifiques réalisées par SOGREAH dans le cadre du projet portent sur le Vidourle. La première, intitulée « Identification de la crue de septembre 2002 » a été réalisée en 2002. La seconde est en cours. Elle porte sur le franchissement par le contournement de Nîmes et Montpellier, de la plaine du cours d'eau.

Par ailleurs, certaines études hydrauliques, menées pour des projets spécifiques ou sur la totalité de leur bassin versant, ont fait l'objet de validation par les services de l'Etat, devenant de fait des documents de référence

auxquels il est nécessaire de se reporter. Ces études sont synthétisées dans le chapitre 6.1.1.

• Hypothèses de calculs

Les écoulements sont divisés en deux grandes catégories :

- Les cours d'eau jaugés : les débits de pointe de crue sont estimés à partir d'une analyse statistique des débits connus,
- Les cours d'eau non jaugés ou les écoulements non pérennes : les débits sont estimés à partir des caractéristiques de leurs bassins versants et des pluies. Trois formules différentes sont utilisées :
 - la formule de CRUPEDIX pour les bassins versants de superficie supérieure à 10 km². Cette méthode, mise au point par le Ministère de l'Agriculture, se base sur les précipitations et la perméabilité de surface ;
 - la formule dite « des Experts » établie dans le cadre de l'étude du TGV Méditerranée. Elle est basée sur celle de MONTANA et est utilisée pour les petits bassins versants de superficie inférieure à 10 km², voire 20 km² ;
 - la formule de Bressan-Golossof, pour les bassins versants de superficie inférieure à 20 km² soumis à des régimes torrentiels. Cette formule a été mise au point par la DDE du Gard et a fait l'objet d'une communication technique en Novembre 1996. Son application est préconisée par la DISE du Gard (Délégation Inter-Services de l'Eau) et restreinte aujourd'hui à ce seul département.

9. ANALYSE DES METHODES

• **Modélisation des écoulements**

Les données recueillies permettent de caractériser le mode d'écoulement propre au cours d'eau et la modélisation qu'il convient d'adopter, mathématique ou physique :

- modèle mathématique unidimensionnel : l'écoulement s'effectue selon l'écoulement longitudinal et le niveau dans le profil en travers est constant ;
- modèle mathématique bidimensionnel : il existe une composante transversale de l'écoulement (en plus de la composante longitudinale). De ce fait, des différences de niveaux se manifestent dans un même profil en travers ;
- modèle physique : il s'agit de reproduire, sur une maquette à l'échelle adaptée, la zone de l'étude et ses caractéristiques.

Dans la majorité des cas, le modèle mathématique unidimensionnel, en régime permanent graduellement varié, est suffisant pour modéliser les écoulements. Un modèle physique sur le Vidourle a cependant été réalisé dans le cadre des études du TGV Méditerranée.

• **Evaluation de l'impact hydraulique et difficultés rencontrées**

Deux approches ont été menées pour définir les impacts du projet sur les écoulements superficiels. Pour les grands bassins versants (supérieurs à 20 km²), l'analyse des impacts s'est basée sur les préconisations des études antérieures (TGV Méditerranée, TGV Languedoc Roussillon, études hydrauliques spécifiques réalisées depuis).

Pour les petits bassins versants (inférieurs à 20 km²), bien que des études spécifiques aient été réalisées, des compléments seront à formuler dans certains secteurs, principalement pour les petits et très petits bassins versants (inférieurs à 10 km²).

Une analyse précise des impacts sera réalisée dans le cadre des études d'Avant-Projet Détaillé, correspondant à un niveau d'investigations techniques très fin. Les impacts du projet seront donc complétés et affinés au cours des études ultérieures au titre de la Loi sur l'Eau (Dossier d'Autorisation de Police des Eaux).

9.2.1.2 - Evaluation de l'impact sur les eaux souterraines

• **Recueil de données**

Une première étude hydrogéologique générale a été confiée à BURGEAP en 2000. Cette étude a permis d'identifier les enjeux d'usage concernés par le projet ainsi que les caractéristiques des aquifères traversés.

La méthodologie de recueil de données mise en œuvre par BURGEAP a consisté dans un premier temps à recenser les captages collectifs et privés d'alimentation en eau dans une bande d'étude de 500 m de part et d'autre du projet.

L'inventaire des captages publics a été effectué à partir de la base de données des DDASS. Les captages (ou leur périmètre de protection) situés à moins de 500 m du projet ont donc fait l'objet d'une étude approfondie, afin de déterminer le risque d'impact du projet.

Concernant les captages privés, une enquête de terrain a été effectuée par BURGEAP ; cependant, compte-tenu des difficultés de ce genre d'inventaire (absence des propriétaires, difficultés d'accès...) à ce stade d'étude, cet inventaire ne saurait être exhaustif mais permet de situer les enjeux, notamment en terme d'importance de l'utilisation de la ressource (eau potable, irrigation).

Concernant les aquifères (nappes souterraines), la détermination de la vulnérabilité au droit du projet de contournement de Nîmes et Montpellier s'est inspirée de la démarche d'évaluation simplifiée des risques (ESR) du

Ministère de l'Environnement. Cette méthode est largement utilisée pour le diagnostic des établissements classés.

Le risque d'impact est ainsi évalué suivant :

- la définition d'une source de pollution possible (risque de pollution accidentelle liée au trafic fret),
- des modalités de transfert vers la nappe (épaisseur des terrains superficiels, profondeur de la nappe, vitesse d'écoulement ou la nature de la nappe),
- la cible principale notamment les captages d'alimentation en eau souterraine (utilisation, position géographique vis à vis du projet et des sens d'écoulement des eaux souterraines).

Les différentes investigations de terrain (sondages, piézomètres, essais...) ont permis de hiérarchiser la vulnérabilité au risque de pollution, et de mettre en avant des secteurs sensibles nécessitant des investigations complémentaires.

Ces secteurs, au nombre de 7 (Rive droite du Lez, Méjanelle, Saint-Brès/Valergues, calcaires des Garrigues, Vistrenque, Manduel et enfin Bezouce), ont fait l'objet d'une étude complémentaire réalisée en octobre 2002, par HYDROEXPERT.

Pour chacun des secteurs, l'objectif était :

- de préciser l'impact qualitatif et quantitatif du projet,
- de proposer des mesures pour prévenir, corriger et compenser les impacts du projet, tant en phase travaux qu'en phase d'exploitation.

La méthodologie utilisée se décompose en trois volets :

Le premier a permis de définir l'état initial du secteur, en s'appuyant sur une analyse bibliographique détaillée complétée par les résultats de travaux de terrain engagés dans le cadre de l'étude : sondages et forages de reconnaissance, pompages d'essai, suivis piézométriques et recensement des captages existants.

9. ANALYSE DES METHODES

Le deuxième volet a consisté en une analyse de l'état projet, afin de préciser les impacts de celui-ci, en termes d'hydraulique et de qualité sur les nappes souterraines, et par extension, sur les captages et puits privés destinés à l'AEP. Les méthodes utilisées ont varié en fonction des enjeux de chaque secteur (modélisation mathématique, application de méthodes de calcul particulières...).

Le troisième volet propose un ensemble de mesures préventives, correctrices et compensatoires jugées les plus pertinentes au regard des risques d'impact mis en évidence durant la phase précédente (volet 2).

- **Evaluation des impacts et difficultés rencontrées**

L'évaluation des impacts de la ligne découle de plusieurs expertises hydrogéologiques associées à l'expérience de chantier, et des observations faites sur des lignes existantes.

En matière de pollution saisonnière et de risque de pollution accidentelle, les données et statistiques proviennent de l'exploitant SNCF et de la Direction des Transports Terrestres.

Le risque et les conditions de propagation d'une pollution ont été appréciés, en prenant en compte les paramètres hydrodynamiques de la nappe et au moyen de modèles mathématiques ou de méthodes usuelles.

Les modèles hydrodynamiques ont été réalisés au moyen du logiciel TALISMAN développé par Hydroexpert avec le concours du Laboratoire d'Analyse Numérique de l'Université de Paris XI (Orsay).

L'utilisation de modèles mathématiques, et notamment les étapes de conceptualisation, construction et de calage du modèle sont délicates. En effet la construction du modèle implique des choix et des hypothèses (paramètres

géologiques, hydrogéologiques, hydrodynamiques...) qui conditionnent l'adéquation du modèle avec la réalité.

Deux types de méthodes usuelles ont également été utilisées pour l'évaluation des temps de transferts d'une éventuelle pollution. Il s'agit :

- de la méthode de Hofmann et Lillich qui est une méthode simple qui nécessite peu de données (porosité efficace, perméabilité et caractéristiques du puits). Elle ne s'applique que si le milieu est homogène et si le rabattement au niveau du captage reste faible par rapport à l'épaisseur de l'aquifère ;
- de la méthode de Wyssling qui consiste à calculer dans un premier temps la zone d'appel du captage puis à rechercher la distance correspondant au temps de transfert souhaité dans la direction de l'écoulement.

Les impacts quantitatifs ont été évalués à partir de modèles mathématiques ou à partir de la comparaison entre le profil en long du projet et le niveau piézométrique des nappes.

9.2.1.3 - Evaluation de l'impact sur la qualité des eaux superficielles

Une étude de la qualité des cours d'eau a été effectuée par AQUASCOP. Cette étude a consisté en :

- un recueil des données existantes (DIREN, Agence de l'eau, Banque HYDRO...),
- l'expertise de terrain de 23 cours d'eau,
- la réalisation de 8 points de prélèvements IBGN (Indice Biotique Global Normalisé) pour certains cours d'eau.

Ces résultats ont permis, par application d'une grille multicritère mise au point par SCETAUROUTE, basée sur la qualité des milieux physiques, biologiques, physico-chimiques (inspiré du Système d'évaluation de la Qualité des Agences de l'Eau), de déterminer la sensibilité aux

principaux facteurs d'impacts de la ligne : pollution accidentelle et saisonnière, impacts travaux, effets de coupure pour la faune piscicole.

D'après ces investigations, l'impact sur les eaux superficielles et les milieux récepteurs a été apprécié par AQUASCOP, ainsi qu'en comparant les résultats des observations *in situ* avec des projets similaires.

9.2.1.4 - Evaluation de l'impact sur le climat

Les données climatiques du secteur d'étude sont bien connues, grâce aux stations Météo France de Montpellier Fréjorgues et de Nîmes Garons situées à proximité immédiate du projet.

On ne dispose pas aujourd'hui d'outil prévisionnel sur le climat qui permettrait de quantifier a priori l'impact. De plus, les études sur le sujet sont quasiment inexistantes, en dehors de quelques expériences ponctuelles menées.

L'approche de cet impact est donc qualitative et s'appuie essentiellement sur les observatoires et bilans environnementaux effectués sur des infrastructures comparables, ainsi que sur la bibliographie concernant l'impact du bocage sur les microclimats, et les guides concernant l'habitat « bioclimatique ».

9.2.2 - Evaluation de l'impact sur le milieu naturel

- **Recueil de données**

Les données concernant le milieu naturel proviennent de la Direction Régionale de l'Environnement (inventaires ZNIEFF) et d'études spécifiques pour les secteurs sensibles par rapport au projet.

9. ANALYSE DES METHODES

Les études spécifiques, réalisées par des experts naturalistes ou des associations, avaient pour objet de caractériser l'intérêt des habitats pour la faune et la flore, en recherchant les espèces d'intérêt patrimonial (espèces protégées, rares et/ou menacées).

Des études bibliographiques ont permis d'orienter les expertises de terrain qui ont été réalisées en saison favorable aux inventaires biologiques (mai à septembre).

Les milieux naturels ont fait l'objet d'une hiérarchisation de leur degré de sensibilité, en fonction d'une part des mesures de protection dont ils font l'objet, de leur classement en zone d'inventaire, et enfin de leur intérêt scientifique lorsqu'ils ne sont pas recensés.

- **Evaluation des impacts et difficultés rencontrées**

Les impacts reposent sur les expertises de terrain qui ont été réalisées par les experts locaux :

- l'Office National des Forêts qui a défini les impacts du projet sur les milieux forestiers (usages, grande faune, chasse et défense forestière contre les incendies),
- l'Office National de la Chasse et de la Faune Sauvage qui a réalisé un diagnostic de la situation du Castor sur le Vidourle (pour le compte du bureau d'études Biotope),
- le bureau d'études Biotope qui a réalisé des expertises de terrain sur les sites sensibles et défini les impacts du projet (bois du mas Manier, bois du Limousin et de la Mourre, ripisylves du Bérange et du Vidourle, garrigues du mas de la Plume, gravières du Vistre et du Rhony, bois de Signan),
- l'Association Coulée Verte dont l'étude précise les enjeux et les impacts du projet sur la ripisylve de la Mosson,

- le Centre ornithologique du Gard qui a réalisé un inventaire avifaunistique dans les zones agricoles d'habitat de l'Outarde canepetière, et a présenté les impacts potentiels du projet,
- le bureau d'études BRL qui a évalué les incidences du projet sur le site Natura 2000 de la Camargue Gardoise,
- le bureau d'études Biotope qui a réalisé le document d'évaluation des incidences du jumelage dédoublement d'A9 / contournement de Nîmes et Montpellier sur trois sites Natura 2000 au Sud de Montpellier.

Pour les secteurs et/ou espèces présentant le plus d'intérêt ou étant apparus comme potentiellement impactés par le projet, des investigations complémentaires ont été menées, afin de posséder des informations sur l'évolution de ces espèces et/ou milieux au cours d'un cycle écologique et biologique complet ; il s'agit :

- des bois du Limousin et de la Mourre,
- des ripisylves du Vidourle, du Bérange et de la Mosson,
- des gravières du Vistre et du Rhony,
- du bois de Signan,
- des zones agricoles à Outarde canepetière.

Les méthodologies mises en œuvre pour la conduite des études spécifiques sont les suivantes :

Flore : les prospections de terrain ont consisté à inventorier les espèces végétales présentes. Une recherche particulière des espèces protégées et/ou rares a été menée. De plus, des relevés ont permis d'identifier les habitats naturels présents en vue de la réalisation d'une carte de végétation.

Insectes : plusieurs méthodes ont été utilisées pour la recherche des insectes, leur capture éventuelle ou leur identification sur place. En fonction des groupes étudiés, les habitats ont été préalablement analysés par l'examen de

photos aériennes ou de carte IGN 1/25000. Ils ont ensuite été repérés sur le terrain en explorant l'ensemble ou la majeure partie du site à pied ou en voiture, à l'aide de jumelles. Certains insectes sont assez caractéristiques (de grosses tailles et uniques dans leurs couleurs et leurs formes) pour être directement identifiés à l'œil nu ou à l'aide de jumelles. D'autres nécessitent d'être observés de plus près pour distinguer certains critères de différenciation entre espèces proches (utilisation de clés de détermination).

Amphibiens : les prospections se sont déroulées en fin d'hiver et début du printemps 2002 durant la période de reproduction. L'expertise de terrain a consisté à rechercher, en journée, les zones de reproduction potentielles des amphibiens. Ces sites ont par la suite été visités de nuit pour noter les espèces en reproduction. Ceci s'est fait par écoutes des chants, observation des pontes, des larves ou des adultes.

Reptiles : les prospections se sont déroulées principalement à la fin du printemps, période où les reptiles sont les plus actifs (période de reproduction et de chasse, bonnes conditions d'ensoleillement, températures douces). Ils ont été recherchés par observation directe à vue ou aux jumelles, et en retournant les pierres et les souches. Quelques observations complémentaires ont été effectuées durant l'été, en début ou en fin de journée.

Oiseaux :

En saison de reproduction : c'est la méthode de l'Échantillonnage Fréquentiel Progressif (E.F.P.) (BLONDEL, 1975) qui a été utilisée. Elle permet de réaliser un recensement semi-quantitatif de l'avifaune en utilisant un maillage précis de la zone. Un point d'écoute de 20 mn est réalisé tous les 250 m sur une surface homogène. Pendant cette période, tout contact (observation, cri, chant) est noté. Elle donne ainsi la fréquence d'une espèce donnée sur la surface étudiée.

9. ANALYSE DES METHODES

Cette méthode doit être pratiquée le matin à l'heure où les oiseaux sont les plus actifs. Elle a l'avantage de pouvoir être réalisée lors d'un seul passage par point d'écoute (en général au mois de juin) si les conditions météorologiques sont favorables (temps sec, vent faible). Pour les espèces dont l'activité est essentiellement crépusculaire ou nocturne, des prospections spécifiques ont été réalisées le soir. De plus, ces espèces et notamment les rapaces nocturnes, sont très sensibles aux éventuelles collisions avec un train ou d'autres véhicules.

En période d'hivernage, l'expertise de terrain sur les oiseaux hivernants a consisté à parcourir l'ensemble des sites à la recherche des oiseaux présents. Les prospections se sont terminées à la nuit afin de détecter d'éventuels dortoirs.

Outardes canepetières :

Le fuseau d'étude de 500 m a été séquencé dans les zones d'habitat en tronçons de 500 m définissant des carrés de 25 hectares. Chaque carré expertisé a fait l'objet d'un inventaire d'espèces d'oiseaux. Les effectifs des espèces les plus remarquables ont été quantifiés, l'abondance des autres espèces est mentionné par un indice.

Les méthodes utilisées pour obtenir ces résultats sont la méthode des Indices Kilométriques d'Abondance (inventaire semi-quantitatif réalisé en se déplaçant à pied au centre du fuseau) et la méthode des Indices Ponctuels d'Abondance (inventaire semi-quantitatif réalisé à partir d'un point fixe par une écoute de 10 minutes).

Mammifères :

L'examen de la grande faune et de ses déplacements a été mené à partir d'audits et dans la mesure où cette faune revêt un intérêt patrimonial.

Dans le cas particulier du **castor**, la méthode du relevé des indices répartis le long des berges d'un cours d'eau (marquages, réfectoires, coulées, écorçage ou coupe sur berge, écorçage ou coupe sur le cours d'eau) et du report cartographique de ces indices a été utilisée. La prospection a été effectuée sur le Vidourle de l'amont (départ du Pont Romain) vers l'aval (Pont de Lunel), depuis une

embarcation. L'inspection de chaque berge a été réalisée au cours d'une lente descente. Chaque indice a été approché au plus près, et sa position GPS a été notée. La projection cartographique des indices liés à l'activité alimentaire (coulées, réfectoires, coupes, écorçages) donne une idée générale de l'utilisation de la zone d'étude par le castor. Ces indices ont été superposés sur les cinq mois de suivi. La figuration cartographique des marquages de territoire révèle quand à elle l'implantation géographique des différents groupes familiaux installés sur le parcours d'étude

Les méthodes d'investigation présentent des incertitudes en fonction des espèces recherchées :

- Flore : la connaissance que l'on peut obtenir, notamment par consultations, sur les différents sites étudiés est très disparate. Elle est correcte pour notre secteur d'étude, mais ne concerne que certains groupes floristiques. Par ailleurs, la bibliographie existante est plutôt limitée. Les quelques publications que l'on puisse obtenir, notamment sur les Costières, datent de la fin du XIXème – début du XXème siècle.
- Insectes : un inventaire de quelques jours de prospection ne peut faire un état précis des populations d'espèces existantes. Le pic d'apparition des adultes (pour les insectes dont les larves sont peu visibles : papillons de jours et libellules) varie selon les espèces et, pour une même espèce, selon les années. Certains insectes peuvent même demeurer absents une année ou plus, selon leur cycle biologique.
- Reptiles : la plupart des reptiles sont particulièrement discrets et difficiles à observer en peu de temps. Ces difficultés de prospection font qu'il est malaisé de quantifier une population de reptiles autrement que par des techniques d'échantillonnage lourdes et longues à mettre en œuvre. En conséquence, il n'a été donné qu'un avis estimatif sur l'importance d'une population : de petite taille, de taille moyenne ou de taille importante. Le principal document bibliographique ayant

été utilisé est l'Atlas de distribution des amphibiens et des reptiles du Languedoc-Roussillon deuxième édition, actuellement en cours de préparation par le Laboratoire d'Ecologie des Vertébrés de l'Ecole Pratique des Hautes Etudes de Montpellier, et par le GRIVE. Ce document cartographie les reptiles grâce aux données fournies par les naturalistes, professionnels et amateurs. Les audits effectués ont principalement donné un avis sur le statut de la Cistude d'Europe. Pour les autres espèces, les personnes et les organismes contactés n'avaient pas d'indications précises à donner sur les secteurs étudiés.

- Oiseaux : La méthode d'Échantillonnage Fréquentiel Progressif est assez efficace. Elle n'est cependant pas applicable aux espèces nocturnes ou à celles à grand territoire telles que les rapaces qu'il faut donc considérer à une autre échelle. Chez ces derniers, le nombre de couples est estimé à la vue ou à partir de trace sur les sites fréquentés (fientes, pelotes). Leur statut (nicheur, de passage) est apprécié en fonction du comportement (vol battu direct, oiseaux tourbillonnant observés en plein ciel). Les oiseaux hivernants n'ayant pas de territoire, ils sont très mobiles. Les observations hivernales doivent donc être considérées comme une image d'un site à un instant T. Cependant les audits ont pu compenser ce manque d'observations pour connaître la réelle sensibilité des sites.

Les observatoires et les bilans environnementaux effectués a posteriori sur d'autres grandes infrastructures montrent que les impacts sur le milieu naturel sont générés par les travaux de construction et les effets indirects du remembrement. Si les premiers peuvent être définis sur la base des observations effectuées lors de travaux de construction comparables, les seconds sont plus difficiles à apprécier a priori, car on ne connaît pas au stade de l'étude d'impact, les territoires qui seront remembrés. Cependant, la procédure de remembrement prévoit la réalisation d'études d'environnement amont et d'une étude d'impact du projet de remembrement retenu.

9. ANALYSE DES METHODES

9.2.3 - Evaluation de l'impact sur le milieu humain

9.2.3.1 - Impact sur le bruit

9.2.3.1.1 - Recueil de données

Dans le cadre des études environnementales du présent dossier, une caractérisation de l'état acoustique initial a été réalisée. Elle s'est traduite par une campagne de 19 mesures in situ de manière à définir l'ambiance sonore initiale du site (ambiance sonore modérée ou bruyante). Cette campagne s'est déroulée de fin novembre à début décembre 2001. L'emplacement des mesures a été défini en concertation entre le bureau d'étude (Acouplus) et Réseau Ferré de France.

L'analyse et le traitement des données ainsi recueillies ont permis de caractériser l'ambiance acoustique actuelle des sites à partir des niveaux de bruit réglementaires LAeq (6h-22h) pour la période jour et LAeq (22h-6h) pour la période nuit.

Les mesures ont été réalisées conformément aux différentes normes en vigueur suivant la configuration du site :

- norme NF S 31-088 « Mesurage du bruit dû au trafic ferroviaire en vue de sa caractérisation », pour les sites exposés à des infrastructures ferroviaires,
- norme NF S 31-085 « Caractérisation et mesurage du bruit dû au trafic routier », pour les sites exposés à des infrastructures routières,
- norme NF S 31-110 « Caractérisation et mesurage des bruits de l'environnement - méthodes particulières de mesurage » pour les sites de campagne non soumis à des bruits d'infrastructure.

Pendant les mesures, les conditions météorologiques des stations de Manguio et de Nîmes ont été relevées.

9.2.3.1.2 - Evaluation de l'impact sur le bruit et difficultés rencontrées

• La modélisation par calcul

Les calculs ont été effectués avec le logiciel de prévision de bruit dans l'environnement MITHRA (Méthode Inverse du Tracé dans l'Habitat de Rayons Acoustiques). A partir d'un modèle numérique, il permet de simuler la propagation en espace extérieur en prenant en compte les paramètres qui influent sur cette propagation tels que la topographie, le bâti, la nature du sol et les effets météorologiques.

Le logiciel MITHRA est l'aboutissement d'un travail de recherche et de développement du CSTB (Centre Scientifique et Technique du Bâtiment) intégrant le rayonnement acoustique des trains et la NMPB (Nouvelle Norme de Prévision du Bruit ; celle-ci prend en compte les conditions météorologiques au-delà de 250 mètres).

Ce logiciel comprend :

- Un programme de digitalisation du site qui permet la prise en compte de la topographie (courbes de niveaux), du bâti, des voiries, de la nature du sol, du projet et des différents trafics. Il permet également de mettre en place des protections acoustiques : écrans, buttes de terre... ;
- Un programme de propagation de rayons sonores : à partir d'un récepteur quelconque, le programme recherche l'ensemble des trajets acoustiques récepteur – source. Des rayons (directs, diffractés et réfléchis) sont tirés depuis le point récepteur jusqu'à rencontrer les sources sonores ;
- Un programme de calcul de niveaux de pression acoustique qui permet, soit l'affichage de LAeq sur un période donnée (6h-22h par exemple) pour différents récepteurs préalablement choisis, soit la visualisation de cartes de bruit (isophones diurnes ou nocturnes, avec ou sans météo).

Les paramètres de calcul de l'étude acoustique sont les suivants :

- Coefficient d'absorption du sol = 600 (herbe tassée) ;
- Nombre de rayons = 100 ;
- Distance de propagation = 2000 m ;
- Nombre d'intersections = 99 ;
- Nombre de réflexions = 5 ;
- Angle de départ = 0° ;
- Angle d'arrivée = 360° ;
- Température ambiante = 15 °C ;
- Taux d'humidité = 70 %

Ces paramètres sont ceux définis par défaut dans le logiciel MITHRA.

Les occurrences météorologiques sont celles des stations METEO-FRANCE de Nîmes et Montpellier, ces informations sont intégrées directement dans le logiciel MITHRA. Deux bases de données sont disponibles, une pour le jour et une pour la nuit.

• Les hypothèses de calcul

Les hypothèses de calcul intégrées dans le modèle sont exposées en détail au chapitre 6.1.3.4. Ces hypothèses portent sur les prévisions de trafics (trafic plafond atteint vers 2020), les vitesses de référence, et le matériel roulant.

La précision du modèle topographique en 3 dimensions est du 1/ 5000, ce qui confère au modèle une bonne précision à ce stade d'étude. Le projet intégré dans le modèle est celui du projet APS.

• L'évaluation des impacts et difficultés rencontrées

De manière générale, l'incertitude des résultats issus de la modélisation acoustique est estimée à plus ou moins

9. ANALYSE DES METHODES

1 dB(A) dans le meilleur des cas, et en l'absence d'erreurs humaines.

Le plus souvent, cette incertitude est due à différentes causes :

- à l'imprécision des plans ou des fichiers informatiques utilisés pour la modélisation du site d'étude ;
- dans le cas d'ouvrages complexes, (viaduc, semi-couvertures des voies, etc) les imprécisions peuvent être imputables aux limites de validité du modèle de calcul lui-même ;
- à la localisation précise, notamment en altitude des points de calcul.

En plus de ces points, d'autres sources d'incertitudes peuvent provenir du manipulateur (savoir-faire, rigueur scientifique, capacité à rendre compte de la nature du terrain).

D'autres imprécisions sont liées à l'algorithme même de calcul. Les recherches actuelles s'orientent vers l'amélioration des effets de sol et des effets météorologiques à longue distance.

Pour les cartes isophoniques, les courbes isophones sont issues d'une interpolation des résultats de calculs en un maillage de points récepteurs.

La précision du tracé de ces courbes est directement liée à la densité des points de calculs utilisée. Les cartes isophoniques ne restent qu'une représentation qualitative de la répartition des niveaux sonores, ce sont les niveaux sonores calculés en des points récepteurs qui servent de référence, notamment pour le dimensionnement de protections. Les cartes isophoniques sont donc utilisées pour estimer un impact global du projet ou bien pour comparer qualitativement plusieurs configurations entre elles.

9.2.3.2 - Impact sur l'urbanisation

• Le recueil des données

Le recueil des données a été effectué essentiellement auprès des Directions Départementales de l'Équipement, des services techniques des villes, des Chambres de Commerce et d'Industrie, des principaux gestionnaires de réseaux...

Les documents d'urbanisme (Plans Locaux d'Urbanisme) et autres schémas directeurs (Plan de Déplacements Urbains, Dossier de Voirie d'Agglomération), ont été consultés.

Ces informations ont été complétées par les données recueillies lors des investigations dans la zone d'étude (photo-aérienne, données de l'INSEE et de l'IGN...).

Les éléments ont été cartographiés en mettant en valeur les zones d'habitat et d'activités actuelles ou futures, les zones de loisirs, les réseaux, et enfin les projets de dédoublement de l'A9 et d'extension de l'aéroport de Montpellier Fréjorgues.

• L'évaluation des impacts et difficultés rencontrées

L'urbanisme est un thème d'approche difficile, notamment en secteur péri-urbain, car le projet s'inscrit sur un milieu en pleine dynamique, dont il est parfois peu évident de prévoir les évolutions, qui dépendent de facteurs humains. Compte-tenu du caractère parfois subjectif de l'évaluation de ce thème, l'analyse des impacts sur le développement urbain s'est donc limité à une analyse factuelle des impacts directs clairement identifiés.

En effet, les effets induits et indirects dépendent des politiques d'aménagement et d'accompagnement du projet mises en place par les collectivités. Il convient toutefois de souligner que le projet, entre Manduel et

Lattes, est connu depuis près d'une décennie et qu'il a de fait été intégré dans les diverses réflexions d'aménagement de l'espace, conduites par les collectivités et les services de l'État.

9.2.3.3 - Impact agricole

• Recueil de données

Le recueil de données a été effectué auprès des Directions Départementales de l'Agriculture et de la Forêt, des chambres d'agriculture du Gard et de l'Hérault, ainsi que de l'INAO.

Les informations relatives à l'occupation du sol ainsi que les données provenant de l'INAO ont été réunies dans une base de données sous Système d'Information Géographique (SIG).

• Évaluation de l'impact agricole et difficultés rencontrées

L'impact économique du projet sur l'activité agricole a été évalué par une étude spécifique (Chambres Régionale et Départementales de l'Agriculture).

Les traitements des données sous SIG ont permis de quantifier les impacts du projet en terme de consommation de terres agricoles (en considérant les ratios d'emprises ferroviaires sur des opérations équivalentes) et particulièrement pour les terres en Appellation d'Origine Contrôlée.

Cependant, la délimitation précise des exploitations ainsi que les recoupements des cheminements agricoles nécessitent un travail nécessitant une enquête lourde de terrain n'ont pu être effectués en totalité.

9. ANALYSE DES METHODES

Ces études seront réalisées ultérieurement, dans le cadre des pré-études d'aménagement foncier, établies sur la base du projet déclaré d'utilité publique, sous le pilotage des Conseils Généraux et des Directions Départementales de l'Agriculture et de la Forêt.

9.2.4 - Evaluation de l'impact sur le patrimoine et le paysage

9.2.4.1 - Impact sur le patrimoine

- **Recueil de données**

Le recueil de données a été effectué auprès des administrations et organismes concernés (Direction Régionale des Affaires Culturelles, Direction Régionale de l'Environnement, Services Départementaux de l'Architecture et du Patrimoine, Conseils Généraux...). Des investigations de terrain ont permis de compléter ces données, en ce qui concerne le patrimoine bâti remarquable.

Concernant l'archéologie, une étude documentaire préalable a été réalisée par l'INRAP et le SRA. Cette étude comprend :

- le bilan des travaux archéologiques effectués dans le cadre du TGV Méditerranée,
- un état des connaissances archéologiques et une première approche des problématiques.

- **Evaluation de l'impact sur le patrimoine et difficultés rencontrées**

L'impact sur le patrimoine a été évalué en prenant en compte non seulement l'impact visuel sur le patrimoine protégé (monument historique, site...) mais également le

patrimoine archéologique connu et le patrimoine bâti remarquable.

L'impact sur le patrimoine bâti protégé est essentiellement visuel, et des esquisses d'intégration paysagère des infrastructures dans la traversée des périmètres de protection est un bon moyen d'apprécier l'impact visuel du projet, compte-tenu de la subjectivité de cette appréciation. En revanche, certains éléments du patrimoine bâti vont subir un impact d'une autre nature (impact de proximité, déstructuration de l'exploitation...) qu'il est difficile d'apprécier à ce stade d'étude. Ce point devra donc faire l'objet d'une étude particulière, visant à la définition de mesures compensatoires et d'accompagnement, en concertation avec les partenaires locaux, lors de l'Avant-Projet Détaillé.

Concernant le patrimoine archéologique, la connaissance des sites a permis d'éviter lors de la comparaison des variantes certains sites majeurs, et d'avoir une première évaluation des impacts potentiels du projet. Cependant, à ce stade d'étude, l'impact précis du projet ne peut être appréhendé, de nombreux vestiges étant enfouis et inconnus.

Compte-tenu de la lourdeur des investigations à mener (sondages mécaniques, fouilles de sauvetage...), il n'est possible de les réaliser que lorsque le projet définitif sera connu, c'est-à-dire au stade de l'Avant-Projet Détaillé.

9.2.4.2 - Impact sur le paysage

- **Recueil de données**

En 2001, une étude paysagère a été réalisée par un groupement de cabinets d'études (PaysagePLUS & Caroline Giorgetti).

Au travers d'une approche synthétique, ont été identifiées les grandes entités géographiques constituant l'aire d'étude

(cartographie au 1/100 000). La typologie des paysages a ensuite été analysée finement (cartographie au 1/25 000).

Cette analyse paysagère a ensuite identifié et localisé les différents paysages et évalué leur niveau de sensibilité vis-à-vis de la voie ferrée nouvelle.

- **Evaluation de l'impact sur le paysage et difficultés rencontrées**

A partir du diagnostic paysager d'une part, et du tracé de la ligne nouvelle d'autre part, la recherche des zones d'enjeux s'est attachée à identifier les paysages affectés par la ligne selon plusieurs critères (dénaturation, altération, valorisation et requalification, visibilité). Une hiérarchisation a ensuite été établie pour mettre en évidence les zones d'enjeu important.

Enfin, l'analyse des sites au cours de cette recherche a montré une différenciation de nature d'enjeux :

- aux paysages sensibles menacés correspond un enjeu purement paysager,
- aux paysages en mutation correspond plutôt un enjeu large de territoire dans lequel le thème du paysage ne constitue qu'une composante.

Les impacts du projet sur le paysage ainsi que les mesures d'insertion ont été visualisés pour les sites les plus sensibles par des simulations visuelles (photomontages, esquisses, croquis paysagers...).

La mise en exergue des sites d'enjeux montre que la sensibilité des paysages ressort de caractères très différents dont l'appréhension est souvent subtile et subjective. Elle indique aussi que les paysages sensibles ne sont pas nécessairement des paysages exceptionnels du point de vue esthétique ou pittoresque.

9. ANALYSE DES METHODES

9.2.5 - Evaluation de l'impact sur la santé

Le volet "santé" de l'étude d'impact a été établi en s'inspirant des recommandations méthodologiques du "guide pour l'analyse du volet sanitaire des études d'impact - Institut de Veille Sanitaire - Février 2000".

- **Recueil de données**

L'évaluation des effets a été conduite sur la base :

- des éléments bibliographiques existants sur le sujet (notamment les documents du Ministère de la Santé et de l'Institut de Veille Sanitaire) et des données issues de l'exploitant SNCF (risque de pollution des eaux),
- des données transmises par les Directions Départementales des Affaires Sanitaires et Sociales du Gard et de l'Hérault concernant les populations desservies par les captages AEP,
- du logiciel MITHRA permettant d'évaluer les impacts du projet en matière de bruit,
- du logiciel IMPACT de l'ADEME (Agence Départementale pour la Maîtrise de l'Énergie) permettant d'évaluer les impacts positifs du projet en matière de pollution de l'air,
- du SIG pour le comptage des populations exposées.

- **Evaluation de l'impact sur la santé et difficultés rencontrées**

L'évaluation sanitaire a été construite sur la base des recommandations du guide de l'IVS. En l'état actuel des connaissances scientifiques et épidémiologiques, elle a :

- identifié les dangers potentiels pour la santé : nuisances acoustiques, risque de pollution des eaux ou de l'air...,
- défini les « relations doses-réponse » pour chacun des dangers évoqués, en s'appuyant sur la réglementation en vigueur, et sur les recherches en cours ou les recommandations des organismes nationaux ou internationaux (Organisation Mondiale de la Santé...),
- caractérisé la population susceptible d'être exposée (en insistant sur les populations à risque), ainsi que les facteurs externes pouvant favoriser une éventuelle exposition (présence d'installations à risques, conditions météorologiques...), sur la base des éléments recensés dans l'état initial.

Concernant l'évaluation des populations exposées, la méthodologie de comptabilisation a été adaptée, selon la nature du risque :

- inventaire du bâti et calcul de la population exposée par l'application de la taille des ménages issue de l'INSEE 1999, concernant le bruit, et le transport de matières dangereuses,
- recensement des populations alimentées en eau potable pour chaque captage ou prise d'eau superficielle susceptible d'être impactés qualitativement en cas de pollution accidentelle.

L'évaluation des impacts sur la santé d'une infrastructure de transport ferroviaire est cependant rendue difficile par le caractère récent de ce type d'étude, jusque là réservée aux installations industrielles.

Même si dans le cadre de la présente étude, les résultats les plus récents de la recherche ont été exploités, ces développements ont trouvé leurs limites dans l'état actuel de la connaissance scientifique, technologique et méthodologique, notamment sur la définition des seuils à retenir pour les valeurs toxicologiques de référence (VTR).

Dans certains domaines, et notamment le bruit sur la santé humaine, les effets n'ont pu être établis que sur la base des données existantes et de la réglementation.

9.2.6 - Cartographie

L'ensemble des éléments cartographiques contenus dans le dossier a pour base, des cartes au 1/25 000ème de l'IGN (Institut de Géographie National).

Les cartes utilisées pour l'élaboration de la présente étude sont les suivantes :

N° de carte	Edition	Année
2743ET	II	1996
2843OT	II	2000
2943O	IV	1995
2842E	IV	1993
2942O	III	1991

Ces cartes ne sont pas toujours actualisées régulièrement, et certaines structures existantes (infrastructures de transport récentes, constructions nouvelles...) peuvent ne pas y figurer.

Certains éléments ont été ajoutés par nos soins, selon notre connaissance du terrain.