

5 Effets potentiels du projet sur la santé et l'hygiène

5.1 Effets potentiels majeurs du projet sur la santé et sur l'hygiène

La loi 96-1236 du 30 décembre 1996 sur « l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie », consolidée le 14 Juin 2006 a introduit dans les études d'impact générales un volet sur la santé, en complétant la loi 76-629 du 10 juillet 1976, dans sa version consolidée au 21 septembre 2000, relative à la protection de la nature. Ce texte est aujourd'hui codifié par l'article L.122-3 du Code de l'environnement relatif au contenu minimal des études d'impact et complété par les circulaires des 17 février 1998, 3 février 2000 et 11 avril 2001.

Malgré l'importance des travaux, les impacts sur la santé restent limités car la conception du projet a été pensée afin de minimiser au maximum les impacts négatifs pouvant être générés.

Ainsi, d'après la Note Méthodologique sur l'évaluation des effets sur la santé de la pollution de l'air dans les études d'impact routières de février 2005, seule une analyse simplifiée des effets sur la santé doit être réalisée avec l'utilisation de l'indice pollution-population (IPP).

Le projet de liaison A28-A13 relève en effet d'une étude de type 2, moins exhaustive qu'une étude de type 1 qui recommande l'évaluation quantitative des risques sanitaires (EQRS).

L'indice IPP n'ayant pas de signification en tant que tel au point de vue sanitaire, il ne peut pas être directement rattaché à des pathologies ou à des chiffres de mortalité liée à la pollution atmosphérique. Le présent volet sanitaire s'attache donc à évaluer les impacts qualitatifs potentiels de la réalisation de la liaison A28-A13 sur la santé humaine. L'indice IPP est quant à lui quantifié pour les scénarios avec et sans projet dans la partie sur les impacts du projet sur la qualité de l'air.

5.1.1 Effets de la pollution atmosphérique et des sols sur la santé et sur l'hygiène

Effets directs des polluants atmosphériques sur la santé

Le dioxyde de soufre : des concentrations trop élevées de ce gaz peuvent conduire chez l'homme à une diminution de la fonction respiratoire, à un accroissement de la résistance des voies aériennes, à la broncho-constriction et à l'apparition de symptômes tels que toux et sifflements.

Ces effets sont aggravés par l'exercice physique, et les asthmatiques y sont particulièrement sensibles. Les concentrations en soufre dans l'air ambiant sont réglementées. Il s'agit d'un polluant relevant plutôt d'une problématique industrielle.

Les oxydes d'azote

Les oxydes d'azote pénètrent dans l'organisme essentiellement par inhalation, mais les passages cutanés sont également possibles. Le dioxyde d'azote, de par sa solubilité, peut être absorbé à tous les niveaux du tractus respiratoire.

Chez l'homme, l'absorption de dioxyde d'azote est de 81-90% pendant une respiration normale et de 90% pendant une respiration forcée.

Le dioxyde d'azote NO₂ présente le plus grand intérêt sur le plan sanitaire en raison de son caractère oxydant. En comparaison, le NO est 5 fois moins toxique.

À forte concentration, le dioxyde d'azote est un gaz toxique et irritant pour les yeux et les voies respiratoires. Les études épidémiologiques temporelles mettent en évidence des liens étroits entre une augmentation des niveaux de NO₂ et les admissions hospitalières pour exacerbation de problèmes respiratoires chroniques dont l'asthme mais la quantification des effets propres à NO₂ reste difficile du fait principalement de la présence dans l'air d'autres polluants comme les poussières ayant des propriétés de synergie avec le NO₂.

Le NO₂ est suspecté d'entraîner une altération respiratoire et une hyperactivité bronchique chez l'asthmatique et chez les enfants, et d'augmenter la sensibilité des bronches aux infections microbiennes. Cependant, on estime aujourd'hui qu'il n'y a pas de risque cancérigène lié à l'exposition au dioxyde d'azote.

Le monoxyde d'azote a également des effets hématologiques (action toxique au niveau des plaquettes et formation de méthémoglobine).

La classification du dioxyde d'azote est H330 (mortel par inhalation ; toxicité aiguë par inhalation, catégorie 1, 2).

Effets cancérigènes : Le dioxyde d'azote n'est pas classé comme agent cancérigène par l'Union Européenne ou un autre organisme international.

Effets mutagènes : Le dioxyde d'azote n'est pas classé comme mutagène pour les cellules germinales par l'Union Européenne.

Effets reprotoxiques : Le dioxyde d'azote n'est pas classé comme toxique pour la reproduction par l'Union Européenne.

Le dioxyde de soufre

Le dioxyde de soufre pénètre dans l'organisme par inhalation. Fortement soluble, il est rapidement hydraté, dissocié en sulfite et bisulfite et absorbé dans le tractus respiratoire supérieur (nez et pharynx).

Au décours d'une intoxication aiguë, on peut voir se développer un syndrome obstructif ou un état d'hyperréactivité bronchique qui peut persister pendant plusieurs années. Une exposition à des doses inférieures à 131 m/m³ provoque une irritation des muqueuses : rhinite, laryngite, bronchite et conjonctivite. L'exposition massive peut conduire à une bronchiolite oblitérante ou à un œdème pulmonaire hémorragique ou à une atteinte respiratoire obstructive. Chez l'adulte sain, l'exposition de courte durée à 13 à 26 mg/m³ conduit à une bronchoconstriction. Chez l'asthmatique, ces mêmes effets sont augmentés par l'effort physique pour des concentrations de 0.3 mg/m³.

L'exposition prolongée augmente l'incidence de pharyngites et de bronchites chroniques qui peuvent s'accompagner d'emphysème et d'altération de la fonction pulmonaire. Ces effets respiratoires sont augmentés par la présence de particules respirables, le tabagisme et l'effort physique. Le dioxyde de soufre peut aggraver l'asthme et les maladies pulmonaires inflammatoires ou fibrosantes.

Aux concentrations urbaines de certaines villes canadiennes (moyenne : 5 µg/m³) et américaines (moyenne : 18 µg/m³), il est associé une apparition ou une aggravation des affections respiratoires (toux, dyspnée) et une augmentation du taux de mortalité par maladie respiratoire ou cardiovasculaire.

Le dioxyde de soufre peut également provoquer des irritations oculaires.

La classification du dioxyde de soufre est H314 (provoque des brûlures de la peau et des lésions oculaires graves) et H331 (toxique par inhalation).

Effets cancérigènes : Le CIRC classe le dioxyde de soufre dans le groupe 3, en raison de preuves très limitées chez l'animal. Il n'est pas classé par l'Union Européenne.

Effets mutagènes : Le dioxyde de soufre n'est pas classé comme agent mutagène pour les cellules germinales par l'Union Européenne.

Effets reprotoxiques : Le dioxyde de soufre n'est pas classé comme agent toxique pour la reproduction par l'Union Européenne.

Le monoxyde de carbone

Le monoxyde de carbone est absorbé par les poumons et il diffuse à travers les membranes alvéolo-capillaires. Il peut traverser les barrières méningée et placentaire.

Entre 80% et 90% du monoxyde de carbone absorbé se fixe sur l'hémoglobine dont l'affinité pour le CO est environ 200 fois supérieure à celle pour l'oxygène. Le monoxyde de carbone forme rapidement de la carboxyhémoglobine (COHb), diminuant ainsi fortement les capacités de transport et de libération d'oxygène du sang ; la carboxyhémoglobine est un biomarqueur d'exposition au monoxyde de carbone.

Un début d'intoxication aiguë au monoxyde de carbone (10 % de carboxyhémoglobine) est associé à des signes peu spécifiques tels que nausées, vomissements et céphalées. Par la suite il apparaît une asthénie, des vertiges et des troubles de l'humeur (angoisse, agitation) et comportementaux (syndrome confusionnel). A partir de 40 % de carboxyhémoglobine, il est observé des comas. Au-delà de 50 à 60 % de carboxyhémoglobine, l'effet est fatal. L'importance des séquelles est corrélée avec la gravité et la durée de l'intoxication. Le monoxyde de carbone n'a pas d'effet pulmonaire direct, excepté à très fortes concentrations.

Le monoxyde de carbone aurait, pour une exposition prolongée à faible dose (à partir de 5 % chez des adultes en bonne santé), des effets neurologiques, en particulier sur la psychomotricité (baisse de la coordination, de la vigilance et visuelle). Il aurait également des effets sur le système cardiovasculaire.

Le monoxyde de carbone est classé H331 (toxicité aiguë par inhalation, catégorie 3) et H360 (toxicité pour la reproduction, catégories 1A, 1B).

Effets cancérigènes : Aucun organisme n'a classé le monoxyde de carbone comme cancérigène.

Effets mutagènes : L'Union Européenne n'a pas classé le monoxyde de carbone comme mutagène pour les cellules germinales.

Effets reprotoxiques : Le monoxyde de carbone est classé toxique pour la reproduction de catégorie 1A par l'Union Européenne.

Le benzène

La principale voie d'exposition au benzène est l'inhalation, puis dans une moindre mesure, l'ingestion et le contact cutané.

Les taux d'absorption sont de 50% par inhalation (donnée sur l'homme), 97% du benzène ingéré est absorbé (donnée sur animaux), tandis que par contact cutané l'absorption est limitée (0,4 mg/cm²/h donnée sur l'homme) et reste secondaire par rapport à d'autres voies d'exposition.

Par inhalation, l'exposition aiguë au benzène agit sur le système nerveux central. Pour une exposition chronique, le benzène est hémotoxique (anémie, thrombopénie, lymphopénie, leucocytopénie, leucémie...) pour des expositions supérieures à 10 mg.m³ et immunotoxique. Par ailleurs, des effets cardio-vasculaires ont été décrits lors de l'exposition par inhalation aux vapeurs de benzène.

Plus de 25 études ont rapporté une augmentation des taux de cancers suite à des expositions professionnelles au benzène. Il s'agit de leucémies (en particulier la leucémie aiguë myéloïde). D'autres affections du tissu hématopoïétique, tel que les lymphomes malins non hodgkiniens sont également associés significativement avec l'exposition au benzène.

La classification du benzène est H350 (cancérigène 1A), H340 (mutagène 1B), H304 (danger par aspiration catégorie 1), H315 (corrosion/irritation cutanée, catégorie 2) et H319 (lésions oculaires graves/irritation oculaire, catégorie 2).

Effets cancérigènes : Le benzène est actuellement le seul hydrocarbure aromatique monocycliques (HAM) considéré comme cancérigène pour l'homme. Il a été placé dans le groupe 1 par le CIRC-IARC, dans la classe A par l'US-EPA et dans la catégorie 1A par l'UE.

Effets mutagènes : Le benzène est classé mutagène pour les cellules germinales de catégorie 1B par l'Union Européenne.

Effets reprotoxiques : Le benzène n'est pas classé toxique pour la reproduction par l'UE.

Le cadmium

Les 2 principales voies d'exposition sont l'inhalation et l'ingestion.

L'ingestion accidentelle de cadmium, chez l'Homme, entraîne des troubles digestifs intenses pouvant apparaître à partir d'une dose unique de 10 mg (INRS, 1997). L'exposition aiguë par voie respiratoire donne, après une période asymptomatique de 4 à 10 heures, des signes d'irritation respiratoire, des troubles digestifs accompagnés de frissons, fièvre, céphalées, courbature et hyperleucocytose pouvant entraîner la mort dans 15-20 % des cas.

Le principal organe cible est le rein, atteint sous forme de néphropathie irréversible pouvant conduire à une insuffisance rénale, quelle que soit la voie d'exposition. Une dégénérescence des cellules tubulaires rénales se manifeste précocement, suivie d'une réaction inflammatoire interstitielle puis d'une fibrose. Pour l'exposition par voie respiratoire, il faut ajouter des troubles respiratoires (bronchite obstructive, emphysème) liés au caractère irritant des particules de cadmium. L'organe cible secondaire est l'os, quelle que soit la voie d'exposition.

Le cadmium est classé H341 (mutagénicité sur les cellules germinales, catégorie 2), H350 (cancérogénicité, catégories 1A, 1B) et H361 (toxicité pour la reproduction, catégorie 2).

Effets cancérigènes : Le cadmium et ses composés (chlorure de cadmium, fluorure de cadmium, oxyde de cadmium, sulfate de cadmium, sulfure de cadmium, chromate de cadmium) sont classés en catégorie 1B par l'Union Européenne.

Le CIRC a classé le cadmium et ses composés en catégorie 1, l'US-EPA en catégorie B1 et Santé Canada en catégorie 2.

Effets mutagènes : L'Union Européenne a classé le cadmium, l'oxyde de cadmium et le sulfure de cadmium comme mutagène pour les cellules germinales de catégorie 2 et le chlorure de cadmium, le fluorure de cadmium et le sulfate de cadmium comme mutagène pour les cellules germinales de catégorie 1B.

Effets reprotoxiques : L'Union Européenne a classé le cadmium, l'oxyde de cadmium et le sulfure de cadmium comme toxique pour la reproduction de catégorie 2 et le chlorure de cadmium, le fluorure de cadmium et le sulfate de cadmium toxique pour la reproduction de catégorie 1B.

Le nickel

L'absorption respiratoire est plus importante que l'absorption digestive. L'absorption cutanée est également faible mais les effets sont importants (dermite de contact). La dermite de contact est l'effet le plus fréquent survenant par exposition cutanée aiguë au nickel. L'intoxication aiguë par voie orale provoque des troubles digestifs (nausées, vomissements, diarrhée, douleurs abdominales), des céphalées et une asthénie. Ces signes régressent à l'arrêt de l'exposition. Le principal organe cible est le rein, atteint sous forme de néphropathie irréversible pouvant conduire à une insuffisance rénale, quelle que soit la voie d'exposition. Une dégénérescence des cellules tubulaires rénales se manifeste précocement, suivie d'une réaction inflammatoire interstitielle puis d'une fibrose. Pour l'exposition aiguë par voie respiratoire, il faut ajouter des troubles respiratoires (bronchite obstructive, emphysème) liés au caractère irritant des particules de cadmium. L'organe cible secondaire est l'os, quelle que soit la voie d'exposition.

Le principal organe cible de l'exposition respiratoire chronique est le système respiratoire (bronchite chronique, emphysème, diminution de la capacité vitale). Des cas d'asthme ont été décrits. Par voie cutanée, il est observé des allergies de contact dont la fréquence est plus élevée chez les femmes que chez les hommes. Les effets du nickel par voie orale n'ont été montrés que chez l'animal (effets respiratoires, hématologiques, rénaux, hépatiques...).

Le nickel est classé H317 (sensibilisation cutanée, catégorie 1), H351 (cancérogénicité, catégorie 2).

Effets cancérigènes : Le nickel métallique est classé en catégorie 3 par le CIRC, 2 par l'union Européenne, et VI par Santé Canada.

Les composés du nickel sont classés en catégorie 1 par le CIRC et Santé Canada.

Le carbonate et le sulfate de nickel sont classés en catégorie B2 par l'US-EPA et 1A par l'Union Européenne. Le sulfure de nickel est classé en catégorie 1 par l'US-EPA et Santé Canada et 1A par l'Union Européenne.

Effets mutagènes : L'Union Européenne a classé le carbonate de nickel et le sulfate de nickel comme mutagène pour les cellules germinales de catégorie 2 et le sulfure de nickel comme mutagène pour les cellules germinales de catégorie 2. La 1ère adaptation au progrès technique du règlement CLP n°1278/2008 porte sur de nombreux composés du nickel. Il est nécessaire de s'y référer pour connaître le classement des autres substances.

Effets reprotoxiques : L'Union Européenne a classé le carbonate de nickel et le sulfate de nickel comme toxique pour la reproduction de catégorie 1B. La 1ère adaptation au progrès technique du règlement CLP n°1278/2008 porte sur de nombreux composés du nickel. Il est nécessaire de s'y référer pour connaître le classement des autres substances.

Les particules en suspension

La principale voie d'exposition est respiratoire. Les particules sont filtrées en partie par le nez (environ 10 % chez l'Homme) et en majorité déposées au niveau des alvéoles pulmonaires, grâce à leur petite taille.

Les effets aigus consistent en l'irritation des muqueuses oculaires et nasales. Il a été observé, dans les cohortes professionnelles, une augmentation de la fréquence des symptômes respiratoires ; toutefois on ignore quelle est la contribution exacte des particules émises par les moteurs diesel à ce type de symptômes. Peu d'effets à court terme ont été observés au niveau de la fonction pulmonaire, mais des crises d'asthme ont été signalées.

Un certain nombre d'études transversales et longitudinales portant sur des ouvriers longtemps exposés de part leur profession à des émissions de moteur diesel, ont révélé une altération de la fonction pulmonaire et une augmentation de la prévalence des symptômes respiratoires. Toutefois la brièveté des épisodes d'exposition limite la portée de ces études.

Effets cancérigènes : Les particules diesels sont classées en catégorie 2 par l'Union-Européenne et en catégorie 1 par le CIRC.

Effets mutagènes : L'Union Européenne n'a pas classé les particules diesel comme mutagènes pour les cellules germinales.

Effets reprotoxiques : L'Union Européenne n'a pas classé les particules diesel comme toxique pour la reproduction.

L'ozone

L'ozone est un gaz agressif qui pénètre facilement jusqu'aux voies respiratoires les plus fines. Il est responsable d'irritations oculaires, de toux et d'altérations pulmonaires principalement chez les enfants et les personnes asthmatiques. Ces effets, variables selon les individus, sont augmentés par l'exercice physique.

Les effets de ces polluants dont la connaissance a été acquise à travers la toxicologie expérimentale et l'analyse de leur composition chimique ont été confirmés par les études épidémiologiques qui ont montré que les variations au jour le jour de la pollution de fond (lorsqu'elle est d'un niveau élevé donc avant tout en milieu urbain) s'accompagnaient d'une variation parallèle de la mortalité et de l'incidence de pathologies (surtout respiratoires) à caractère irritatif, allergique ou infectieux. Mais notons que l'épidémiologie ne permet pas en toute rigueur d'attribuer ces effets à l'un ou l'autre des constituants de cette pollution.

Relations dose-réponse : Etat des connaissances

Pollution atmosphérique et impact sanitaire à court terme

Les progrès technologiques réalisés depuis plusieurs dizaines d'années ont permis une réduction très nette des émissions de gaz polluants, en particulier du dioxyde de soufre, dans les pays industrialisés.

Grâce à ces progrès, le risque de survenue de pics de pollution extrêmement élevés, comme certains épisodes historiques de la première moitié du XXI^{ème} siècle qui avaient conduit à un excès important de mortalité, est aujourd'hui considérablement réduit.

Toutefois, les études épidémiologiques menées au cours des dix dernières années ont montré que même des niveaux relativement faibles de pollution, c'est-à-dire inférieurs aux valeurs limites d'exposition définies par les normes de qualité de l'air, pouvaient avoir des effets à court terme sur la santé.

On note une évolution positive sur l'agglomération de Rouen où les seuils sur le SO₂ ne connaissent plus que de rares dépassements ces dernières années.

Pollution atmosphérique et impact à long terme

De façon générale, les travaux réalisés dans le domaine des effets à long terme sont moins nombreux que pour le court terme, et les interrogations sont encore nombreuses.

Des travaux épidémiologiques récents ont montré globalement une augmentation de la fréquence des maladies allergiques et notamment de l'asthme. Il est possible que cette évolution soit due à la présence de polluants de l'air qui pourraient interagir avec les facteurs spécifiques de l'allergie que sont les allergènes (pollens par exemple).

La responsabilité de la pollution atmosphérique dans l'apparition de cancers a été abordée à la fois à travers des enquêtes toxicologiques et épidémiologiques.

Parmi les polluants émis par la circulation automobile :

- le benzène est actuellement le seul considéré comme cancérigène certain chez l'homme ;

- six autres composants parmi les composés organiques volatiles sont classés comme probablement cancérigènes chez l'homme.
- et seize autres molécules sont classées comme potentiellement cancérigènes chez l'homme.
- en ce qui concerne les particules diesel, un lien de causalité entre exposition et risque accru de cancer du poumon (preuves suffisantes) et de la vessie (preuves limitées) a été montré par certaines études épidémiologiques. Les particules issues du diesel ont été classées comme « cancérigène pour l'Homme » par l'OMS en 2012.

Des études épidémiologiques menées en Europe et aux Etats-Unis ont révélé que les habitants des zones urbaines à niveau de pollution élevé semblaient présenter une réduction de la fonction respiratoire. Dans ce domaine, des études doivent encore être menées pour déterminer avec précision les polluants incriminés.

L'établissement de liens de cause à effet entre un polluant et une ou des pathologies est très difficile à établir avec certitude, en particulier dans le cas d'une exposition chronique sur plusieurs années.

Effets indirects sur la santé

Les polluants concernés par ce type de risque sont avant tout les métaux lourds (Eléments Trace Métallique) qui se déposent sur les végétaux et pénètrent dans les sols.

Les enjeux soulevés par les émissions d'ETM sont principalement sanitaires et ils sont liés à leur persistance dans le milieu naturel, à leur caractère bioaccumulateur dans l'environnement et à leurs effets sur la santé.

En effet, si certains ETM indispensables à la vie (les oligoéléments : le zinc (Zn), le cuivre (Cu), le fer (Fe)) doivent être présents dans notre alimentation à petites doses, d'autres, comme le plomb (Pb), le cadmium (Cd), sont toxiques même à très petites doses. Les voies de pénétration des ETM dans l'organisme sont :

- la respiration, sous forme de fines particules et d'aérosols enrichis en composés métalliques
- l'alimentation : la consommation de végétaux contaminés par des dépôts de poussières ou d'animaux ayant bioaccumulés des ETM
- l'absorption d'eau de boisson contaminée par les ETM.

Le plomb : il est toxique à très fortes doses (ingestion d'aliments) et préoccupant dans la mesure où il peut s'accumuler dans le sol, mais la généralisation de l'essence sans plomb fait qu'à l'avenir ses rejets seront (et sont déjà) très faibles. Sa teneur dans l'air est aujourd'hui très basse, mais on n'a jamais pu déterminer de dose sans effet. Depuis les années 2000, le plomb est absent des carburants en France mais on le retrouve encore en petite quantité dans certains lubrifiants moteur.

Le cadmium : présent dans les additifs des lubrifiants et les pneumatiques, il est toutefois très peu émis par les véhicules, mais sa toxicité est importante. Les niveaux relevés jusqu'alors sont faibles et des recherches doivent être menées pour déterminer l'influence exacte que peut avoir le trafic automobile dans ce domaine.

Le zinc : des concentrations élevées de zinc ont parfois été constatées au bord d'autoroutes, mais la cause principale n'en serait pas le trafic mais plutôt la présence d'équipements tels que clôtures ou glissières de sécurité, et il faut noter que la toxicité du zinc est reconnue comme faible.

Ce sont les cultures maraîchères, fruitières et fourragères qui sont le plus exposées en bordure de route. Elles présentent le plus de risque de transfert vers l'animal et l'homme, les céréales étant relativement protégées par leur enveloppe.

Le risque pour la santé réside principalement dans la consommation régulière de fruits et légumes cultivés en bordure de route dans une atmosphère déjà polluée (site urbain ou périurbain).

5.1.2 Effets du bruit sur la santé et sur l'hygiène

Bruit

Le bruit autoroutier est susceptible d'avoir des effets sur l'appareil auditif, les systèmes cardio-vasculaire et digestif, le sommeil et les performances intellectuelles.

Les niveaux sonores liés à la proximité d'une autoroute peuvent entraîner des effets sur l'appareil auditif. Un consensus scientifique est établi sur le fait que des niveaux, même de longue durée mais inférieurs à 80 dB(A), ne peuvent entraîner de fatigue auditive et a fortiori de lésion de l'appareil auditif.

Le bruit entraîne une réponse non spécifique au niveau du système cardio-vasculaire en accélérant la fréquence cardiaque et en provoquant une vasoconstriction (diminution du diamètre des petites artères). Ces modifications cardio-vasculaires sont propices à l'élévation de la pression artérielle et celle-ci peut être élevée de façon permanente chez des populations soumises de manière chronique à des niveaux de bruit élevés¹⁴.

La stimulation acoustique provoque également des modifications des fonctions digestives. Les plus fréquentes sont une diminution de la fonction salivaire et du transit intestinal. Les modifications de la sécrétion et de la composition du suc gastrique peuvent constituer le lit de troubles graves tels que l'ulcère gastrique ou l'ulcère du duodénum.

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 modification de la structure du sommeil, caractérisée par la réduction ou la disparition des stades du sommeil lent profond, le raccourcissement de la latence d'apparition du sommeil paradoxal et sa moindre durée. Les facteurs déclenchants sont des niveaux de bruits de fond (en Leq) trop élevés ou des niveaux

¹⁴ Source : Jonsson A. et Hansson L., "Prolonged exposure to stressful stimulus (noise) as a cause of high blood pressure in man", Lancet, n°8 (86-87), 1977

maximums (pic de bruit, cumul des sources de bruit) également trop importants.

La baisse des performances intellectuelles pourra être assimilée à un problème sanitaire en ce qu'elle peut introduire des inégalités face aux processus d'apprentissage par exemple. Le bruit 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.

Ambiance sonore et nuisances

Il n'y pas de définition officielle de la gêne due au bruit. Celle de l'OMS peut être retenue : "la gêne peut se définir comme une sensation de désagrément, de déplaisir provoquée par un facteur de l'environnement (le bruit) dont l'individu (ou le groupe) connaît ou imagine le pouvoir d'affecter sa santé".

Le bruit ayant un caractère fortement subjectif, il est difficile d'édicter des "lois" sur l'apparition de la gêne en liaison avec la pollution sonore. Les corrélations calculées entre le niveau de bruit mesuré et la gêne exprimée correspondante sont faibles. Les seuls niveaux de bruit n'expliquent donc pas tout et la gêne est variable selon les individus.

En Europe, la gêne de long terme de jour, et dans une moindre mesure les effets sur le sommeil la nuit ou la communication verbale, constituent les effets les plus significatifs du bruit des transports terrestres sur la santé, pour des expositions à des niveaux non critiques (c'est à dire hors points noirs).

Les ambiances sonores générées par une infrastructure de transport terrestre sont définies d'un point de vue réglementaire par des valeurs seuils définies dans le tableau suivant :

TABLEAU 82 : VALEURS SEUILS REGLEMENTAIRES DU NIVEAU DE BRUIT GENERE PAR UNE ROUTE NOUVELLE [ARRETE DU 5 MAI 1995 RELATIF AU BRUIT DES INFRASTRUCTURES ROUTIERES]

| Nature des locaux | | Contribution sonore de la seule route nouvelle (1) | |
|--|--|--|-------------------|
| | | 6h-22h | 22h-6h |
| Etablissements de santé, de soins et d'action sociale (2) | | 60dB(A) | 55dB(A) |
| Etablissements d'enseignement (à l'exclusion des ateliers bruyants et des locaux sportifs) | | 60dB(A) | Aucune obligation |
| Logements | En zone d'ambiance sonore préexistante modérée | 60 dB (A) | 55 dB (A) B(A) |
| | En zone d'ambiance sonore préexistante non modérée | 65 dB (A) | 60 dB (A) |
| Locaux à usage de bureaux | En zone d'ambiance sonore préexistante modérée | 65 dB (A) | Aucune obligation |

(1) Ces valeurs sont supérieures de 3 dB (A) à celles qui seraient mesurées en champ libre ou en façade, dans le plan d'une fenêtre ouverte, dans les mêmes conditions de trafic, à un emplacement comparable.

Il convient de tenir compte de cet écart pour toute comparaison avec d'autres réglementations qui sont basées sur des niveaux sonores maximaux admissibles en champ libre ou mesurés devant des fenêtres ouvertes.

(2) Pour les salles de soins et les salles réservées au séjour de malades, ce niveau est abaissé à 57 dB (A).

L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) définit des valeurs guides pour la qualité sonore des espaces extérieurs suivant leur localisation (la plupart des valeurs concernent les intérieurs des logements.). L'OMS propose ainsi un seuil de gêne sérieuse en journée et en soirée au-delà de 55 dB(A) en zone résidentielle (y compris pour les balcons et terrasse des logements, cours de récréation des écoles) et un seuil de gêne modéré au-delà de 50 dB(A).

Sur ce constat, un bruit ambiant de 55 dB le jour dans l'espace public permet de préserver la confidentialité des conversations et de mieux gérer les bruits perturbateurs. Un bruit de fond inférieur à 40 dB est en revanche susceptible de favoriser les conflits de voisinage. Il est à rappeler que ces valeurs ne substituent pas à la réglementation en vigueur.

Enfin, une intelligibilité correcte du message parlé nécessite une différence de 10 dB(A) avec le bruit de fond. La parole correspondant en général à une émission de 55 à 60 dB(A) (à un mètre), les niveaux sonores en milieu scolaire ne peuvent donc dépasser 45 dB (A) pour permettre une intelligibilité de l'intégralité des messages parlés.

Sur le projet A28-A13, plusieurs zones habitées pourraient être concernées par des augmentations du niveau sonore, en l'absence de mesures. C'est pourquoi une dizaine d'écrans acoustiques seront installés le long du projet, afin de limiter ces gênes. Ainsi, les effets sur la santé vis-à-vis du bruit devraient être faibles.

5.1.3 Effets du transport de matières dangereuses sur la santé

Par définition, une matière dangereuse est une substance qui, par ses propriétés physiques ou chimiques, ou bien par la nature des réactions qu'elle est susceptible de mettre en œuvre, peut présenter un danger grave pour l'homme, les biens ou l'environnement.

La destination du projet induit que cet itinéraire sera usité pour le transport de matières dangereuses (TMD), notamment par les poids lourds. Dans le cadre du projet, le risque créé est principalement le risque d'accident routier d'un véhicule. Le transport routier est le plus exposé, car les causes d'accidents sont multiples. L'augmentation de la capacité de transport, la hausse du trafic, les défaillances techniques des véhicules, les fautes de conduite des conducteurs et les conditions météorologiques multiplient les risques d'accidents. En effet, sa souplesse d'utilisation, qui lui permet d'assurer un trafic et un service de porte à porte, dispersent les risques sur de nombreuses routes. Ainsi, le 29 octobre 2012, l'accident d'un camion d'hydrocarbures à Rouen a provoqué un incendie qui a fortement endommagé la structure du pont Mathilde, le rendant impropre au trafic routier pendant plus d'un an, avec des conséquences très importantes sur la circulation, malgré la mise en place d'un plan de circulation alternatif provisoire.

La figure suivante démontre la prédominance des accidents TMD routiers en France.

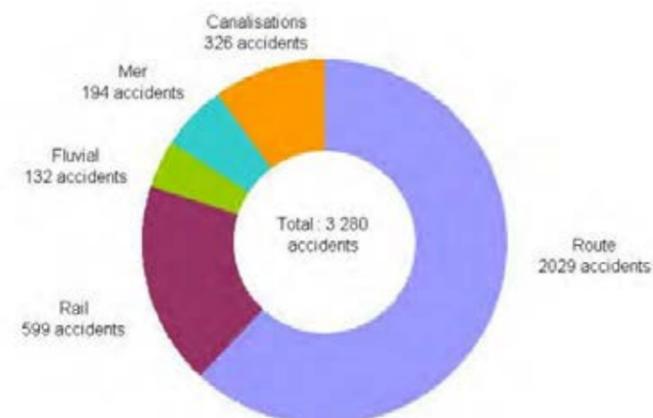


FIGURE 374 : NOMBRE D'ACCIDENTS DE TMD PAR TYPE DE TRANSPORT 1992-2011 [BASE ARIA, 2012]

Sur le projet, les études de trafic estiment entre 10 et 15% de poids lourds selon les sections. Or les TMD représentent environ 15% de la circulation des poids lourds (moyenne nationale). Cependant, ces accidents sont surtout plutôt rares en France avec 150 à 200 événements par an soit 1,5 % des accidents de poids lourds seulement, et isolés puisque 80 % de ces accidents surviennent en rase campagne et n'ont pas d'effets sur les populations.

De plus, l'importance accordée à la sécurisation de l'infrastructure et son haut niveau de service permettront de limiter les risques d'accidents. Par ailleurs, la loi interdit les constructions ou installations en dehors des espaces urbanisés dans une bande de 100m de part et d'autre de l'axe d'une autoroute.

Enfin, l'arrivée des secours sera efficacement organisée et un plan d'intervention et de secours (PIS) sera mis en place.

Effet lié à un accident de la route

Trois principaux risques sont à craindre vis-à-vis du transport routier : l'explosion, l'incendie et le nuage toxique.

L'explosion peut être occasionnée par un choc avec production d'étincelles (notamment pour les citernes de gaz inflammables), par l'échauffement d'une cuve de produit volatil ou comprimé, par le mélange de plusieurs produits ou par l'allumage inopiné d'artifices ou de munitions. Une explosion consécutive à la rupture d'enceinte, due à la formation de mélanges particulièrement réactifs ou à un incendie, peut provoquer des effets thermiques, mais également mécaniques (effet de surpression), du fait de l'onde de choc.

À proximité du sinistre et jusque dans un rayon de plusieurs centaines de mètres, les blessures peuvent être très graves et parfois mortelles : brûlures, asphyxie, lésions internes consécutives à l'onde de choc, traumatismes dus aux projectiles. Au-delà d'un kilomètre, les blessures sont rarement très graves.

L'incendie peut être causé par l'échauffement anormal d'un organe du véhicule, un choc contre un obstacle (avec production d'étincelles), l'inflammation accidentelle d'une fuite, une explosion au voisinage immédiat du véhicule, voire un sabotage. 60% des accidents de TMD concernent des liquides inflammables.

Un incendie de produits inflammables solides, liquides ou gazeux engendre des effets thermiques (brûlures) qui peuvent être aggravés par des problèmes d'asphyxie et d'intoxication, liés à l'émission de fumées toxiques. Un incendie peut provoquer des brûlures à des degrés variables selon la distance à laquelle il se produit.

Le nuage toxique peut provenir d'une fuite de produit toxique ou résulter d'une combustion (même d'un produit non toxique), qui se propage à distance du lieu de l'accident. En se propageant dans l'air, l'eau et/ou le sol, les matières dangereuses peuvent être toxiques par inhalation, par ingestion directe ou indirecte lors de la consommation de produits contaminés, ou encore par contact. Les produits toxiques pénètrent principalement dans le corps par les poumons, mais la peau et les yeux risquent également d'être atteints. En fonction de la concentration des produits et de la durée de l'exposition aux produits, les symptômes peuvent varier d'une simple

irritation de la peau ou d'une sensation de picotements de la gorge, à des atteintes graves comme des asphyxies ou des oedèmes pulmonaires. Ces effets peuvent être ressentis jusqu'à quelques kilomètres du lieu du sinistre. Les conséquences du risque lié au transport des matières dangereuses varient notamment en fonction :

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

Le ministère de l'Ecologie énonce que le périmètre de danger immédiat en cas d'explosion d'un véhicule se situe dans un cercle de 300m de rayon. Comme développé dans la partie traitant des impacts sur l'environnement des TMD circulant sur le projet, plusieurs centaines de personnes sont exposées (en particulier à Val de Reuil, Oissel et Saint Etienne du Rouvray).

Les matières dangereuses transportées sont très diverses et se répartissent en treize classes présentées dans le tableau ci-après.

TABLEAU 83 : CLASSES DE MATIERES DANGEREUSES ET PRINCIPAUX RISQUES

| Classe | Type de marchandise | Principaux risques |
|--------|--|---|
| 1 | Matières et objets explosifs | Explosion |
| 2 | Gaz comprimés, liquéfiés ou dissous sous pression | Eclatement du récipient, intoxication, asphyxie, incendie, explosion, brûlure |
| 3 | Matières liquides inflammables | Incendie, explosion |
| 4.1 | Matières solides inflammables | Incendie, explosion |
| 4.2 | Matières sujettes à l'inflammation spontanée | Incendie |
| 4.3 | Matières, qui au contact de l'eau, dégagent des gaz inflammables | Incendie |
| 5.1 | Matières comburantes | Incendie, explosion, réaction violente |
| 5.2 | Péroxydes organiques | |
| 6.1 | Matières toxiques | Toxicité, empoisonnement |
| 6.2 | Matières infectieuses | Infection, maladie |
| 7 | Matières radioactives | Radioactivité, maladie, brûlure |
| 8 | Matières corrosives | Corrosivité, brûlure |
| 9 | Matières et objets dangereux divers | Divers, pollution |

La nature des accidents, en plus de la matière transportée, définit les dangers potentiels pour la santé. 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.

Effet sur la santé des pollutions accidentelles

Un accident est susceptible de polluer le milieu et directement ou indirectement d'avoir des effets sur la santé par ce biais.

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 ;
- la pollution de l'air.

Les pollutions accidentelles peuvent avoir ainsi des effets directs par :

- dégagement d'un nuage toxique provoquant une intoxication par inhalation ;
- effet de souffle (matières explosives) ;
- brûlures (matières inflammables) ;
- déversement de matières liquides contaminant des eaux exploitées (pour la consommation en eau potable, irrigation...)

Elles peuvent aussi présenter des effets indirects par contamination de sols cultivés et fixation sur les végétaux.

Les risques pour l'homme de ces effets indirects résultent de :

- la consommation de produits végétaux contaminés par des polluants ;
- l'utilisation de végétaux pour l'alimentation du bétail, avec risque de contamination des tissus animaux et des produits lactés ;
- la contamination des chaînes alimentaires par le biais de la bioaccumulation, l'homme étant situé en bout de chaîne alimentaire ;
- le contact direct avec des éléments souillés (eau, sol, végétaux).

Les effets sur la santé sont aussi divers que la nature des matières dangereuses transportées.

5.1.4 Effets des pesticides sur la santé¹⁵

Les pesticides qui sont susceptibles d'être utilisés pour l'entretien des bordures de voirie et des délaissés ne sont pas sans effet sur la santé.

Les trois voies d'exposition liées aux opérations de désherbage sont :

- aérienne ;
- orale ;
- cutanée.

Les principales voies de contamination et les principaux risques pour l'homme sont :

- le risque de pollution de l'air ;
- le risque de contamination des eaux exploitées pour l'alimentation en eau potable ;
- le risque de pollution des eaux de baignade en cas de déversement direct ;
- le contact direct de matériaux pollués (sols, eaux, etc).

Il existe cependant un risque d'effets indirects (contamination de sols cultivés, fixation sur les végétaux...).

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

Les effets des pesticides à court terme et pour des doses élevées sont bien connus, notamment grâce à de nombreuses études menées concernant les agriculteurs. Ainsi, le risque de contamination lors de l'épandage des pesticides (en milieu ouvert ou fermé) est très dépendant du type de matériel utilisé et des caractéristiques du produit (liquide, poudre...). Le nettoyage du matériel après utilisation est aussi une phase où les contaminations peuvent être relativement fortes.

Plusieurs études ont montré que l'usage des équipements de protection individuelle (EPI) ne garantit pas une protection absolue de l'opérateur et qu'il existe des différences majeures d'exposition entre individus indépendamment de l'usage d'EPI. Les contaminations accidentelles liées au débouchage des buses en cours de

traitement ou à des débordements de cuve semblent être des sources d'expositions majeures.

En population générale, la voie orale est souvent considérée comme la voie d'exposition la plus importante. Elle est due à l'ingestion d'aliments ou de boissons contenant des résidus de pesticides ainsi qu'à l'ingestion non alimentaire (poussières), surtout chez les enfants (onychophagie, comportement exploratoire et oralité des enfants...).

En France métropolitaine, en 2007, la présence de pesticides dans les eaux de surface et souterraines (eaux brutes) est avérée dans 91 % des points de contrôle des cours d'eau et 59 % des points de contrôle des eaux souterraines.

De par leur emploi, généralement en circuit ouvert, et de par leur capacité à se disperser au-delà de la cible visée, les pesticides constituent un risque pour les organismes « non cibles » tels que l'Homme. L'emploi inadéquat de ces produits peut entraîner à très court terme (heures, jours) des troubles de la santé. Ces troubles, le plus souvent reliés au même mécanisme mis en jeu par le pesticide dans son action contre le nuisible, sont regroupés sous le terme d'intoxications aiguës. Dans certains cas, ces troubles peuvent se manifester à moyen terme, en particulier en cas d'expositions répétées.

Le profil toxicologique aigu de la plupart des pesticides est assez bien connu. Les pathologies les plus étudiées sont les maladies et troubles neurologiques, les atteintes de la fonction de reproduction, les altérations du développement et les cancers. Le Centre International de Recherche sur le Cancer (IARC, www.iarc.fr) publie des fiches toxicologiques sur la plupart des produits phytosanitaires.

En revanche, les effets à long terme d'une exposition chronique sont plus difficiles à apprécier. Cependant, les travaux publiés mettent en avant des effets retardés sur la santé, essentiellement des cancers mais aussi des effets neurologiques et des troubles de la reproduction et du développement.

Pour le projet, l'objectif est de tendre vers le « zéro pesticides » par une bonne conception des dépendances vertes.

¹⁵ Pesticides Effets sur la santé, Expertise collective, Synthèse et recommandations, INSERM, 2013

5.1.5 Prolifération d'espèces végétales allergènes

L'Ambroisie à feuilles d'armoise (*Ambrosia artemisiifolia* L.) est une espèce végétale envahissante et en expansion sur tout le territoire national. Les raisons de cette expansion sont multiples – elle est avant tout favorisée par les activités humaines – et ses impacts négatifs sont particulièrement graves sur les plans agronomique et de la santé publique.

Le rapport n°1589 fait au nom de la Commission du Développement durable et de l'aménagement du territoire sur la proposition de loi visant à lutter contre l'ambroisie à feuilles d'armoise, l'ambroisie trifide et l'ambroisie à épis lisses (n° 964) identifie la multiplication des voies de communication (routes, autoroutes, voies ferrées, cours d'eau) comme une des causes majeures facilitant la dissémination de l'Ambroisie.

Le taux d'invasion de l'ambroisie a augmenté depuis les années 1990 et une augmentation du taux d'invasion est envisagée dans le futur. De par sa capacité d'adaptation, l'ambroisie profiterait d'un décalage des premières gelées en fin de saison pour produire plus de semences ou pour terminer son cycle de développement dans de nouvelles zones géographiques plus nordiques (Chauvel, 2009).

En région Haute-Normandie, une cartographie de sa répartition a été réalisée en 2011 et des pieds ont été observés au sud de Rouen, à proximité du projet, mais le projet n'est pas directement concerné par aucune :

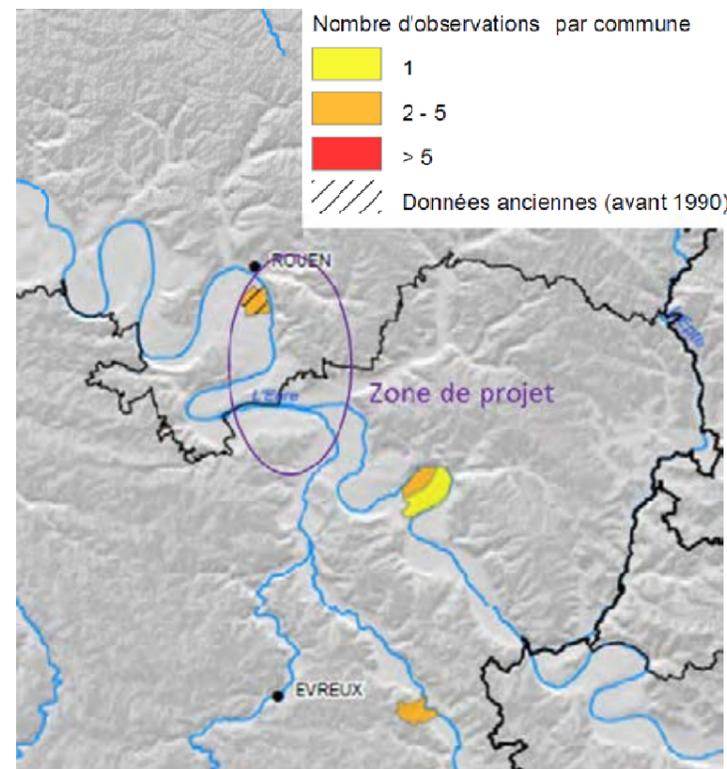


FIGURE 375 : EXTRAIT DE LA CARTE DE REPARTITION DE L'AMBROISIE EN REGION HAUTE-NORMANDIE [MINISTÈRE DU TRAVAIL, DE L'EMPLOI ET DE LA SANTE, JANVIER 2011]

Le pollen de l'ambroisie est très allergisant et responsable de diverses pathologies notamment de l'appareil respiratoire. Sur une échelle allant de 1 à 5, son potentiel allergisant est de 5. Il suffit de quelques grains de pollen par mètre cube d'air pour que des symptômes apparaissent chez les sujets sensibles : rhinite survenant en août-septembre et associant écoulement nasal, conjonctivite, symptômes respiratoires tels que la trachéite, la toux, et parfois urticaire ou eczéma. Dans 50% des cas, l'allergie à l'ambroisie peut entraîner l'apparition de l'asthme ou provoquer son aggravation. La fréquence de l'allergie à l'ambroisie est importante : selon la zone, 6 à 12% de la population exposée est allergique.

Le maître d'ouvrage est responsable de la prévention et de l'élimination de l'ambroisie ; il décide des modalités techniques de lutte et donne aux entreprises les moyens de cette action. Ces dernières doivent éviter toute contamination des chantiers, en particulier par les engins, et assurer la destruction de l'ambroisie.

Les techniques évitant le développement de l'Ambroisie consistent à ne pas faucher de mai à octobre pour laisser la végétation présente l'étouffer.

En cas d'abondance, il faut faucher régulièrement en évitant absolument l'utilisation de désherbants, qui dénuderait le sol et laisserait le champ libre à l'ambroisie. Afin de stopper la floraison et donc l'émission de pollen, il est conseillé de procéder à une coupe haute (supérieure à 10 cm) entre juillet et début août, puis une seconde coupe entre fin août et fin septembre.

5.1.6 Effets sur la qualité de vie

Une enquête spécifique, l'enquête sur la qualité de vie en France, a été réalisée en 2011 par l'Insee afin de considérer simultanément la plupart des dimensions de la qualité de vie :

- conditions de vie matérielles
- santé : mauvaise santé et mal-être émotionnel
- risques psychosociaux au travail
- manque de confiance dans la société (gouvernance et droits des individus)
- faiblesse des liens sociaux
- environnement dégradé
- insécurités économique et physique.

L'étude révèle que la faiblesse des liens sociaux ou le stress dans la vie courante jouent autant, voire davantage, que les contraintes financières. Viennent ensuite les difficultés liées à la santé, au logement et à l'insécurité physique et économique.

Un environnement dégradé ne jouerait pas sur le bien-être ressenti, de même que les tensions perçues au sein de la société. En revanche, les actifs occupant un emploi et en situation de mal-être au travail sont également plus fréquemment ceux qui déclarent une moindre satisfaction.

En ce qui concerne le projet de liaison A28-A13, il est susceptible d'avoir des impacts sur le bien-être via :

- La diminution de l'isolement social au travers du développement d'espaces publics de convivialité et du réseau de transports en commun qui permettra à ceux ne pouvant posséder une voiture de se déplacer plus facilement
- La diminution du stress provoqué par les embouteillages récurrents et le passage de nombreux poids lourds dans Rouen (bruit, odeurs, ...).

5.2 Effets sur la santé en phase travaux

Les travaux liés à la mise en oeuvre du projet sont susceptibles de générer des perturbations temporaires durant le chantier.

5.2.1 Qualité de l'air

Les effets sur la qualité de l'air pendant la période des travaux sont par nature limités dans le temps et dans l'espace. Cependant, ils ne sont pas négligeables car ils engendrent des gênes pour les usagers et riverains du site. Les effets majeurs de ce chantier, du point de vue de la qualité de l'air, concernent les rejets de poussières dans l'atmosphère qui risquent d'être inhalées. Tout chantier est générateur de poussières. Les sources de ces poussières concernent essentiellement :

- Les mouvements des engins mobiles d'extraction lors des terrassements ;
- Le traitement des sols en place ;
- La circulation des engins de chantiers (chargement, déchargement et transport) ;
- Les travaux d'aménagement et de construction.

Les poussières émises par les engins d'extraction diminueront notablement au fur et à mesure de l'avancement des travaux. Les matériaux excavés seront humides, compactés et directement évacués hors du chantier, réduisant ainsi fortement le risque d'émission de poussières.

Les poussières produites par des phénomènes mécaniques sont des particules grossières de diamètre supérieur à 10 µm. De ce fait, elles sédimentent assez vite après émission et leur transport dans l'atmosphère est en général limité aux courtes distances. L'envol de poussières est également limité aux périodes sèches avec vents forts. Il est par ailleurs lié à la nature du substrat supportant le chantier (sols crayeux en période sèche). Il est peu probable que les zones de dépôt des matériaux génèrent des émissions importantes et continues de poussières.

La chaux vive, non polluante, est utilisée pour éviter les envois de particules grâce à sa propriété coagulante.

5.2.2 Nuisances sonores

Durant les travaux, les principales sources de nuisances acoustiques sont issues :

- Des engins (circulation, défrichage, avertisseurs sonores),
- Des moteurs (groupes électrogènes, compresseurs, engins divers...)
- De la circulation des poids lourds transportant les matériaux ainsi que les intervenants du chantier.

Les dangers pour la santé humaine liés au bruit ont été présentés précédemment. Concernant les effets auditifs du bruit, l'exposition à un bruit intense, si elle est prolongée ou 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 tels 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 ne sont pas à craindre lors des travaux, hormis à proximité des installations de chantiers fixes. Compte tenu de la configuration du site, les nuisances sur les riverains seront relativement limitées. En effet, seules quelques constructions sont situées à proximité immédiate de zones de travaux (à Val-de-Rueil, Oissel, Saint-Etienne-du-Rouvray) et sont pour la plupart des zones d'activités. À noter la présence de quelques habitations au sein de la zone d'activités d'Oissel.

Le respect des horaires de chantier et la communication auprès des riverains permettront d'améliorer l'acceptabilité des nuisances sonores du chantier

5.2.3 Impacts vibratoires

Il existe de nombreuses sources vibratoires naturelles ou artificielles que l'on peut classer en fonction de leur fréquence d'émission :

- Polisseuses, ébardeuses (>300 Hz)
- meuleuses, foreuse à roto-percussion (100 à 300 Hz)
- circulation ferroviaire, brise-roches, batteurs (50 à 100 Hz)
- tirs de mine, compacteurs vibrants, vibrofonceurs, marteau-piqueurs, circulation routière (5 à 50 Hz)
- tirs de mine à grande distance, mouton-diesel, effet de souffle aérien d'une explosion, bang supersonique (1 à 5 Hz)
- séismes, houle, véhicules vis à vis de ses passagers (<1 Hz).

On considère globalement que la nocivité d'une vibration est proportionnelle à son amplitude, sa durée et sa répétitivité et inversement proportionnelle à sa fréquence.

Les seuils de perception des vibrations par les personnes sont très inférieurs au seuil de dommage sur les structures (valeur minimale de probabilité de dommage : 2 mm/s). Ils dépendent de la position des individus par rapport au support vibrant, de leur activité au moment de la sollicitation et de la fréquence des vibrations. La transformation d'une simple perception en gêne dépend de la durée et de la répétitivité de la sollicitation mais aussi de la sensibilité des individus et de leurs sentiments vis à vis de la source vibratoire. La concomitance de ces vibrations avec une autre nuisance, tel que le bruit, accentue la gêne ressentie sans que l'on puisse dissocier la part de chaque source de nuisance dans le sentiment d'inconfort.

La phase chantier est susceptible de générer des vibrations qui seront particulièrement ressenties par les ouvriers, mais aussi par les plus proches riverains.

L'origine des vibrations proviendra principalement des engins circulant sur les pistes, ainsi que des travaux lourds. La gêne induite par les vibrations est très variable et parfois simultanée avec d'autres types de nuisances. À noter que l'amortissement est généralement très rapide avec la distance. Au regard de la situation de la zone d'étude vis-à-vis des riverains, les effets des vibrations sur la santé sont dérisoires.

L'article R4446-1 du Code du travail stipule que le médecin du travail exerce une surveillance médicale renforcée pour les travailleurs exposés à un niveau de vibrations mécaniques supérieur aux valeurs limites d'exposition journalières qui sont de 2,5 m / s² pour les vibrations transmises aux mains et aux bras ; et de 0,5 m / s² pour les vibrations transmises à l'ensemble du corps. Par ailleurs, il est interdit d'affecter les jeunes travailleurs à des travaux les exposant à un niveau de vibration supérieur à ces valeurs d'exposition journalière.

5.2.4 Risque de pollution de l'eau et des sols

Des dispositifs seront mis en oeuvre afin d'assurer la protection de la ressource en eau. Cependant, des risques subsistent sur le chantier vis-à-vis de la ressource en eau et des sols qui 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 ;
- aux incidents de chantier (lors de l'approvisionnement en hydrocarbures, en cas de fuites d'engins, etc.).

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.

Il existe de plus, un risque d'effets indirects (contamination de sols cultivés, fixation sur les végétaux, etc. consommés ensuite par l'homme ou les animaux). 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 fonctionnement normal, un plan général de sécurité et de protection de la santé des travailleurs doit être appliqué sur le chantier. Ce plan permet de protéger les travailleurs et d'éviter les impacts négatifs sur l'environnement.

Si un accident lié à la manipulation et au stockage de produits polluants survient un "plan d'intervention et de secours en cas d'accident", déjà mis en place, est déclenché et permet de limiter la contamination possible des travailleurs.

Si toutefois, un accident se produit, afin de réduire les impacts sur l'homme et sur l'environnement, la pollution accidentelle est maîtrisée grâce à la mise en place de dispositifs de traitement adaptés comme des bassins de rétention permettant de récolter les eaux polluées. De plus, la nature des matériaux utilisés est non polluante. Les impacts sur l'homme, directs (pollution des eaux) ou indirects (pollution des sols cultivés), sont alors limités.

Nota : les éléments développés dans le présent chapitre constituent des données générales qui viennent compléter les informations mentionnées dans les chapitres relatifs à l'impact sur l'acoustique, la qualité de l'air, la pollution des sols et la pollution lumineuse. Nous invitons le lecteur à se référer à ces parties afin d'avoir plus d'informations.