



Vulnérabilité et résilience du territoire face aux transports de marchandises dangereuses (TMD) dans un contexte transfrontalier

Emmanuel Garbolino, Dalanda Lachtar

► To cite this version:

Emmanuel Garbolino, Dalanda Lachtar. Vulnérabilité et résilience du territoire face aux transports de marchandises dangereuses (TMD) dans un contexte transfrontalier. Chiara Bersani and Roberto Sacile editors. Sécurité des Transports des Marchandises dans l'Eurorégion Alpes-Méditerranéennes, DIST-UNIGE, p. 186-255 - Chapitre 2, 2012. <hal-00754586>

HAL Id: hal-00754586

<https://minesparis-psl.hal.science/hal-00754586v1>

Submitted on 20 Nov 2012

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



HAL Authorization

2

VULNERABILITÀ E RESILIENZA DEL TERRITORIO IN RIFERIMENTO AL TRASPORTO DELLE MERCI PERICOLOSE (TMD) IN CONTESTO TRANSFRONTALIERO

INTRODUZIONE

L'esplosione di una cisterna di propano a Saint-Amand-les-Eaux (France) nel 1973, ha causato 9 morti et 45 feriti e distrutto 9 veicoli e 13 case. Quella di propylène à Los Alfaquès (Spagna) nel 1978 in prossimità d'un camping, ha provocato 216 morts et 200 feriti. L'esplosione di una cisterna d'ammoniaca a Dakar (Sénégal) nel 1992 ha causato la morte di 129 persone e ne ha ferite altre 1150. L'incendio di alcuni vagoni di idrocarburi a La-Voulte-sur-Rhône (France) nel 1993 ha totalmente distrutto 5 case e ha prodotto al meno 70 milioni di

INTRODUCTION

L'explosion d'une citerne de propane à Saint-Amand-les-Eaux (France) en 1973, fit 9 morts et 45 blessés et détruisit 9 véhicules et 13 maisons. Celle d'un camion de propylène à Los Alfaquès (Espagne) en 1978 à proximité d'un camping, fit 216 morts et 200 blessés. L'explosion d'une citerne d'ammoniac à Dakar (Sénégal) en 1992 entraîna la mort de 129 personnes et en blessa 1150 autres. L'incendie de plusieurs wagons d'hydrocarbures à La-Voulte-sur-Rhône (France) en 1993 a détruit totalement 5 maisons et a induit au moins 70 millions de francs de



VULNERABILITÉ ET RESILIENCE DU TERRITOIRE FACE AUX TRANSPORTS DE MARCHANDISES DANGEREUSES (TMD) DANS UN CONTEXTE TRANSFRONTALIER

dommages matériels. L'explosion d'un gazoduc à Ghislenghien (Belgique) en 2004 a fait 24 morts et plus de 150 blessés entraînant plusieurs millions d'euros de dommages matériels.

Si les accidents majeurs de transport de matières dangereuses (TMD) restent rares, leurs conséquences sont généralement très graves : nombreuses victimes, dommages matériels et environnementaux, pertes économiques.

franchi di danni materiali L'esplosione di un gasdotto a Ghislenghien (Belgio) nel 2004 ha provocato 24 morti et più di 150 feriti causando molti milioni di euro di danni materiali.

Sebbene gli incidenti rilevanti riguardanti il trasporto delle merci pericolose (TMD) siano rari le loro conseguenze sono generalmente molto gravi : numerose vittime, danni materiali e ambientali , perdite economiche.

Il rischio legato al trasporto delle merci pericolose solleva numerose domande riguardanti le modalità degli incidenti, le potenziali conseguenze e la vulnerabilità degli spazi situati su entrambe le parti degli assi di trasporto. E' dunque necessario valutare la vulnerabilità territoriale.

La prima parte di questo studio presenta il contesto e lo scopo principale dell'analisi della vulnerabilità e della resilienza. La seconda parte comprende un'introduzione sull'ambito generale del trasporto delle merci pericolose e presenta il progetto SECTRAM il quale contribuisce alla sicurezza del trasporto delle merci. Dopo aver identificato alcune bibliografie sulla vulnerabilità, la terza parte propone un metodo di valutazione in riferimento ai rischi legati al trasporto di merci pericolose. Nella quarta parte del documento viene realizzata un'applicazione di questo metodo nel caso concreto delle regioni del PACA e Rhône-Alpes. Si focalizza l'attenzione sulle modalità di trasporto stradale e ferroviaria preponderanti nel TMD. La quinta parte infine presenta i risultati, le conclusioni e le prospettive dei lavori di ricerca sui rischi legati ai flussi di merci pericolose nello spazio transfrontaliero.

1 _ SCOPO DELLO STUDIO

L'obiettivo principale del progetto è lo sviluppo di soluzioni logistiche comuni per migliorare la sicurezza dei servizi e delle infrastrutture di trasporto a livello transfrontaliero e interregionale. Si tratta di un lavoro in collaborazione con ARMINES, l'Università di Genova, il Gruppo di Gestione del Frejus e la Région Liguria.

Il progetto SECTRAM si articola in una serie di attività aventi lo scopo di promuovere la sicurezza del trasporto merci.

- Definizione e analisi della vulnerabilità delle principali infrastrutture critiche sul territorio ;
- Analisi dei flussi di merci sul territorio considerato e identificazione delle infrastrutture di trasporto e di parcheggio ;
- Valutazione della sicurezza degli scenari basati su trasporti multimodali delle merci ;
- Definizione e realizzazione della sperimentazione di un servizio

Les risques liés au transport de matières dangereuses soulèvent de nombreuses interrogations concernant leurs modalités d'occurrence, leurs conséquences potentielles et la vulnérabilité des espaces situés de part et d'autre des axes de transport. La nécessité d'évaluer la vulnérabilité territoriale face à ce risque apparaît.

La première partie de cette étude présente le contexte et l'objectif principal de l'analyse de la vulnérabilité et de la résilience. La deuxième partie comprend une introduction au cadre général du transport de marchandises dangereuses et présente le projet SECTRAM qui contribue à la sécurité du transport de marchandises. Après avoir identifié quelques repères bibliographiques concernant la vulnérabilité, la troisième partie propose une méthode d'évaluation de celle-ci face aux risques liés au transport de matières dangereuses. Une application de cette méthode au cas concret des régions PACA et Rhône-Alpes est réalisée dans la quatrième partie du rapport. L'attention s'est focalisée sur les modes de transport routier et ferroviaire qui sont prépondérants pour le TMD. La cinquième partie présente les résultats, la conclusion et les perspectives de ces travaux de recherche sur les risques liés aux flux de marchandises dangereuses dans un espace transfrontalier.

1 _ OBJECTIF DE L'ÉTUDE

L'objectif principal du projet est le développement de solutions logistiques communes pour améliorer la sécurité des services et des infrastructures de transport au niveau transfrontalier et interrégional. Il s'agit d'un travail de collaboration entre ARMINES, l'Université de Gênes, le Groupement d'Exploitation du Fréjus et la Région Ligure.

Le projet SECTRAM s'articule autour d'une série d'activités ayant pour but de promouvoir la sécurité du transport de marchandises

- Définition et analyse de la vulnérabilité des principales infrastructures de transport critiques sur le territoire ;
- Analyse des flux de marchandises sur le territoire considéré et identification des infrastructures de transport et de stationnement ;
- Evaluation de la sécurité des scénarios fondés sur les transports multimodaux des marchandises ;
- Définition et réalisation de l'expérimentation d'un service d'informations

Multi-Utilisateurs sur le trafic routier ;

- Etude de faisabilité pour la création d'un Centre de Monitoring Transfrontalier (CMT) de gestion du trafic des marchandises en temps réel : application aux matières dangereuses ;
- Réalisation d'un prototype de système WEB-GIS pour un Centre de Monitoring Transfrontalier.

Contribution au projet: évaluer la vulnérabilité du territoire PACA et Rhône-Alpes face au risque de TMD

Ce travail s'inscrit dans les 3 premières phases du projet SECTRAM. La première étape consiste à appréhender la notion de vulnérabilité afin de développer une méthode d'évaluation de la vulnérabilité du territoire face au TMD.

Dans un deuxième temps, la phase d'analyse des flux de marchandises comprend l'identification des territoires sujets au transit des flux de marchandises dangereuses et le recueil de données complémentaires (densité de population, proximité d'ICPE et d'ERP, etc.). Ces dernières sont utiles pour l'évaluation des éléments critiques sur le territoire.

Par la suite, cette méthode d'évaluation de la vulnérabilité sera appliquée à un Système d'Information Géographique (SIG) pour le transport de marchandises dangereuses par route et par rail, pour le propane et le chlore afin de confronter et discuter les résultats.

Le chapitre suivant, propose une méthode d'évaluation de la vulnérabilité du territoire face aux risques liés au TMD mais avant, il présente le concept de vulnérabilité.

informativo multi-utente sul traffico stradale;

- Studio di fattibilità per la creazione di un Centro di Monitoraggio Transfrontaliero (CMT) di gestione del traffico merci in tempo reale : applicazione di quest'ultimo alle materie pericolose;
- Realizzazione di un prototipo di sistema WEB-GIS per il Centro di Monitoraggio Transfrontaliero.

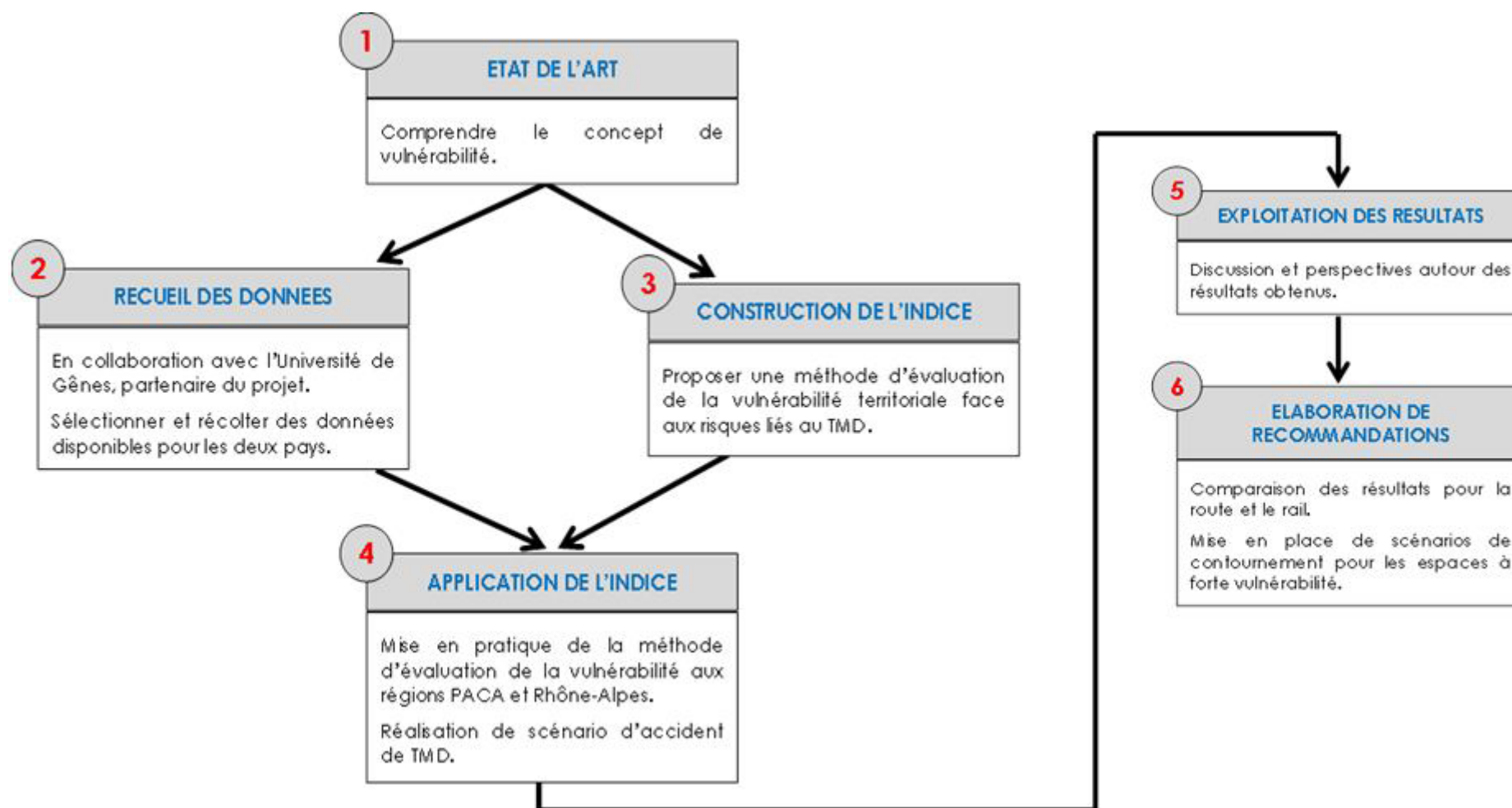
Contributo al progetto: valutazione della vulnerabilità del territorio PACA e Rhone-Alpes in riferimento al rischio di TMD

Questo lavoro è da attribuirsi alle prime tre fasi del progetto SECTRAM. La prima tappa consiste nell'apprendere la nozione di vulnerabilità del territorio in riferimento al TMD.

Nella seconda tappa, la fase di analisi dei flussi di merci comprende l'identificazione dei territori soggetti ai transiti dei flussi di merci pericolose e la raccolta di dati supplementari (densità di popolazione, vicinanza d'ICPE e d'ERP, etc) utili per la valutazione degli elementi critici sul territorio.

In seguito, questo metodo di valutazione della vulnerabilità sarà applicato ad un sistema informativo geografico (GIS) per il trasporto di merci pericolose quali il propano e il cloro, via strada e via ferrovia, al fine di confrontarne e discuterne i risultati.

Il capitolo seguente, dopo aver esposto il concetto di vulnerabilità, propone un metodo di valutazione della vulnerabilità del territorio in relazione ai rischi legati al TMD.



sei tappe della realizzazione dello stage
six étapes de la réalisation du stage

2_PROPOSITION D'UNE MÉTHODE D'ÉVALUATION DE LA VULNÉRABILITÉ ET RÉSILIENCE TERRITORIALE FACE AU RISQUE DE TMD

Le terme « vulnérabilité » vient du latin « vulnerabilis » signifiant « qui peut être blessé », « qui blesse ». L'usage du concept de vulnérabilité utilisé dans les études de risque remonte à une trentaine d'années tout au plus et s'est surtout généralisé au cours de la dernière décennie.

Cette partie s'attache à définir la notion de vulnérabilité, composante essentielle du risque au même titre que les aléas et plus récemment les enjeux, et propose une méthode d'évaluation de la vulnérabilité du territoire face aux risques liés au TMD.

2.1_Le concept de vulnérabilité

La vulnérabilité territoriale : l'espace social comme objet d'étude

D'Ercole et Metzger expliquent que « la vulnérabilité territoriale renvoie à l'idée qu'il existe, au sein de tout territoire, des éléments localisables susceptibles d'engendrer et de diffuser leur vulnérabilité à l'ensemble du territoire, provoquant des effets qui peuvent perturber, compromettre, voire interrompre son fonctionnement et son développement. Dans cette logique, l'analyse de la vulnérabilité territoriale vise prioritairement à identifier, caractériser et hiérarchiser les espaces à partir desquels se crée et se diffuse la vulnérabilité au sein du territoire ».

Ces auteurs proposent ainsi de s'intéresser à l'identification et la localisation des enjeux majeurs vulnérables, ce indépendamment du type d'aléa, car ils constituent les éléments indispensables au fonctionnement du territoire.

Lors de la cartographie des enjeux majeurs de leur terrain d'étude, le district

2_PROPOSTA DI UN METODO DI VALUTAZIONE DI VULNERABILITÀ E RESILIENZA TERRITORIALE IN RIFERIMENTO AL RISCHIO TMD

Il termine « vulnerabilità » deriva dal latino « vulnerabilis » che significa « ciò che può essere ferito » « che ferisce ». L'uso del concetto di vulnerabilità utilizzato negli studi di rischio risale al massimo a una trentina d'anni fa e si è esteso soprattutto nel corso dello scorso decennio.

Questa parte va a definire la nozione di vulnerabilità quale componente essenziale del rischio allo stesso titolo che il rischio non prevedibile (più recentemente anche l'esposto), e propone un metodo di valutazione della vulnerabilità del territorio in riferimento ai rischi legati al TMD.

2.1_Il concetto di vulnerabilità

Vulnerabilità territoriale: lo spazio sociale come oggetto di studio

D'Ercole et Metzger spiegano che « la vulnerabilità territoriale rimanda all'idea che esistano, in tutto il territorio, elementi localizzabili suscettibili di generare e diffondere vulnerabilità all'insieme del territorio, provocando effetti che possono perturbare, compromettere o addirittura interrompere il funzionamento e lo sviluppo. In questa logica, l'analisi della vulnerabilità tende primariamente a identificare, caratterizzare e gerarchizzare gli spazi a partire dai quali la vulnerabilità sul territorio si crea e si diffonde ».

Questi autori propongono anche di interessarsi all'identificazione e localizzazione dei principali esposti vulnerabili indipendentemente dal tipo di rischio poiché costituiscono gli elementi indispensabili al funzionamento del territorio.

Nella cartografia dei principali esposti del loro ambito di studio, i distretti

metropolitani di Quito, D'Ercole e Metzger recensiscono, per esempio, gli esposti legati alla popolazione e ai suoi essenziali bisogni come : popolazione, educazione, sanità, i divertimenti e il patrimonio. Altri autori come Robert e Morabito (1996), Demoraes (2004) o ancora Siera (2009) si sono interessati all'identificazione di infrastrutture chiave quali fattori della vulnerabilità del territorio.

Questa definizione di vulnerabilità si integra allo schema qui proposto poiché permette di studiare il territorio nel suo insieme. Tuttavia, il metodo proposto deve tenere anche conto del grado di sensibilità di questi elementi in riferimento al rischio, ed è ciò che ci si propone di esaminare nella parte seguente.

La vulnerabilità biofisica della popolazione e delle strutture

La vulnerabilità biofisica, secondo Brooks (2003) è legata al livello di danneggiamento degli esposti, siano essi umani o materiali. Essa dipende dunque dall'impatto fisico del rischio sugli esposti o per meglio dire dalla sensibilità del sistema studiato nell'affronto del rischio.

L'uso delle soglie degli effetti letali permette di caratterizzare la sensibilità della popolazione e dei materiali in riferimento ai fenomeni pericolosi. Si distinguono tre soglie :

- La soglia degli effetti irreversibili ; al di là della quale lesioni o postumi appariranno duraturi in seguito all'esposizione tossica.
- La soglia degli effetti letali primari : corrispondente a una concentrazione letale per l'1 % delle persone esposte
- La soglia degli effetti letali significativi : corrispondente a una concentrazione letale per il 5 % delle persone esposte.

In Francia, l'Istituto Nazionale dell'Ambiente, industria e Rischi e l'Istituto Nazionale di Ricerca e Sicurezza si occupano di fornire le informazioni sulla vulnerabilità degli esseri viventi e dei materiali.

Quando si verifica un incidente di camion che trasporta propano, si produce un BLEVE che per impatto provoca la formazione di una bolla di fuoco il cui raggio termico può oltrepassare più dozzine di metri e durare alcuni secondi.

Per capire gli effetti di un simile incidente la tabella 1 presenta le soglie di vulnerabilità umane e materiali.

métropolitain de Quito, D'Ercole et Metzger recensent, par exemple, les enjeux liés à sa population et ses besoins essentiels, comme étant : la population, l'éducation, la santé, les loisirs, et le patrimoine. D'autres auteurs, comme Robert et Morabito (1996), Demoraes (2004) ou encore Siera (2009) se sont intéressés à l'identification des infrastructures clés comme facteurs de la vulnérabilité du territoire.

Cette définition de la vulnérabilité s'intègre à la démarche proposée ici puisqu'elle permet l'étude du territoire dans son ensemble. Cependant, la méthode proposée doit aussi tenir compte du degré de sensibilité de ces éléments face à l'aléa. C'est ce que l'on se propose d'étudier dans la partie suivante.

La vulnérabilité biophysique de la population et des structures

La vulnérabilité biophysique, d'après Brooks (2003), est liée au niveau d'endommagement des enjeux, qu'ils soient humains ou matériels. Elle dépend donc de l'impact physique de l'aléa sur les enjeux, ou autrement dit, de la sensibilité du système étudié à faire face à l'aléa.

L'usage des seuils des effets létaux, permet de caractériser la sensibilité de la population et des matériaux face aux phénomènes dangereux. On distingue trois seuils :

- Le seuil des effets irréversibles : seuil au-delà duquel des lésions ou séquelles apparaîtront durablement, suite à l'exposition au toxique.
- Le seuil des premiers effets létaux : correspondant à une concentration létale pour 1% des personnes exposées.
- Le seuil des effets létaux significatifs : correspondant à une concentration létale pour 5% des personnes exposées.

En France, c'est l'Institut National de l'Environnement industrie et des Risques (INERIS) et l'Institut National de Recherche et de Sécurité (INRS) qui produisent les informations sur la vulnérabilité des êtres vivants et des matériaux.

Lors d'un accident de camion transportant du propane, il se produit un BLEVE ayant pour impact la formation d'une boule de feu dont le rayonnement thermique peut dépasser plusieurs dizaines de mètres et durer plusieurs secondes.

Pour comprendre les effets d'un tel accident, le tableau 1 présentent les seuils de vulnérabilité de l'homme et des matériaux.

Soglia espressa in kW/M ² <i>Seuils, exprimés en Kw/m²</i>	Effetti sugli uomini <i>Effets sur les hommes</i>	Effetti sulle strutture <i>Effets sur les structures</i>
3	Effetti irreversibili <i>Effets irréversibles.</i>	-
5	Comparsa dei primi effetti letali <i>Apparition des premiers effets létaux.</i>	Distruzioni significative di vetri <i>Destruction significative des vitres</i>
8	Effetti letali significativi <i>Effets létaux significatifs.</i>	Effetto domino per propagazione dell'incendio, bolle sulla pittura, deformazione materie sintetiche <i>Effet domino par propagation de l'incendie, cloques sur la peinture, déformation des matières synthétiques.</i>
16	-	Tenuta limitata delle strutture per esposizione prolungata eccetto quelle costruite in cemento, incendio e distruzione del legno e delle materie sintetiche <i>Tenue limite des structures pour une exposition prolongée, hors béton. Inflammation et destruction du bois et des matières synthétiques.</i>
20	-	Tenuta del cemento per qualche ora <i>Tenue du béton pendant plusieurs heures.</i>
200	-	Distruzione del cemento in qualche decina di minuti <i>Ruine du béton en quelques dizaines de minutes.</i>

soglie di vulnerabilità umana e materiale ai flussi termici
seuils de vulnérabilité des hommes et matériaux aux flux thermiques

La démarche proposée s'intéresse avant tout à déterminer la sensibilité des enjeux face à des seuils spécifiques d'effets physiques et chimiques relatifs aux phénomènes dangereux pouvant se produire. Certains auteurs se sont intéressés à la vulnérabilité propre au transport de matières dangereuses.

Vulnérabilité et résilience appliquées à la problématique des TMD

Dans un article publié en janvier 2007, Chloé Griot (2007) propose une définition de la vulnérabilité spécifique aux risques de TMD qui s'intéresse en particulier

Lo schema proposto tende innanzitutto a determinare la sensibilità degli esposti in riferimento a soglie specifiche di effetti fisici e chimici relativi ai fenomeni pericolosi che possono prodursi. Alcuni autori si sono interessati alla vulnerabilità associata al trasporto di merci pericolose.

Vulnerabilità e resilienza applicate alla problematica dei TMD

In un articolo pubblicato nel gennaio 2007, Chloé Griot (2007) propone una definizione della vulnerabilità specifica dei rischi TMD che riguarda soprattutto i

servizi di soccorso. Tale definizione è espressa nella seguente formula:

$$\text{Vulnerabilità} = f(\text{cibles, niveau de sensibilité, degré d'exposition})$$

dove:

“Obiettivi sensibili presenti: umani, (popolazione residente, ospedali, scuole...) materiali (stabilimenti pericolosi, infrastrutture stradali...) ambientali (nappes freatiche, zone agricole...).

Livello di sensibilità: sensibilità degli obiettivi possibili, eventuali conseguenze prevedibili sugli obiettivi.

Grado di esposizione al rischio: distanza che separa l’obiettivo dalla sorgente del pericolo, vicinanza delle zone incidentali, capacità di affrontare l’incidente.”

Questo metodo, di stampo operativo, è completo, tuttavia s’appoggia su dati esperienziali e sul lavoro degli attori di gestione di crisi legate al TMD che noi non possediamo.

Nei suoi lavori di Abilitazione a Dirigere Ricerche, Emmanuel Garbolino (2009) propone d’interessarsi ai legami tra gli elementi del territorio che possono accentuare la gravità di un incidente o, al contrario, contribuire a ridurre le conseguenze di tale avvenimento. Egli definisce questi elementi minori come fattori di resilienza “che permettono agli esposti di tornare ad uno stato vicino a quello considerato prima dell’avvenimento del fenomeno pericoloso”.

Infatti, prendere in considerazione gli elementi del territorio come fattori aggravanti e resilienti presenta il vantaggio di poter studiare non solo le debolezze ma anche i punti di forza dello spazio in esame.

Per questa ragione nel nostro metodo è stato realizzato un duplice indice:

- Indice di Vulnerabilità: per misurare i danni umani e materiali e permettere la prevenzione in riferimento agli incidenti TMD.
- Indice di resilienza: per misurare l’impatto degli attori di riduzione del fenomeno e permettere ai decisori pubblici di ottenere buoni risultati nella gestione di crisi.

Per questo motivo ci interessiamo agli elementi di vulnerabilità e resilienza lungo gli assi stradali o ferroviari della regione PACA e Rhone Alps. Il metodo di valutazione permetterà di cartografare la vulnerabilità del territorio secondo un particolare fenomeno pericoloso e attraverso lo studio della sua resilienza, di poter conoscere la sua rapidità a rispondere alla crisi.

aux services de secours. Cette définition est exprimée selon la formule suivante:

$$\text{Vulnerabilité} = f(\text{cibles, niveau de sensibilité, degré d'exposition})$$

Où:

“Les cibles vulnérables en présence : humaines (population résidentielle, hôpitaux, écoles...), matérielles (établissement dangereux, infrastructures routières...), environnementales (nappes phréatiques, zones agricoles...),

Leur niveau de sensibilité : sensibilité des cibles aux différents effets possibles, conséquences potentielles envisageables sur les cibles,

Leur degré d'exposition à l'aléa : distance séparant la cible de la source de danger, proximité des zones accidentogènes, capacité de faire face à l'accident.”

Cette méthode, à vocation opérationnelle, est très complète. Cependant, elle s’appuie sur le retour d’expérience et l’expertise des acteurs de gestion de crises liées au TMD que nous ne possédons pas.

Dans ses travaux d’Habilitation à Diriger des Recherches, Emmanuel Garbolino (2009) propose de s’intéresser aux liens entre les éléments du territoire qui peuvent accentuer la gravité d’un accident ou, au contraire, participer à réduire les conséquences de cet événement. Il définit ces éléments minorants comme étant les facteurs de résilience “qui permettent aux enjeux exposés de retourner à un état proche de celui considéré avant la survenue du phénomène dangereux”.

En effet, prendre en compte les éléments du territoire comme facteurs aggravants et résilients, présente l’avantage d’étudier les faiblesses mais aussi les forces de l’espace observé. C’est pour cette raison qu’un double indice a été mis place dans notre méthode :

- Un indice de vulnérabilité : pour mesurer les dégâts humains et matériels et permettre la prévention face aux accidents de TMD.
- Un indice de résilience : pour mesurer l’impact des acteurs de réduction du phénomène et permettre aux décideurs publics d’avoir les bons réflexes durant la gestion de crise.

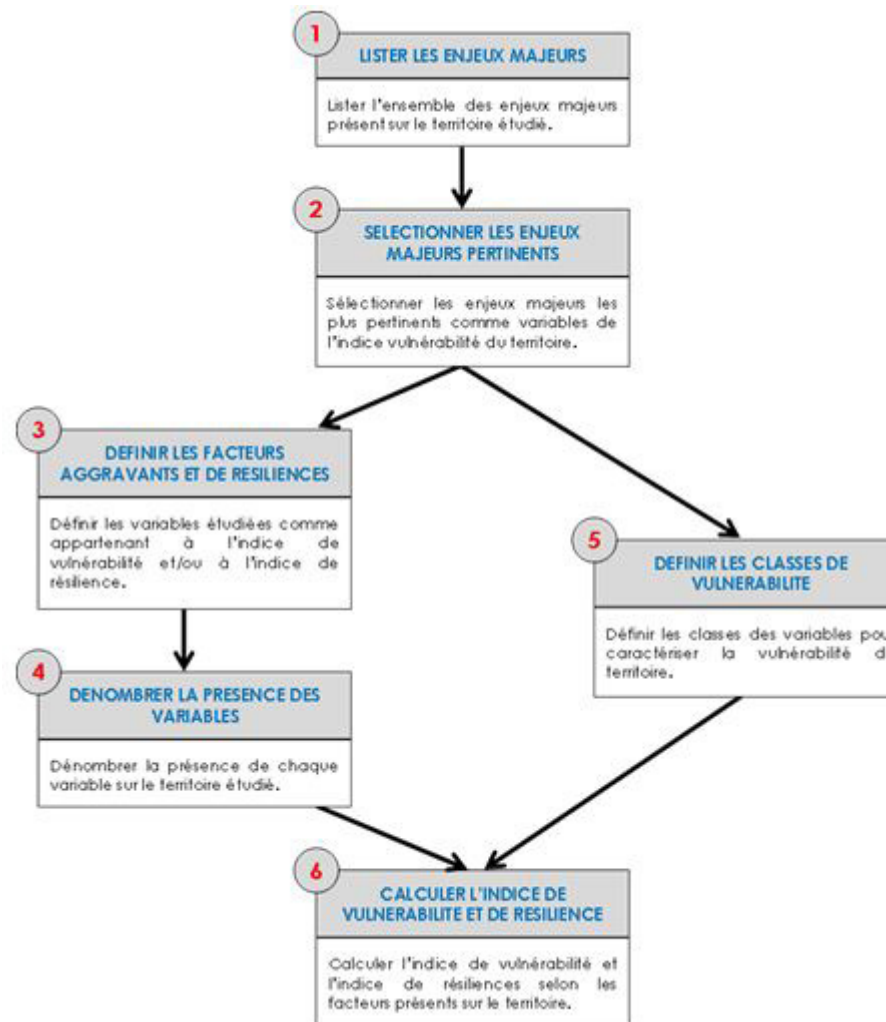
C’est pour cette raison que nous nous intéressons aux éléments de vulnérabilité et de résilience le long des axes routiers ou ferrés de la région PACA et Rhône-Alpes. La méthode d’évaluation permettra de cartographier la vulnérabilité du territoire selon un phénomène dangereux particulier et par l’étude de sa résilience, de connaître sa rapidité à répondre à la crise.

2.2_Les indices de vulnérabilité et de résilience du territoire face au risque de TMD

Méthodologie utilisée pour la construction des indices de vulnérabilité et de résilience:

2.2_Indici di vulnerabilità e di resilienza del territorio riguardo al rischio di TMD

Metodologie utilizzate per la costruzione degli indici di vulnerabilità e resilienza:



*modello di costruzione dell'indice di vulnerabilità del territorio
modèle de construction de l'indice de vulnérabilité du territoire*

Spiegazione dettagliata del metodo implementato

Tappa 1 : Elencare i principali esposti

Differenti letture mi hanno permesso di censire i principali esposti da prendere in considerazione nella costruzione dell'indice. Inoltre, le banche dati proposte dall'Istituto Nazionale Geografico (ING) contano numerosi dati geolocalizzati che completano le variabili già estratte dalle mie letture.

I principali esposti censiti sono i seguenti:

Esposti umani: Densità di popolazione, ERP (ospedali, scuole, stadi, luoghi di culto etc) Posti di soccorso, traffico medio giornaliero...

Esposti materiali: elementi stradali (traffico, ponti, gallerie, pendenza, numero di corsie, etc), Enti importanti, ICPE, stazioni

Esposti ambientali: Riserve naturali, Parchi nazionali, regionali, provinciali...

Tappa 2: Selezionare i principali esposti pertinenti

L'indice di vulnerabilità deve avere la qualità di essere contemporaneamente completo e generalizzabile. Questo ci ha costretto a ridurre il numero di esposti principali da considerare. Le variabili considerate nella costruzione dell'indice sono state scelte a seconda che abbiano o meno una dinamica nel rischio d'incidenti TMD. Inoltre, siccome questo indice sarà in seguito applicato al territorio italiano conviene considerare solo le variabili disponibili per i due paesi.

Le dodici variabili considerate nell'indice sono le seguenti:

Enti pubblici importanti: stabilimenti che ospitano servizi amministrativi quali le prefetture e le sottoprefetture.

Aree di servizio: Spazi allestiti al di fuori delle carreggiate per permettere agli utenti di rifornirsi di carburante.

Caserme dei pompieri: Edifici completamente consacrati all'attività del corpo dei pompieri.

Centri di divertimento: Stabilimenti o luoghi allestiti specificamente per attività culturali o di piacere (parchi divertimento, musei, stadi, etc)

Installazioni SEVESO: Si tratta di Installazioni classificate per la Protezione dell'Ambiente (ICPA) che presentano rischio maggiore di incidenti.

Stazioni per passeggeri e merci: Stabilimenti ferroviari che assicurano un servizio

Explication détaillée de la méthode mise en place

Etape 1 : Lister les enjeux majeurs

Les différentes lectures m'ont permis de recenser les enjeux majeurs qu'il pourrait être intéressant de prendre en compte dans la construction de l'indice. De plus, les bases de données proposées par l'Institut Géographique National (IGN) comptent de nombreuses données géo-localisées qui complètent les variables déjà extraites de mes lectures.

Les principaux enjeux majeurs recensés sont les suivants:

Enjeux humains : Densité de population, ERP (hôpitaux, écoles, stades, lieux de culte, etc.), Postes de secours, trafic moyen journalier...

Enjeux matériels : Eléments routiers (trafic, ponts, tunnels, pente, nombre de voies, etc.), Administrations importantes, ICPE, Gare...

Enjeux environnementaux : Réserves naturelles, Parc nationaux, régionaux, départementaux...

Etape 2 : Sélectionner les enjeux majeurs pertinents

L'indice de vulnérabilité doit avoir pour qualités d'être à la fois suffisamment complet et généralisable. C'est ce deuxième point qui nous a contraint de réduire le nombre d'enjeux majeurs à considérer. Les variables retenues dans la construction de l'indice ont été choisies selon qu'elles ont ou non une dynamique dans le risque d'accident de TMD. De plus, l'indice sera par la suite, appliqué au territoire Italien. Il convient donc de ne considérer que les variables disponibles pour les deux pays.

Les douze variables considérées dans l'indice sont les suivantes :

Les administrations importantes: Etablissements qui arbitrent les services administratifs tels que les préfetures et sous-préfetures.

Les aires de service: Espaces aménagés à l'écart des chaussées, pour permettre aux usagers de se ravitailler en carburant.

Les casernes de pompieri: Bâtiments entièrement concernés par l'activité du corps des Sapeurs-Pompieri.

Les centres de loisirs: Etablissements ou lieux spécialement aménagés pour une activité culturelle ou de loisirs (parc de loisirs, musée, stade, etc.).

Les installations SEVESO: Il s'agit d'Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE) présentant des risques d'accidents majeurs.

Les gares de voyageurs et/ou de fret: Etablissements ferroviaires assurant un

service commercial de voyageurs et/ou de marchandises.

Les hôpitaux: Etablissements publics ou privés qui reçoivent ou traitent les malades, les blessés et les femmes enceintes.

Les lieux d'enseignement: Etablissements consacrés à l'enseignement primaire, secondaire et supérieur.

Les lieux de culte: Bâtiments réservés à l'exercice du culte.

Les policiers, gendarmes et militaires: Etablissements occupés par : commissariats de police, casernes où les gendarmes sont logés et remplissent leurs fonctions administratives et enceintes militaires réservées pour les rassemblements de troupes de toutes armes.

La population: Densité de population au km².

Le trafic moyen journalier: Trafic moyen journalier par an sur les autoroutes.

Etape 3: Définir les facteurs aggravants et de résilience

Chacune des variables sélectionnées accentue ou réduit la vulnérabilité du territoire face à un accident de TMD. Il est important de prendre en compte ce paramètre dans la construction de l'indice.

En effet, prenons l'exemple, d'une caserne de pompiers touchée par un accident de TMD. Les pompiers ne pourront pas intervenir sur le lieu de l'accident. Il faudra faire appel une caserne plus loin géographiquement et qui mettra donc plus de temps à intervenir. Dans ce cas, la variable « caserne de pompiers » est un facteur aggravant dans le calcul de la vulnérabilité du territoire. A l'inverse, si la caserne de pompier se situe à quelques centaines de mètres hors de la zone de danger, elle n'est pas touchée par l'accident et peut intervenir rapidement. Il s'agit alors d'un facteur de résilience.

Comme la caserne de pompiers, certaines variables peuvent être à la fois aggravantes et minorantes, en fonction de leur distance à la zone de danger. Les tableaux divisent les variables entre facteurs d'aggravation et facteurs de résilience et justifient ce choix.

commerciale di viaggiatori o di merci.

Ospedali: Stabilimenti pubblici o privati che ricevono e curano malati, feriti e donne in gravidanza

Luoghi d'insegnamento: Stabilimenti consacrati all'insegnamento primario, secondario e superiore.

Luoghi di culto: Edifici riservati all'esercizio del culto.

La polizia, i carabinieri e i militari. Stabilimenti occupati da: commissariati di polizia, luoghi dove vengono sistemati i carabinieri per accomplire le proprie funzioni amministrative e recinzioni militari riservate ad assemblamenti di truppe militari di ogni genere.

La popolazione: Densità di popolazione al km²

Traffico medio giornaliero: traffico medio giornaliero per anno e sulle autostrade.

Tappa 3: Definire i fattori aggravanti e di resilienza

Ogni variabile selezionata accentua o diminuisce la vulnerabilità del territorio riguardo a un incidente di TMD. Nella costruzione dell'indice è importante tenere in considerazione questo parametro.

Infatti, prendiamo ad esempio una caserma di pompieri colpita da un incidente TMD: I pompieri non potrebbero intervenire sul luogo dell'incidente. Occorrerebbe chiamare una caserma più lontana geograficamente che impiegherebbe molto più tempo a intervenire. In questo caso la variabile "caserma dei pompieri" risulta un fattore aggravante nel calcolo della vulnerabilità del territorio. Se invece la caserma dei pompieri fosse situata qualche centinaia di metri fuori dalla zona di pericolo, non potrebbe venire colpita dall'incidente e i pompieri potrebbero intervenire rapidamente. Si tratta dunque di un fattore di resilienza.

Come la caserma dei pompieri certe variabili possono essere sia aggravanti sia sgravanti in funzione della loro distanza dalla zona di pericolo. Le tabelle dividono le variabili tra fattori aggravanti e fattori di resilienza e giustificano tale scelta.

Fattori aggravanti <i>Facteurs aggravants</i>	Considerazioni <i>Commentaires</i>
Popolazione <i>Population</i>	E' la prima ad essere colpita in caso d'incidente TMD <i>Elle est la première touchée en cas d'accident de TMD.</i>
Amministrazioni locali <i>Administrations importantes</i>	Possono contenere un elevato numero di persone e sconvolgere il funzionamento amministrativo della provincia o delle regioni <i>Elles peuvent contenir un grand nombre de personnes et bouleverser le fonctionnement administratif du département ou de la région.</i>
Caserme dei pompieri <i>Casernes de pompiers</i>	Sono incaricate di intervenire sui luoghi dell'incidente ma non possono farlo se sono essi stessi in zona di pericolo <i>En charge d'intervenir sur les lieux de l'accident, les pompiers ne peuvent pas participer s'ils sont eux-mêmes dans la zone de danger.</i>
Centri divertimento <i>Centres de loisirs</i>	Possono contenere un elevato numero di persone esposte ad un eventuale incidente <i>Ils peuvent contenir un grand nombre de personnes exposées à un éventuel accident.</i>
Luoghi d'insegnamento <i>Lieux d'enseignement</i>	Possono contenere un elevato numero di persone <i>Ils peuvent contenir un grand nombre de personnes.</i>
Stazione viaggiatori e /o merci <i>Gares de voyageurs et/ou de frets</i>	Le stazioni viaggiatori possono contenere un elevato numero di persone esposte a un eventuale incidente Le stazioni merci contengono prodotti pericolosi e possono originare un effetto domino in caso di incidente <i>Les gares de voyageurs peuvent contenir un grand nombre de personnes exposées à un éventuel accident.</i> <i>Les gares de fret contiennent des produits dangereux, et peuvent entraîner un effet domino en cas d'accident.</i>

Ospedali <i>Hôpitaux</i>	Sono incaricati della cura delle vittime dell'incidente ma il personale non può intervenire se lo stabilimento stesso è colpito <i>En charge des soins des victimes de l'accident, le personnel ne peut pas intervenir si l'établissement est touché.</i>
Lieux de culte <i>Luoghi di culto</i>	Possono contenere un elevato numero di persone esposte ad un eventuale incidente. <i>Ils peuvent contenir un grand nombre de personnes exposées à un éventuel accident.</i>
Polizia, carabinieri, militari <i>Policiers, gendarmes, militaires</i>	Sono incaricati d'intervenire sui luoghi dell'incidente ma non possono farlo qualora si trovino essi stessi in zona di pericolo <i>En charge d'intervenir sur les lieux de l'accident, ils ne peuvent pas participer s'ils sont eux-mêmes dans la zone de danger.</i>
Installazioni SEVESO <i>Installations SEVESO</i>	Contengono prodotti pericolosi e possono originare una reazione a catena in caso d'incidente <i>Les installations SEVESO, contiennent des produits dangereux, et peuvent entraîner un effet domino en cas accident.</i>
Aree di servizio <i>Aires de service</i>	Trovandosi nel perimetro di pericolo rappresentano un rischio di propagazione e intensificazione di fenomeni pericolosi <i>Se trouvant dans le périmètre de danger, elles représentent un risque de propagation et d'intensification des phénomènes dangereux.</i>
Traffico medio giornaliero <i>Trafic moyen journalier</i>	I veicoli presenti nella zona di pericolo contengono viaggiatori potenzialmente esposti all'incidente e a causa della presenza di carburante rappresentano un rischio di propagazione del fenomeno pericoloso. <i>Les véhicules présents dans la zone de danger contiennent des voyageurs susceptibles d'être exposés à l'accident et par la présence de carburant, ils représentent un risque de propagation du phénomène dangereux.</i>

dettagli e spiegazione della scelta delle variabili come fattore aggravante
détail et explication du choix des variables comme facteurs d'aggravation

Fattore di resilienza <i>Facteurs de résilience</i>	Considerazioni <i>Commentaire</i>
Caserme dei pompieri <i>Casernes de pompiers</i>	Caserme dei pompieri, ospedali, polizia, carabinieri, e militari situati a meno di 4000 m dalla zona di pericolo possono accorrere sul luogo dell'incidente in meno di 15 minuti. Potendo prestare soccorso rapidamente essi riducono la vulnerabilità del territorio. <i>Les casernes de pompiers, hôpitaux et policiers, gendarmes et militaires situées à moins de 4000m de la zone de danger, peuvent être sur les lieux de l'accident en moins de 15 minutes. Pouvant secourir rapidement, ils réduisent la vulnérabilité du territoire.</i>
Ospedali <i>Hôpitaux</i>	
Polizia, carabinieri e militari <i>Policiers, gendarmes, militaires</i>	

dettagli e spiegazione della scelta delle variabili come fattori di resilienza
détail et explication du choix des variables comme facteurs de résilience

Tappa 4: Enumerare la presenza delle variabili

Per valutare l'importanza delle variabili nell'indice bisogna studiare il territorio in esame, cioè, sia la zona di pericolo sia gli spazi limitrofi e verificare la loro presenza.

Le tabelle spiegano il modo in cui sono calcolate le variabili presenti sul territorio studiato.

Etape 4 : Dénombrer la présence des variables

Pour évaluer l'importance des variables dans l'indice il faut étudier le territoire concerné, c'est-à-dire , à la fois la zone de danger et les espaces limitrophes et vérifier leur présence.

Les tableaux expliquent la manière dont sont calculées les variables présentes sur le territoire étudié.

Fattori aggravanti <i>Facteurs aggravants</i>	Metodo di calcolo <i>Méthode de calcul</i>
Popolazione <i>Population</i>	Calcolare il numero di persone colpite dall'incidente Occorre considerare che E colpito il 100% della popolazione presente nella zona di pericolo E colpito il 5 % della popolazione presente nella zona effetti letali maggiori E colpito il 1 % della popolazione presente nella zona effetti letali <i>Il faut savoir que l'on considère que :</i> <i>100 % de la population présente dans la zone de danger est touchée,</i> <i>5 % de la population présente dans la zone des effets létaux significatifs est touchée (seuil ≥ 8 kW/m² pour le propane Calculer le nombre de personnes touchées par l'accident</i> <i>1 % de la population présente dans la zone des effets létaux est touchée (seuil ≥ 3 kW/m² pour le propane)</i>
Stabilimenti pubblici <i>Etablissements recevant du public</i> Amministrazioni <i>Administrations</i> Caserma pompieri <i>Casernes de pompiers</i> Centri divertimento <i>Centres de loisirs</i> insegnamento <i>Enseignement</i> Stazioni <i>Gares</i> Ospedali <i>Hôpitaux</i> Luoghi di culto <i>Lieux de culte</i> Polizia, carabinieri e militari <i>Policiers, gendarmes, militaires</i>	Calcolare il numero di ERP colpiti dall'incidente <i>Calculer le nombre d'ERP touchés par l'accident.</i>
Installazioni SEVESO <i>Installations SEVESO</i>	Calcolare il numero d'installazioni SEVESO colpite per incidente <i>Calculer le nombre d'installation SEVESO touchées par l'accident.</i>
Aree di servizio <i>Aires de service</i>	Calcolare il numero di aree di servizio colpite per incidente <i>Calculer le nombre d'aires de service touchées par l'accident.</i>
Traffico medio giornaliero <i>Trafic moyen journalier</i>	Calcolare il numero medio di veicoli colpiti per incidente <i>Calculer le nombre moyen de véhicules touchés par l'accident.</i>

metodo di calcolo dei fattori aggravanti dell'indice
méthode de calcul des facteurs aggravants de l'indice

Si constata che certe variabili aggravanti sono state raggruppate sotto l’etichetta: Stabilimenti Pubblici (ERP), che d’ora in avanti verrà considerata una sola variabile per semplificare l’applicazione dell’indice al territorio studiato ma anche per ponderare l’importanza delle variabili.

On constate que certaines variables aggravantes ont été regroupées sous l’étiquette: Etablissements Recevant du Public (ERP), qui sera maintenant considérée comme une seule variable. C’est à la fois pour simplifier l’application de l’indice au territoire étudié, mais aussi pour pondérer l’importance des variables que cette action a été réalisée.

Fattore di resilienza <i>Facteurs de résilience</i>	Metodo di calcolo <i>Méthode de calcul</i>
Caserme pompieri <i>Casernes de pompiers</i>	Calcolare la distanza in metri della caserma pompieri più vicina al luogo dell’incidente <i>Calculer la distance en mètres de la caserne de pompiers la plus proche du lieu de l’accident</i>
Ospedali <i>Hôpitaux</i>	Calcolare la distanza in metri dall’ospedale più vicino al luogo dell’incidente <i>Calculer la distance en mètres de l’hôpital le plus proche du lieu de l’accident</i>
Polizia, carabinieri, militari <i>Policiers, gendarmes, militaires</i>	Calcolare la distanza in metri dal comando di Polizia, di carabinieri o militari più vicino al luogo dell’incidente. <i>Calculer la distance en mètres de l’établissement de police, de gendarmerie ou militaire le plus proche du lieu de l’accident</i>

metodo di calcolo dei fattori di resilienza dell’indice
méthode de calcul des facteurs de résilience de l’indice

Tappa 5 :Definire le classi di vulnerabilità

Il decreto del 29 settembre 2005 supervisionato dalla Direttiva n° 96/82 del 09 dicembre 1996 riguardante la supremazia dei pericoli legati agli incidenti più grandi coinvolgenti sostanze pericolose, definisce le classi di vulnerabilità dell’indice.
Questo decreto stabilisce il livello di gravità di un incidente legato a una sostanza pericolosa per le conseguenze sugli uomini. La tabella 6 permette quindi di qualificare una catastrofe in termini di vittime.

Etape 5 : Définir les classes de vulnérabilité

L’arrêté du 29 septembre 2005, supervisé par la Directive n° 96/82 du 09 décembre 1996 concernant la maîtrise des dangers liés aux accidents majeurs impliquant des substances dangereuses, définit les classes de vulnérabilité de l’indice.
Cet arrêté établit le niveau de gravité d’un accident lié à une substance dangereuse selon les conséquences humaines. Le tableau 6 permet ainsi de qualifier une catastrophe en termes de victimes.

Livello di gravità delle conseguenze <i>Niveau de gravité des conséquences</i>	Zona delimitata per soglia degli effetti letali <i>Zone délimitée par le seuil des effets létaux</i>
Disastroso <i>Catastrophique</i>	Più di 100 persone colpite <i>Plus de 100 personnes touchées.</i>
Catastrofico <i>Désastreux</i>	Da 10 a 100 persone colpite <i>Entre 10 et 100 personnes touchées.</i>
Importante <i>Important</i>	Da 1 a 10 persone colpite <i>Entre 1 et 10 personnes touchées.</i>
Serio <i>Sérieux</i>	1 persona al massimo colpita <i>Au plus 1 personne touchée.</i>
Moderato <i>Modéré</i>	Zona di non letalità <i>Pas de zone de létalité</i>

scala della gravità delle conseguenze umane d'un incidente coinvolgente sostanze pericolose.
échelle d'appréciation de la gravité des conséquences humaines d'un accident de substances dangereuses

C'est sur ces cinq classes que l'indice a été construit pour établir le risque. Cette démarche permet de proposer une échelle relative de gravité et autorise en même temps la comparaison des résultats concernant des variables différentes.

Les facteurs aggravants: la caractérisation de la vulnérabilité de ces facteurs repose sur la définition des cinq classes ayant une valeur de 0 à 4 : Modéré=0, Sérieux=1, Important=2, Catastrophique=3, Désastreux=4.

Pour établir le niveau de gravité de la variable « Population », c'est le nombre de personnes touchées comme présenté dans l'arrêté du 29 septembre 2005, vu précédemment, qui est utilisé dans l'indice.

Par la suite, il a fallu s'interroger sur la manière de borner les variables ERP, Installations SEVESO, Aires de service et trafic moyen journalier pour pouvoir leur attribuer la valeur des classes de vulnérabilité. C'est durant les réunions à Savonna (Italie), avec les partenaires et experts suivants : l'Université de Gênes, le Groupement d'Exploitation du Fréjus et la Région Ligure qu'a été construit le niveau de vulnérabilité de chacune de ces variables.

Le tableau synthétise la classe à laquelle appartient chacune des variables aggravantes en fonction de sa présence sur le territoire étudié.

L'indice per stabilire il rischio è stato costruito su cinque classi. Ciò permette di proporre una scala relativa di gravità e autorizza nello stesso tempo il confronto dei risultati che riguardano le diverse variabili.

Fattori aggravanti: la caratterizzazione della vulnerabilità di tali fattori risiede nella definizione di cinque classi che hanno un valore da 0 a 4: Moderato=0, Serio= 1, Importante=2, Catastrofico=3, Disastroso=4.

Per stabilire il livello di gravità della variabile "Popolazione" si considera il numero di persone colpite come descritto nel decreto del 29 settembre 2005, visto in precedenza, che è stato utilizzato nell'indice.

In seguito ci si è dovuti interrogare sulla maniera di delimitare le variabili ERP, Installazioni SEVESO, Aree di servizio e Traffico medio giornaliero per poter loro attribuire il valore delle classi di vulnerabilità. Durante le riunioni a Savona, con i seguenti partners: Università di Genova, Gruppo di Gestione del Fréjus e Regione Liguria è stato costruito il livello di vulnerabilità di ognuna di queste variabili.

La tabella sintetizza la classe alla quale appartiene ciascuna delle variabili aggravanti in funzione della sua presenza sul territorio in esame.

Fattori aggravanti <i>Facteurs aggravants</i>	Moderato=0 <i>Modéré= 0</i>	Serio= 1 <i>Sérieux=1</i>	Importante=2 <i>Important=2</i>	Disastroso =3 <i>Catastrophique=3</i>	Catastrofico =4 <i>Désastreux= 4</i>
Popolazione <i>Population</i>	POP=0	0<POP<1	1≤POP<10	10≤POP<100	100≤POP
Stabilimenti pubblici <i>ERP</i>	ERP=0	ERP=1	ERP=2	3≤ERP≤4	4<ERP
Installazioni SEVESO <i>Installations SEVESO</i>	SEVESO=0	SEVESO =1	SEVESO =2	SEVESO=3	4≤SEVESO
Aree di servizio <i>Aires de service</i>	AS=0	AS =1	AS =2	AS =3	4≤ AS
Traffico medio giornaliero <i>Trafic moyen journalier</i>	TMJ=0	0<TMJ <1	1≤TMJ <10	10≤TMJ <20	20≤TMJ

classi utilizzate per calcolare il livello di gravità delle variabili aggravanti
classes utilisées pour calculer le niveau de gravité des variables aggravantes

Fattori di resilienza: sono studiati secondo il livello di gravità: Moderato=5, Serio=4, Importante=3, Catastrofico=2, Disastroso= 1.

Secondo Emmanuel Garbolino (2009) la selezione delle caserme dei pompieri e degli ospedali è realizzata in una distanza compresa tra la fine della zona di pericolo e 500m. Questi servizi di soccorso sono quindi sufficientemente vicini al luogo dell'incidente per intervenire nel più breve tempo possibile. Nel caso in cui le caserme dei pompieri e/o gli ospedali non fossero presenti sarebbe opportuno sollecitare l'aiuto di servizi entro 500 m e 400m poiché il loro tempo per intervenire sarebbe inferiore a 15 minuti.

Per ciò che riguarda la polizia, i carabinieri e i militari la caratterizzazione della variabile segue lo stesso processo visto in precedenza.

La tabella riassume le classi alle quali appartengono le variabili di resilienza in funzione della loro distanza dalla zona di pericolo.

Les facteurs de résilience: ils sont étudiés selon le niveau de gravité : Modéré=5, Sérieux=4, Important=3, Catastrophique=2, Désastreux=1.

Selon Emmanuel Garbolino (2009) la sélection des casernes de pompiers et des hôpitaux est réalisée pour une distance comprise entre la fin de la zone de danger et 500m. Ces services de secours sont alors suffisamment près du lieu de l'accident pour intervenir dans les plus brefs délais. Dans le cas où les casernes de pompiers et/ou les hôpitaux ne seraient pas présents, il convient de solliciter les services entre 500m et 4000m car leur temps d'intervention est inférieur à 15 minutes.

En ce qui concerne les policiers, gendarmes et militaires, la caractérisation de la variable suit le même processus que précédemment.

Le tableau synthétise la classe à laquelle appartient chacune des variables de résilience en fonction de sa distance à la zone de danger.

Fattori di resilienza <i>Facteurs de résilience</i>	Molto importante=5 <i>Très Important= 5</i>	Importante=4 <i>Important= 4</i>	Medio=3 <i>Moyen= 3</i>	Debole=2 <i>Faible= 2</i>	Molto debole=1 <i>Très Faible= 1</i>
Caserme pompieri <i>Casernes de pompiers</i>	500m>CP	500m≤CP <1000m	1000m≤CP <2000m	2000m≤CP <3000m	3000m≤CP <4000m
Ospedali <i>Hôpitaux</i>	500m>H	500m≤H<1000m	1000m≤H<2000m	2000m≤H<3000m	3000m≤H<4000m
Polizia, carabinieri... <i>PGM⁶</i>	500m>PGM	500m≤PGM <1000m	1000m≤PGM <2000m	2000m≤PGM <3000m	3000m≤PGM <4000m

classi utilizzate per calcolare il livello di gravità delle variabili di resilienza
classes utilisées pour calculer le niveau de gravité des variables de résilience

Etape 6: Calculer l'indice de vulnérabilité et l'indice de résilience

Pour calculer la vulnérabilité du territoire face au TMD il faut évaluer, la présence des variables dans la zone de danger et dans l'espace limitrophe. Pour chacune des variables, c'est le score de la classe à laquelle elle correspond qui lui est attribué. Par exemple, si sur le territoire étudié 26 personnes sont touchées par l'explosion, alors la valeur de la variable POP sera égale à 3.

On calcule séparément l'indice de vulnérabilité et l'indice de résilience pour discuter respectivement, de la prévention et de la gestion de crise.

Pour chaque indice, ce sont les scores attribués à leurs variables qui sont additionnés. Les formules sont les suivantes:

indice de vulnérabilité=Population+ERP+Installation SEVESO+Aire de service
 indice de résilience=Caserne des Pompiers+Hopital+PGM

Les classes pour les indices ont été déterminées en prenant en compte les valeurs minimales et maximales. Le tableau présente la caractérisation de la vulnérabilité et de la résilience du territoire.

Tappa 6: Calcolare l'indice di vulnerabilità e l'indice di resilienza

Per calcolare la vulnerabilità del territorio in riferimento ai TMD bisogna valutare la presenza delle variabili nella zona di pericolo e negli spazi limitrofi. Per ogni variabile è assegnato il punteggio alla quale essa corrisponde. Per esempio, se sul territorio esaminato 26 persone sono colpite dall'esplosione il valore della variabile POP sarà uguale a 3.

Si calcolano invece separatamente l'indice di vulnerabilità e quello di resilienza per discutere rispettivamente della prevenzione e della gestione di crisi.

Ad ogni indice sono aggiunti i punteggi attribuiti alle loro variabili. Le formule sono le seguenti:

indice di vulnerabilità=Popolazione+ERP+Installazioni SEVESO+Aree di servizio
 indice di resilienza=Caserme pompieri +ospedali+PGM

Le classi degli indici sono state determinate considerando i valori minimi e massimi. La tabella presenta la caratterizzazione della vulnerabilità e della resilienza del territorio.

	Moderato <i>Modéré</i>	Serio <i>Sérieux</i>	Importante <i>Important</i>	Disastroso <i>Catastrophique</i>	Catastrofico <i>Désastreux</i>
Indice di vulnerabilità <i>Indice de Vulnérabilité</i>	$0 \leq FA \leq 2$	$2 < FA \leq 4$	$4 < FA \leq 6$	$6 < FA \leq 8$	$8 < FA$
Indice di resilienza <i>Indice de Résilience</i>	$15 \leq FR < 12$	$12 \leq FR < 9$	$9 \leq FR < 6$	$6 \leq FR < 3$	$3 \leq FR \leq 0$

classi utilizzate per calcolare il livello di vulnerabilità e di resilienza del territorio
classes utilisées pour calculer le niveau de vulnérabilité et de résilience du territoire

Gli indici proposti permettono di valutare la vulnerabilità media del territorio in riferimento agli incidenti di merci pericolose e di vedere come quest'ultimo può affrontare la crisi. Tuttavia è bene sostanziare la teoria con la pratica e le necessità dei decisori. Per questo motivo l'indice è integrato ad un Sistema d'Informazione Geografico.

Nella parte seguente si presenta la raccolta dei dati geolocalizzati e la loro relativa applicazione alle regioni del PACA e Rhone Alpes.

Les indices proposés permettent d'évaluer la vulnérabilité moyenne du territoire face aux accidents de matières dangereuses et de connaître comment celui-ci peut faire face à la crise. Cependant, il reste très théorique alors que c'est par la production de cartes qu'il prend son importance et est le mieux adapté aux pratiques et besoins des décideurs. C'est pour cette raison que l'indice a été intégré à un Système d'Information Géographique. C'est le recueil des données géo-localisées et son application aux Régions PACA et Rhône-Alpes qui est présenté dans la partie suivante.

3 APPLICATION DE LA MÉTHODE D'ÉVALUATION DE LA VULNÉRABILITÉ ET DE LA RÉSILIENCE AU TERRITOIRE PACA ET RHÔNE-ALPES

L'objet principal de cette partie est d'appliquer la démarche d'évaluation de la vulnérabilité des enjeux exposés à un accident de TMD, aux outils de simulation des phénomènes dangereux prenant en compte la réaction de la substance suite à l'accident.

Après avoir détaillé la démarche de recueil des données, en collaboration avec l'Université de Gênes, cette partie évalue la vulnérabilité du territoire PACA et Rhône-Alpes, en cas d'accident de poids-lourd transportant du propane.

3.1 Le recueil de données

Un travail en collaboration avec l'Université de Gênes

Dans le but d'analyser les flux de marchandises dangereuses sur le territoire transfrontalier (France – Italie) et d'identifier les infrastructures de transport et de stationnement, une collaboration avec l'Université de Gênes a été nécessaire. (cf. ANNEXE III et IV).

Les éléments fondamentaux à cette analyse ont été établis ensemble, en fonction des disponibilités de ces données pour chacun de deux pays. De plus les principaux axes autoroutiers des régions frontalières, sur lesquelles portera l'étude ont été arrêtés durant les réunions à Savonne (Italie).

3 APPLICAZIONE DEL METODO DI VALUTAZIONE DI VULNERABILITÀ E DI RESILIENZA SUL TERRITORIO PACA E RHONE-ALPES

Lo scopo principale di questa parte è quello d'applicare le valutazioni di vulnerabilità degli esposti ad un incidente TMD agli strumenti di simulazione di fenomeni pericolosi tenendo conto della reazione delle sostanze in seguito ad un incidente.

Dopo aver specificato i dati della raccolta, in collaborazione con l'Università di Genova, questa parte valuta la vulnerabilità del territorio PACA e Rhone Alpes in caso d'incidente di mezzi pesanti trasportanti propano.

3.1 Raccolta dati

Un lavoro in collaborazione con L'Università di Genova

Per analizzare i flussi di merci pericolose sul territorio transfrontaliero (Francia-Italia) e identificare le infrastrutture di trasporto e di fermata, si è resa necessaria la collaborazione con l'Università di Genova (cf. ALLEGATO 3 e 4).

Gli elementi fondamentali per questa analisi sono stati stabiliti insieme, in funzione delle disponibilità di questi dati da parte di entrambe le nazioni. Inoltre i principali assi autostradali delle regioni di frontiera, sulle quali si basa questo studio sono stati individuati durante le riunioni a Savona.



carta stradale francese studiata nel progetto
carte des routes Françaises étudiées dans le projet

Il lavoro in collaborazione con l'Università di Genova è consistito nel raccogliere i seguenti dati:

Numero dell'autostrada: designa la classe amministrativa del tratto stradale
 Fonte: Istituto Nazionale Geografico (ING) BD TOPO Classe ROUTE_PRIMAIRE.

Lunghezza del tratto in km

Costo pedaggio: Prezzo in euro per percorrere il tratto. Il prezzo è calcolato per i veicoli leggeri, quelli di meno di 12 tonnellate e quelli superiori a 12

Fonte: VINCI Autoroutes .

Costo carburante : Prezzo medio in euro per percorrere il tratto. Questo dato è calcolato nel modo seguente: $[NB_KM] \times 0,56$.

Durata del percorso: Durata media in minuti per ogni veicolo di più di 12 tonnellate che percorre il tratto

Fonte: VINCI Autostrade

Le travail de collaboration avec l'Université de Gênes consistait à recueillir les données suivantes:

Numéro de l'autoroute: Désigne le classement administratif du tronçon routier.
 Source: Institut Géographique National (IGN) - BD TOPO - Classe ROUTE_PRIMAIRE.
 Longueur du tronçon : en kilomètres

Prix du péage: Prix en euros pour parcourir le tronçon. Le prix est calculé pour les véhicules légers, les véhicules de moins de 12 tonnes et les véhicules supérieurs à 12 tonnes.

Source: VINCI Autoroutes7.

Prix de l'essence : Prix moyen en euros pour parcourir ce tronçon. Cette donnée est calculée de la façon suivante : $[NB_KM] \times 0,56$.

Durée du parcours : Durée moyenne en minutes pour qu'un véhicule de plus de 12 tonnes parcoure le tronçon.

Source: VINCI Autoroutes.

Nombre de voies : Nombre moyen de voies sur un tronçon.

Source: Institut Géographique National(IGN) - BD TOPO - Classe ROUTE_PRIMAIRE.

Largeur de la route : Largeur moyenne en mètres de la route.

Source: Institut Géographique National(IGN) - BD TOPO - Classe ROUTE_PRIMAIRE.

Pente : Pente en pourcentage sur un tronçon.

Source: Institut Géographique National(IGN) - BD TOPO - Classe ROUTE_PRIMAIRE.

Trafic moyen journalier: Le trafic moyen journalier sur le tronçon. Cette donnée est calculée pour les véhicules légers et pour les poids-lourds.

Source: Observatoire Régional des Transports - Carte du recensement de la circulation sur les routes de la région PACA (2008). Observatoire Régional des transports - Région Rhône Alpes (www.ort-rhone-alpes.fr).

Dans un deuxième temps, après avoir réuni les données nécessaires à l'analyse des flux de marchandises, un travail de recueil de données complémentaires a été indispensable pour la construction de l'indice de vulnérabilité.

www.vinciautoroutes.com

Numero corsie: Numero medio di corsie per ogni tratto

Fonte: Istituto Nazionale Geografico- BD TOPO- Classe Strada Primaria

Larghezza della strada: Larghezza media in metri della strada

Fonte: Istituto Nazionale Geografico.- BD TOPO – Classe Strada Primaria

Pendenza: Percentuale della pendenza nel tratto

Fonte: Istituto Nazionale Geografico (ING). – BD TOPO.- Classe: Strada Primaria

Traffico medio giornaliero: Il traffico medio giornaliero sul tratto. Questo dato è calcolato sia per i veicoli leggeri che per quelli pesanti.

Fonte: Osservatorio Regionale dei Trasporti – Carta di censimento della circolazione sulle strade della regione PACA (2008). Osservatorio Regionale dei Trasporti – Regione Rhone Alpes. (www.ort-rhone-alpes.fr).

In un secondo tempo, dopo aver riunito i dati necessari all'analisi dei flussi delle merci, si è reso indispensabile un lavoro ulteriore di raccolta dati per la costruzione dell'indice di vulnerabilità.

www.vinciautoroutes.com

I dati gestiti nel Sistema Informativo Geografico

La tabella presenta le dodici variabili e le loro fonti considerate nell'indice che deve essere integrato ad un SIG:

Les données exploitées dans le Système d'Information Géographique

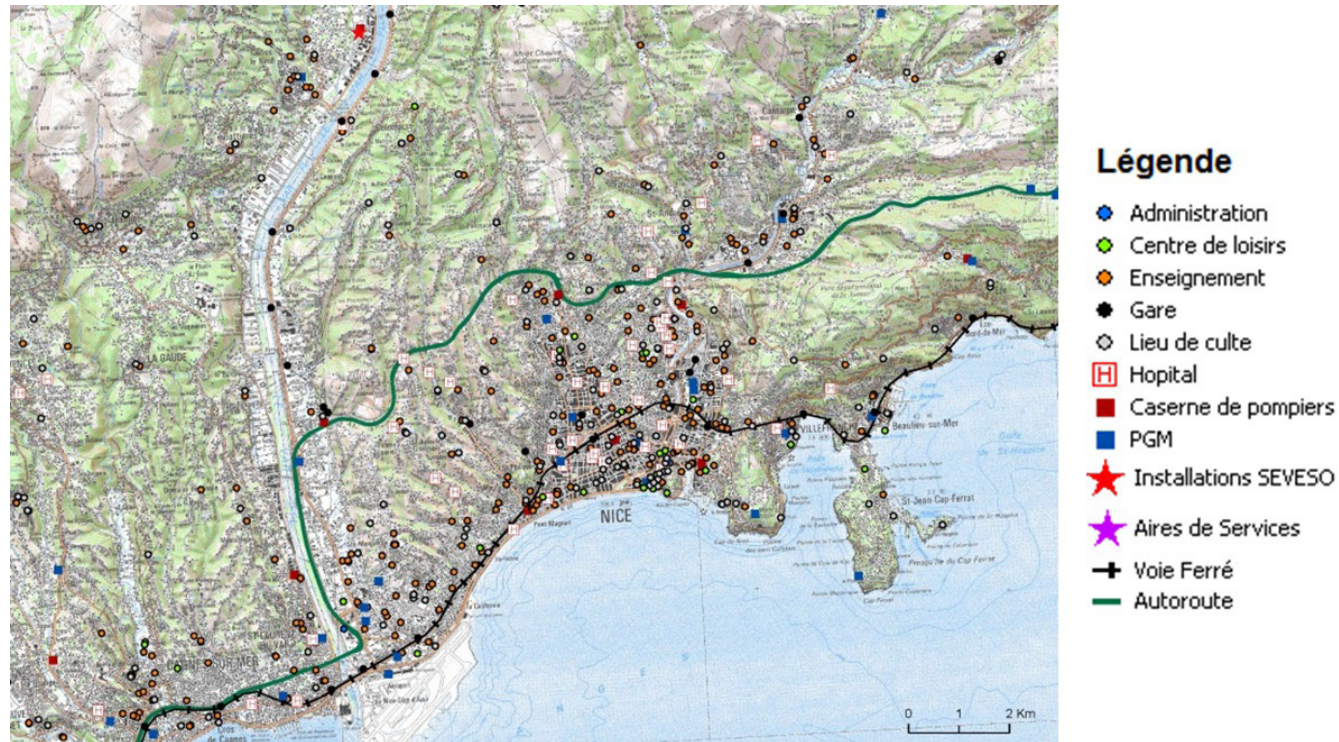
Le tableau présente les douze variables et leurs sources considérées dans l'indice qu'il faut intégrer à un SIG:

Dati Données	Fonte Source
Popolazione Population	INSEE – Carta di stima al quadrato della popolazione INSEE® – Carte des estimations carroyées de la population (Carreaux de 1km²).
Amministrazioni Administrations	IGN- BD TOPO - Classe PAI_ADMINISTRATIF_MILITAIRE.
Caserme pompieri Casernes de pompiers	IGN - BD TOPO - Classe PAI_ADMINISTRATIF_MILITAIRE.
Centri divertimento Centres de loisirs	IGN - BD TOPO - Classe PAI_CULTURE_LOISIRS et Classe PAI_SPORT.
Luoghi insegnamento Lieux d'enseignement	IGN - BD TOPO - Classe PAI_SCIENCE_ENSEIGNEMENT.
Stazioni Gares	IGN - BD TOPO - Classe PAI_TRANSPORT.
Ospedali Hôpitaux	IGN - BD TOPO - Classe PAI_SANTE.
Luoghi di culto Lieux de culte	IGN - BD TOPO - Classe PAI_RELIGIEUX.
Polizia, Carabinieri, Militari Policiers, Gendarmes, Militaires	IGN - BD TOPO - Classe PAI_ADMINISTRATIF_MILITAIRE.
Installazioni SEVESO Installations SEVESO	DREAL ⁹ PACA – Applicazione cartografica interattiva CARMEN – Livello ICPE classée SEVESO. DREAL Rhône-Alpes – Applicazione cartografica interattiva CARMEN – Installazioni marcate a rischio DREAL ⁹ PACA – Application de cartographie interactive CARMEN – Couche ICPE classée SEVESO. DREAL Rhône-Alpes – Application de cartographie interactive CARMEN - Installations Classées à Risques.
Aires de service Aree di servizio	IGN - BD TOPO - Classe PAI_TRANSPORT.
Traffico medio giornaliero Trafic moyen journalier	Osservatorio Regionale dei Trasporti – Carta di censimento della circolazione sulle strade della regione PACA Osservatorio Regionale dei Trasporti – Région Rhone Alpes Observatoire Régional des Transports - Carte du recensement de la circulation sur les routes de la région PACA. Observatoire Régional des transports - Région Rhône Alpes

fonte di dati necessari all'applicazione dell'indice a un SIG
sources de données nécessaires a l'application de l'indice a un SIG

La figure montre la présence et la répartition de ces données sur la ville de Nice, les seules qui n'apparaissent pas (pour permettre un affichage lisible) sont la densité de population et le trafic moyen journalier.

La figura mostra la presenza e la distribuzione dei dati sulla città di Nizza, gli unici a non apparire (per permettere una vista leggibile) sono la densità di popolazione e il traffico medio giornaliero.



carta della distribuzione degli esposti sul territorio. Esempio della città di Nizza
carte de la repartition des enjeux sur le territoire. Exemple de la ville de Nice

3.2_Gli strumenti di simulazione dei fenomeni pericolosi

ALOHA simulatore di rilasci tossici

La simulazione di rilasci tossici è stata effettuata con il modulo ALOHA del software CAMEO sviluppato da NOAA (Amministrazione Nazionale Oceanica e Atmosferica).

Si tratta di un software di dispersione atmosferica di agenti inquinanti che hanno la possibilità di modellare gli effetti di BLEVE e di UCVE e considerarne i principali parametri. Inoltre, la valutazione del modulo ALOHA da parte dell'INERIS sottolinea l'utilizzo di quest'ultimo nel quadro operativo (in caso di incidente) dei servizi di soccorso.

I parametri che seguono permettono la simulazione di un incidente di camion trasportante GPL (propano):

Tipo di prodotto : Propano ;

Velocità del vento : uguale a 1m/s ;

Direzione del vento : per difetto : Nord ;

Asperità del suolo : tipo « Urbano o bosco » ;

Copertura nuvolosa: per difetto : « parzialmente nuvoloso » ;

Temperatura dell'aria: 20C ;

Umidità : per difetto : 50 %;

Tipo di condizionamento: cisterna rappresentata sottoforma di un cilindro orizzontale lungo 6m e di 2 m di diametro, ossia circa 18,8m³ di prodotto ALOHA lascia all'utente la possibilità di definire il livello della vasca: nel nostro caso è piena al 95%;

Tipo di fuga: BLEVE.

Dopo aver integrato questi parametri conviene calcolare le distanze di propagazione a seconda della concentrazione di materie pericolose espresse in Kw/m² per la considerazione del rischio di Bleve e delle soglie di effetti letali e effetti irreversibili dovuti al propano. La figura seguente mostra il risultato della simulazione dell'esplosione di un camion di propano sotto ArcGIS (Cf ALLEGATO V).

3.2_Les outils de simulation de phénomènes dangereux

ALOHA simulateur de rejets toxiques

La simulation de rejets toxiques a été effectuée avec le module ALOHA du logiciel CAMEO développé par la NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration).

Il s'agit d'un logiciel de dispersion atmosphérique de polluants ayant la possibilité de modéliser les effets de BLEVE et d'UVCE et de prendre en compte les principaux paramètres. De plus, l'évaluation du module ALOHA par l'INERIS souligne que ce dernier est utilisé dans le cadre opérationnel (lors d'accident) par les services de secours.

Les paramètres ci-dessous permettent la simulation d'un accident de camion transportant du GPL (propane) :

Type de produit : Propane ;

Vitesse du vent : égale à 1m/s ;

Direction du vent : par défaut : Nord ;

Rugosité du sol : type « Urbain ou forêt » ;

Couverture nuageuse : par défaut : « partiellement nuageux » ;

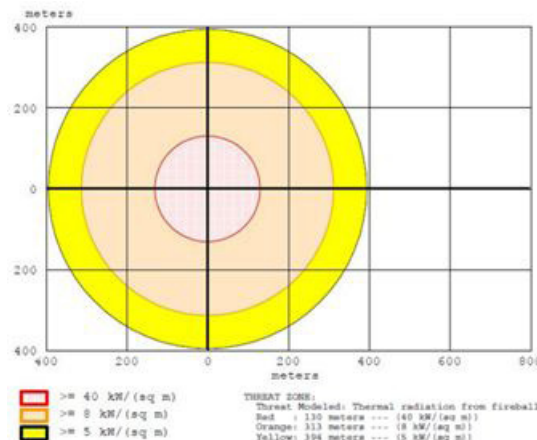
Température de l'air : 20C ;

Teneur en humidité : par défaut : 50 %;

Type de conditionnement: citerne représentée sous la forme d'un cylindre horizontal de 6m de long et 2m de diamètre, soit environ 18,8m³ de produit. ALOHA laisse à l'utilisateur la possibilité de définir le niveau de réservoir : dans notre cas, il est plein à 95 %;

Type de fuite : BLEVE.

Après avoir intégré ces paramètres, il convient de calculer les distances de propagation selon les concentrations de matières dangereuses exprimées en kW/m² pour la prise en compte du risque de BLEVE, des seuils d'effet létaux et d'effets irréversibles pour le propane. La figure suivante montre le résultat de la simulation de l'explosion d'un camion de propane sous ArcGIS. (cf. ANNEXE V).



rappresentazione grafica delle distanze di propagazione di un bleuve di propano secondo le soglie di vulnerabilità biofisica (ALOHA)
représentation graphique des distances de propagation d'un BLEVE de propane selon les seuils de vulnérabilité biophysique (ALOHA)

La figure se décompose en 3 surfaces expliquées dans le tableau qui permettent de comprendre les effets de l'explosion sur les données étudiées lors de l'application de la méthode d'évaluation de la vulnérabilité du territoire.

La figura è composta da 3 superfici spiegate nella tabella che permettono di capire gli effetti dell'esplosione sui dati studiati al momento dell'applicazione del metodo di valutazione della vulnerabilità del territorio.

Superficie di propagazione <i>Surfaces de propagation</i>	Soglia di vulnerabilità biofisica <i>Seuils de vulnérabilité biophysique</i>	Effetti sull' esposto del territorio <i>Effets sur les enjeux du territoire</i>
Zona di pericolo Rossa (0m - 130m) <i>Zone de danger</i> <i>Rouge (0m - 130m)</i>	Effetti letali significativi Soglia di formazione del BLEUVE: la bolla di fuoco dovuta all'esplosione da un diametro di 120m e dura 9s. <i>Effets létaux significatifs</i> <i>Seuil de formation du BLEUVE: la boule de feu due à l'explosion à un diamètre de 120m et dure 9s</i>	Tutte le persone presenti in questa zona sono colpite L'insieme dei principali esposti è colpito (ERP, caserme pompieri, installazioni SEVESO, ETC) <i>Toutes les personnes présentes dans cette zone sont touchées.</i> <i>L'ensemble des enjeux majeurs sont touchés (ERP, casernes de pompiers, installation SEVESO, etc.)</i>
Arancione (130m-313m) <i>Orange (130m - 313m)</i>	Effetti letali <i>Effets létaux</i>	E' colpito dall'esplosione il 5% della popolazione <i>5 % de la population est touchée par l'explosion.</i>
Gialla (313m - 394m) <i>Jaune (313m - 394m)</i>	Effetti irreversibili <i>Effets irréversibles</i>	E' colpito l'1% della popolazione. <i>1 % de la population est touchée</i>

effetti dell'esplosione di un camion di propano sugli esposti umani e materiali presenti sul territorio
effets de l'explosion d'un camion de propane sur les enjeux humains et matériels présents sur le territoire

Integrazione al Sistema Informativo Geografico ArcGIS

Secondo ESRI, primo editore di softwares a prendere in considerazione l'importanza della dimensione geografica, "un sistema informativo Geografico offre tutte le possibilità di basi di dati attraverso una visualizzazione unica propria delle carte".

ArcGIS sviluppato da ESRI offre un gioco completo di strumenti per la modellazione dell'informazione Geografica che favorisce decisioni più rapide e più pertinenti. Per questo motivo il metodo di valutazione è integrato ad un SIG e, più particolarmente a ArcGIS, strumento presente al CRC.

Tappa 1: Taglio delle strade in tratti di 500m

In questa parte l'indice di vulnerabilità del territorio è stata applicata alle principali autostrade delle regioni PACA e Rhone Alps secondo quanto convenuto alle riunioni a Savona con i colleghi del progetto (vedi figura 7) durante le quali è stato anche deciso che tale indice verrà applicato ad ogni tratto di strada di una lunghezza di 500m.

La figura 10 evidenzia il taglio dell'A8 situata al di sopra di Nizza. I differenti colori rappresentano le diverse porzioni da 500m create.



carta di taglio degli assi stradali in porzioni di 500m, esempio della città di Nizza
carte de découpage des axes routier en portions de 500m, exemple de la ville de Nice

Intégration au Système d'Information Géographique ArcGIS

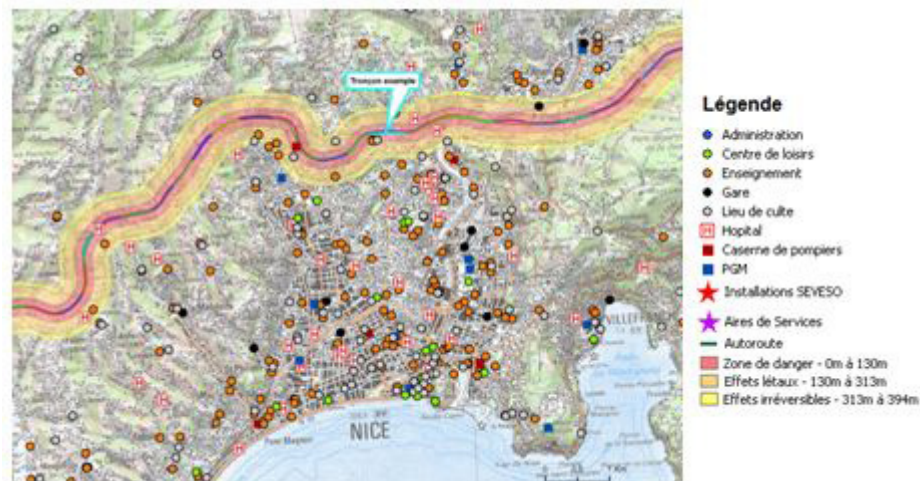
Selon ESRI, premier éditeur de logiciels à prendre en compte l'importance de la dimension géographique, « un Système d'Information Géographique offre toutes les possibilités des bases de données et ce, au travers d'une visualisation unique propre aux cartes. »

ArcGIS développé par ESRI offre un jeu complet d'outils pour la modélisation de l'Information Géographique, qui favorise une prise de décisions plus rapide et plus pertinente. C'est pour cette raison, que la méthode d'évaluation est intégrée à un SIG et plus particulièrement à ArcGIS, outil présent au CRC.

Etape 1: Découpage des routes routes en tronçons de 500 m

Dans cette partie, l'indice de vulnérabilité du territoire a été appliqué aux autoroutes principales des régions PACA et Rhône-Alpes selon ce qui avait été convenu lors de réunions à Savonne (Italie) avec les partenaires du projet (voir figure 7). Durant ces réunions, il a aussi été décidé que cet indice serait appliqué à chaque tronçon de route d'une longueur de 500 m.

La figure 10 met en avant le découpage de l'A8 située au-dessus de Nice. Les différentes couleurs représentent les différentes portions de 500 m créées.



carta dei fattori aggravanti nella città di Nizza
carte des facteurs d'aggravation dans la ville de Nice

Création des zones étudiées : Trois zones autour de chaque portion de route sont créées, on appelle cela les buffers. La distance des zones autour de ces tronçons est déterminée par les seuils de vulnérabilité biophysique évalués lors de la simulation de rejets toxiques réalisée par l'outil ALOHA. Ces trois buffers sont représentés en rouge, orange et jaune dans la figure 11.

La population : C'est le nombre de personnes présentes sur l'ensemble des zones touchées qui est calculé. Comme présenté dans le chapitre IV, on considère 100 % de la population présente dans la zone de danger (buffer rouge), 5 % de la population exposée au seuil des effets létaux (buffer orange) et enfin 1 % des personnes exposées au seuil des effets irréversibles (buffer jaune). Lors d'un accident de camion-citerne sur le tronçon pris en exemple dans la figure 11, 732 personnes sont touchées au total.

Les ERP, installations SEVESO et aires de service : La présence de ces trois variables n'est étudiée que pour la zone de danger puisque seuls ceux-ci sont touchés en cas d'accident de substances dangereuses. Dans notre exemple, 3 ERP sont

Creazione delle zone in esame: intorno ad ogni porzione di strada sono state create tre zone che vengono chiamate buffers. La distanza delle zone intorno a questi tratti è determinata dalle soglie di vulnerabilità biofisica valutate durante la simulazione di rilasci tossici effettuata tramite lo strumento ALOHA. Questi tre buffers sono rappresentati nella figura 11 in rosso, arancione e giallo.

Popolazione: E' stato calcolato il numero di persone presenti nell'insieme delle zone colpite. Come visto nel capitolo IV, si considera il 100% della popolazione presente nella zona di pericolo (buffer rosso) il 5% della popolazione esposta nella soglia degli effetti letali (buffer arancione) e infine il 1% delle persone esposte nella soglia degli effetti irreversibili (buffer giallo). Nel caso in cui si verifichi un incidente di camion cisterna sul tratto preso ad esempio nella figura 11, verrebbero colpite in totale 732 persone.

Stabilimenti pubblici (ERP), installazioni SEVESO e aree di servizio: La presenza di queste tre variabili è studiata solo nella zona di pericolo poiché questi soltanto sarebbero colpiti in caso d'incidente di sostanze pericolose. Nel nostro esempio,

sarebbero raggiunte dall'incidente 3 ERP mentre non sarebbe colpita alcuna installazione SEVESO né area di servizio.
Traffico medio: Viene calcolato il traffico medio al secondo sul tratto.

Qui sono stimati essere sulla porzione di strada in questione al momento dell'incidente 12 veicoli.
La tabella presenta il calcolo dei fattori aggravanti in funzione della loro presenza nella soglia di vulnerabilità biofisica.

atteints par l'accident. Aucune installation SEVESO et aire de service n'est touchée.

Le trafic moyen :C'est le trafic moyen à la seconde sur le tronçon qui est calculé.

Ici, 12 véhicules sont estimés être sur la portion de route au moment de l'accident.

Le tableau présente le calcul des facteurs d'aggravation en fonction de leur présence dans les seuils de vulnérabilité biophysique.

Fattori aggravanti Facteurs aggravants	Numero colpiti Nombre touchés	Classe Classe attribuée
Popolazione Population	732	4
Stabilimenti Pubblici ERP	3	3
Installazioni Seveso Installations Seveso	0	0
Aree Di Servizio Aires De Service	0	0
TMG TMJ	12	2
TOTALE Fattori aggravanti TOTAL Facteurs aggravants		9

calcolo dei fattori aggravanti
calcul des facteurs d'aggravation

L'espace proche du tronçon pris en exemple est très fortement vulnérable face au risque de transport de propane. En effet, les conséquences d'un tel accident seraient désastreuses puisqu'il toucherait environ 745 personnes et 3 ERP dont une école et un hôpital. La figure 12 montre l'ensemble de la vulnérabilité des tronçons de l'A8, proche de Nice.

Lo spazio vicino al tratto preso ad esempio è davvero molto vulnerabile in riferimento al rischio nel trasporto di propano. Infatti le conseguenze d'un tale incidente sarebbero disastrose poiché colpirebbero circa 745 persone e tre ERP di cui una scuola e un ospedale. La figura 12 mostra l'insieme della vulnerabilità dei tratti dell'A8 vicino a Nizza.



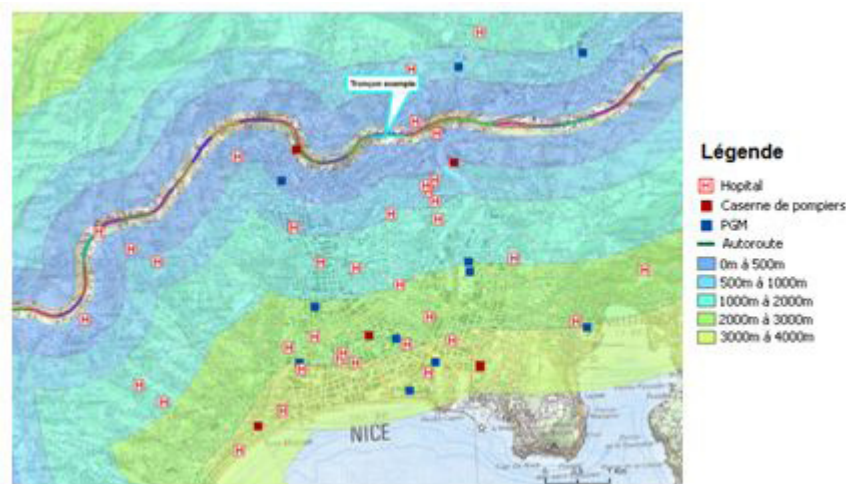
carta di vulnerabilità vicino Nizza
carte de vulnérabilité de l'autoroute près de Nice

Cependant, l'impact d'un accident de TMD sur les facteurs vulnérables d'un territoire n'est pas le seul point à observer. En effet, il est aussi important de regarder l'emplacement des enjeux de résilience pour savoir la rapidité d'intervention des secours et connaître les décisions nécessaires à la gestion de crise.

Tuttavia l'impatto di un incidente TMD sui fattori vulnerabili di un territorio non è l'unico punto da osservare. Infatti è anche importante notare il posto degli esposti di resilienza per sapere la rapidità d'intervento dei soccorsi e conoscere le decisioni necessarie da prendere nella gestione della crisi.

Tappa 3: Calcolo dei fattori di resilienza

Etape 3: Calcul des facteurs de résilience



carta dei fattori di resilienza nella città di Nizza
carte des facteurs de résilience dans la ville de Nice

Creazione delle zone in esame: Sono stati creati 5 buffers al di là della zona di pericolo e intorno ad ogni porzione di strada. Si tratta di differenti distanze d'intervento dei fattori di resilienza.

Caserme pompieri, ospedali e polizia, carabinieri e militari: Viene considerata la presenza di queste tre variabili nei buffers intorno al tratto di strada. Per ognuna di queste è tenuta nel calcolo dell'indice di vulnerabilità la più vicina alla zona di pericolo.

Nel caso si verificasse un incidente di camion cisterna sul tratto preso ad esempio nella figura 12 la caserma dei pompieri più vicina sarebbe situata tra 500 e 1000m, l'ospedale a meno di 500m dalla zona di pericolo e il primo centro di polizia, di carabinieri o militari si troverebbe tra i 2000 e i 3000 m.

La tabella 13 presenta il calcolo dei fattori di resilienza in funzione della loro distanza dalla zona di pericolo.

Création des zones étudiées : Cinq buffers au-delà de la zone de danger et autour de chaque portion de route sont créées. Il s'agit des différentes distances d'intervention des facteurs de résilience.

Les casernes de pompiers, hôpitaux et policiers, gendarmes et militaires: C'est la présence de ces trois variables dans les buffers autour du tronçon de route qui est considérée. Pour chacune d'elle, c'est la plus proche de la zone de danger qui est retenue dans le calcul de l'indice de vulnérabilité.

Lors d'un accident de camion-citerne sur le tronçon pris en exemple dans la figure 12, la caserne de pompiers la plus proche se situe entre 500m et 1000m, l'hôpital voisin est à moins de 500m de la zone de danger et le premier centre de police, de gendarme ou de militaire se situe entre 2000m et 3000m.

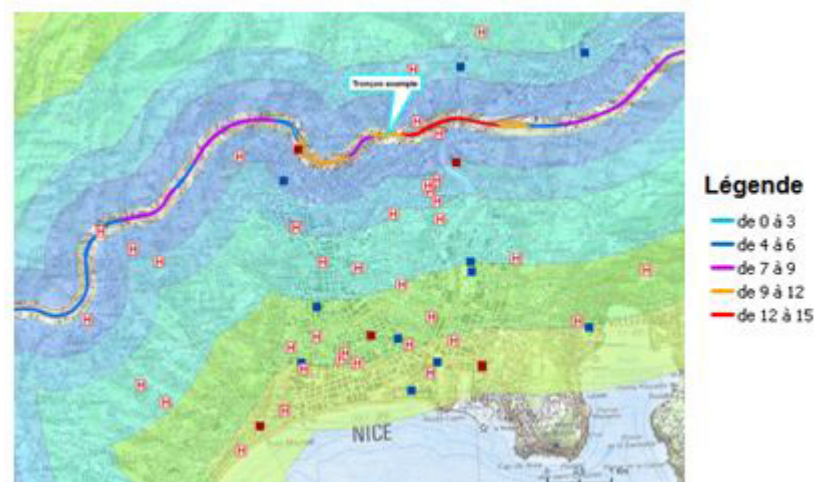
Le tableau 13 présente le calcul des facteurs de résilience en fonction de leur distance à la zone de danger.

Fattori di resilienza <i>Facteurs de résilience</i>	Distanza più breve <i>Distance du plus proche</i>	Classe <i>Classe attribuée</i>
CASERME POMPIERI <i>CASERME DE POMPIERS</i>	Entre 500m et 1000m	4
OSPEDALI <i>HOPITAUX</i>	Entre 0m et 500m	5
PCM <i>PGM</i>	Entre 2000m et 3000m	2
TOTALE Fattori di resilienza TOTAL Facteurs de résilience		11

calcolo dei fattori di resilienza
calcul des facteurs de résilience

Les espaces adjacents à ce tronçon de route présentent une forte résilience face au risque d'accident de propane. En effet, les pompiers et les secours médicaux pourront intervenir extrêmement rapidement sur les lieux. C'est un élément très important à prendre en compte dans le plan de gestion de crise.

Gli spazi adiacenti ai tratti di strada presentano una forte resilienza in riferimento al rischio d'incidente di propano. Infatti i pompieri e i soccorsi medici potrebbero intervenire estremamente rapidamente sui luoghi in questione. E' un elemento molto importante da tenere in conto nel piano di gestione della crisi.



carta di resilienza dell'autostrada vicino Nizza
carte de résilience de l'autoroute près de Nice

Nel quadro del mio stage, ho applicato il metodo di valutazione della vulnerabilità del territorio ai principali assi stradali e ferroviari delle regioni PACA e Rhone Alps. Per entrambi i modi di trasporto la simulazione d'incidente è stata realizzata per il propano e per il cloro.

I risultati cartografici permettono l'identificazione rapida degli spazi più vulnerabili grazie alla scala di colore a 5 livelli.

Nella parte seguente sono discussi i risultati, confrontate le conseguenze di un incidente di trasporto merci pericolose su gomma e su ferro, e vengono presentate le prospettive di questi lavori di ricerca.

Dans le cadre de mon stage, j'ai appliqué la méthode d'évaluation de la vulnérabilité du territoire pour les principaux axes routiers et ferroviaires des régions PACA et Rhône-Alpes. Pour chacun des deux modes de transport la simulation d'accident a été réalisée pour le propane et le chlore.

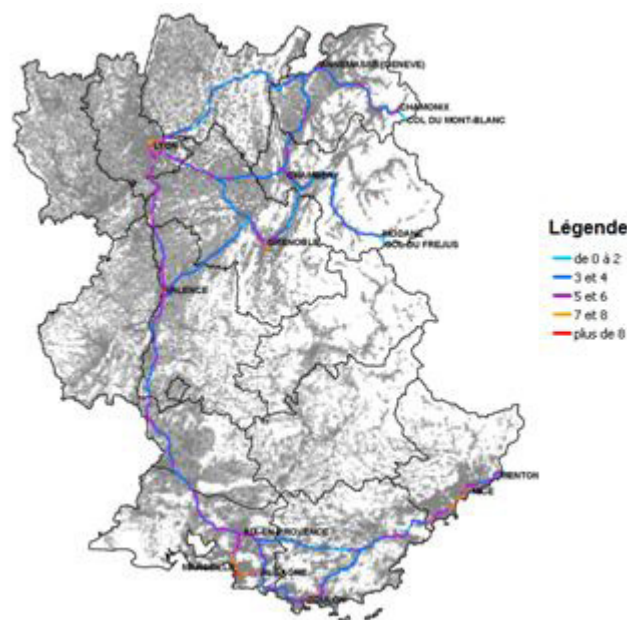
Les résultats cartographiés permettent l'identification rapide des espaces les plus vulnérables grâce à l'échelle de couleur à 5 niveaux. C'est dans la partie suivante que les résultats sont discutés, les conséquences d'un accident de transport de matières dangereuses sur route et sur rail sont comparées et que sont présentées les perspectives de ces travaux de recherche.

4_RÉSULTATS, DISCUSSIONS ET PERSPECTIVES

Les travaux présentés dans ce rapport, relatif au transport de marchandises dangereuses proposent une méthode d'évaluation de la vulnérabilité du territoire face à ce risque et l'intègrent à des outils de simulation de phénomènes dangereux pour une meilleure gestion du risque TMD. Cette partie traite des résultats obtenus et présente les différentes voies d'amélioration sur le thème de la gestion des risques de TMD.

4_RISULTATI, DISCUSSIONI E PROSPETTIVE

I lavori presentati in questo rapporto relativo al trasporto merci pericolose propongono un metodo di valutazione della vulnerabilità del territorio riguardo a tale rischio e lo integrano a strumenti di simulazione di fenomeni pericolosi per una migliore gestione del rischio TMD. Questa parte tratta i risultati ottenuti e presenta le differenti vie di miglioramento riguardo alla gestione dei rischi TMD.



carta della vulnerabilità dell'asse stradale nel paca e Rhone Alps
carte de la vulnérabilité de l'axe routier en PACA et Rhône-Alpes

4.1 Discussione dei risultati

Sul territorio PACA e Rhone Alps, il valore medio della vulnerabilità degli spazi adiacenti l'asse stradale è di 4,39. Ciò significa che per quanto riguarda queste regioni la vulnerabilità del territorio in riferimento ad un incidente di camion trasportante propano è assai significativa. Tuttavia, si constata che ci sono 5 posti dove la vulnerabilità è molto forte e si tratta di zone vicine alle seguenti città: Nizza, Antibes, Tolone, Marsiglia, Lione, Grenoble.

Questi assi vicini alle città rappresentano il 7,5 % dell'insieme della rete stradale studiata ma le conseguenze di un incidente sarebbero disastrose. Per quei luoghi che hanno un indice di vulnerabilità superiore o uguale a 7, in media 880 persone sarebbero colpite. È il fattore più grave. Su questi assi interessati da un forte traffico un incidente di TMD (PROPANO) raggiungerebbe da 7 a 61 veicoli aumentando maggiormente la popolazione colpita. Potrebbero essere esposti fino a 10 stabilimenti pubblici.

Tuttavia, la media è intorno ai 2 stabilimenti danneggiati. Sul 5% di queste porzioni di strada l'incidente raggiungerebbe le aree di servizio e nell'1% dei tratti in esame un'eventuale esplosione di propano colpirebbe alcune installazioni SEVESO.

Gli spazi in cui la vulnerabilità è inferiore a 7 sono spiegati da:

Una popolazione meno colpita, in media 78 vittime per tratto (ma si potrebbero raggiungere fino a 3600 persone esposte) e stabilimenti pubblici molto meno presenti poiché al massimo 2 sarebbero colpiti da un eventuale incidente. Infine da 0 a 25 veicoli potrebbero essere coinvolti in un incidente di mezzi pesanti trasportanti propano. In media, su questi spazi sarebbero raggiunti 8,26 veicoli.

I fattori di resilienza seguono lo stesso modello. Sono molto più presenti nelle zone vicine alle città. Nelle situazioni a rischio, i pompieri, la polizia, i carabinieri e i militari grazie alla loro presenza sui luoghi dell'incidente limitano i danni collaterali.

I medici chiamati in aiuto permettono di evacuare i feriti e curarli nel modo più rapido possibile.

4.1 Discussion autour des résultats

Sur le territoire PACA et Rhône-Alpes, la valeur moyenne de la vulnérabilité des espaces adjacents à l'axe routier est de 4,39. Cela signifie que concernant ces régions, la vulnérabilité du territoire face à un accident de camion transportant du propane est assez importante. Cependant, on constate qu'il y a 5 endroits où la vulnérabilité est très forte. Il s'agit des zones proches des villes suivantes : Nice-Antibes, Toulon, Marseille, Lyon, Grenoble.

Ces axes proches des villes ne représentent que 7,5 % de l'ensemble du réseau routier étudié, mais les conséquences d'un accident y sont désastreuses. Pour ces lieux ayant un indice de vulnérabilité supérieur ou égal à 7, en moyenne 880 personnes sont touchées lors de l'accident. C'est le facteur le plus grave. Ces axes connaissant un fort trafic, un accident de TMD (propane) atteint entre 7 et 61 véhicules augmentant encore la population touchée. Jusqu'à 10 ERP peuvent être exposés.

Cependant la moyenne avoisine les 2 ERP endommagés. 5 % de ces portions de route atteignent les aires de service en cas d'accident et 1 % des tronçons étudiés ici touche des installations SEVESO en cas d'explosion de propane.

Les espaces où la vulnérabilité est inférieure à 7 s'expliquent par:

Une population moins touchée, en moyenne 78 victimes par tronçon (mais pouvant atteindre jusqu'à 3600 personnes exposées), et des ERP beaucoup moins présents puisque sur ces zones, ce sont au maximum 2 ERP qui sont touchés lors d'un accident. Enfin, entre 0 et 25 véhicules peuvent être concernés par un accident de poids-lourd transportant du propane. En moyenne, sur ces espaces ce sont 8,26 véhicules qui sont atteints.

Les facteurs de résilience, suivent le même modèle. Ils sont beaucoup plus présents dans les zones proches des villes. Professionnels des situations à risque, les casernes de pompiers, les policiers, gendarmes et militaires de par leur présence rapide sur les lieux de l'accident limitent les dommages collatéraux.

Les médecins réquisitionnés permettront d'évacuer les blessés et de leur prodiguer les soins vitaux au plus vite.

Comparaison du transport de substances dangereuses par route et par rail

Il est intéressant de comparer la vulnérabilité des axes routiers et ferroviaires pour évaluer s'il est plus favorable de privilégier un type de transport par rapport à l'autre. C'est ce que propose de faire cette partie sur l'exemple des axes permettant de rejoindre Monaco à Menton.



carta della vulnerabilità' degli assi stradali e ferroviari da monaco a Mentone
carte de la vulnérabilité des axes routiers et ferrés de Monaco à Menton

La vulnérabilité des espaces le long de la ligne de chemin de fer est plus importante que ceux proches de l'axe routier. En effet, le premier constat montre que la voie ferrée atteint dans les villes de Monaco et Menton un indice de vulnérabilité supérieur à 7, alors que les routes ont pour indice maximum 6.

En cas d'explosion d'un wagon de propane dans les villes de Monaco et Menton, les dégâts seraient catastrophiques. Un tel accident toucherait en moyenne 726 personnes à Monaco et 1052 à Menton. Outre ces pertes humaines, les dommages matériels concerneraient entre 3 et 7 ERP atteints par l'explosion pour les deux villes.

A présent, étudions la vulnérabilité des territoires adjacents à l'autoroute A8.

L'accident de camion sur la portion entre Monaco et Menton toucherait en

Confronto del trasporto di sostanze pericolose su gomma e su ferro

E' interessante confrontare la vulnerabilità degli assi stradali e ferroviari per valutare se è meglio privilegiare un tipo di trasporto piuttosto che un altro. Questo è ciò che si propone di fare questa parte del documento prendendo ad esempio gli assi che congiungono Monaco a Mentone.

La vulnerabilità degli spazi lungo la linea ferroviaria è più importante rispetto quella delle zone vicine all'asse stradale. Infatti una prima osservazione mostra che la via ferrata raggiunge nelle città di Monaco e Mentone un indice di vulnerabilità superiore a 7 mentre la strada ottiene per indice massimo 6.

Nel caso di esplosione di un carro di propano nelle città di Monaco e Mentone i danni sarebbero disastrosi. Un tale incidente colpirebbe in media 726 persone a Monaco e 1052 a Mentone. Oltre a queste perdite umane, i danni materiali per le due città interesserebbero dai 3 ai 7 stabilimenti pubblici.

Ora studiamo la vulnerabilità dei territori adiacenti l'autostrada A8.

Un eventuale incidente di camion sulla porzione tra Monaco e Mentone colpirebbe

in media 105 persone ossia quasi 7 volte meno che nel caso dell'esplosione di un vagone a Monaco. Sull'autostrada sarebbero vittime dell'incidente solo altri 4 veicoli. Contrariamente al caso di trasporto su rotaia i danni materiali sarebbero molti meno poiché al massimo sarebbe raggiunto dall'esplosione un solo stabilimento pubblico (ERP).

Siccome la rotaia trasporta un più gran numero di sostanze pericolose, i territori coinvolti in caso d'incidente sarebbero molti di più rispetto all'autostrada. Tuttavia, questo non è il solo motivo che rende la vulnerabilità più alta lungo la linea ferroviaria. Le strade delimitano le città mentre la ferrovia le attraversa. Le città raggruppano un numero importante di persone e concentrano la maggior parte delle attività umane, perciò sono più vulnerabili agli incidenti TMD.

L'indice di resilienza applicato a questo caso mostra che sul territorio tra Monaco e Mentone gli spazi a forte vulnerabilità sono anche quelli a forte resilienza. Disporre risorse umane e materiali al momento della crisi permette di ridurre la propagazione del fenomeno pericoloso (effetto domino) e di venire in aiuto alle vittime dell'incidente.

Confronto tra trasporto di propano e di cloro su strada

E' interessante confrontare l'impatto dell'incidente d'un camion trasportante propano con quello di un TMD di cloro. In un primo tempo si constata che le distanze delle soglie di vulnerabilità biofisica valutate al momento della simulazione di rilasci tossici tramite lo strumento ALOHA, sono più estese per quanto riguarda il cloro che per il propano. Ciò significa che un incidente di cloro causerebbe molti più danni sia umani che materiali.

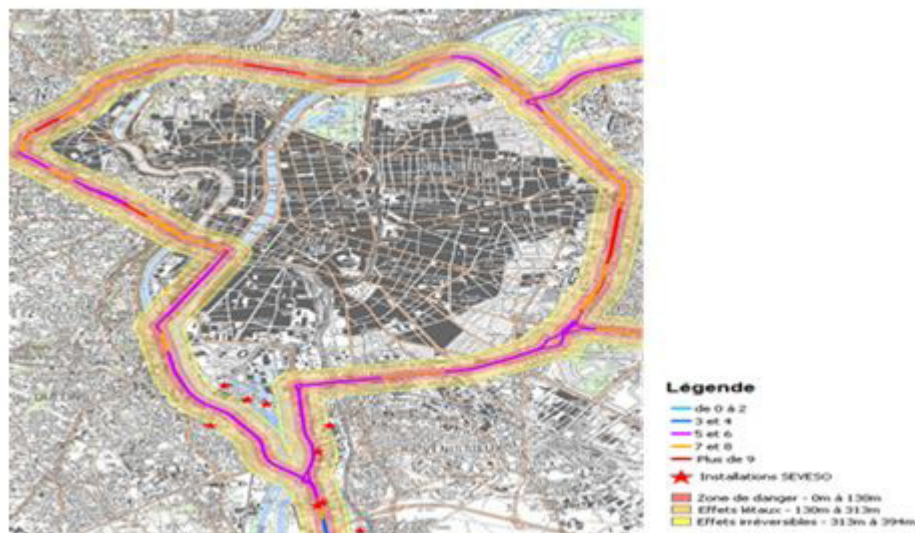
moyenne 105 personnes soit près de 7 fois moins que dans le cas de l'explosion d'un wagon à Monaco. Sur l'autoroute, seulement 4 autres véhicules seraient victimes de l'accident. Contrairement au cas du transport par rail, les dégâts matériels seraient beaucoup moins importants puisque c'est au maximum 1 ERP qui serait atteint par l'explosion.

Le rail transportant un plus grand nombre de substances dangereuses, les territoires touchés en cas d'accident sont beaucoup plus importants que dans le cas de la route. Cependant, ce n'est pas la seule raison pour laquelle la vulnérabilité est plus élevée le long de la ligne de chemin de fer. En effet, les routes contournent les villes, alors que le rail les traverse. Les villes regroupent un nombre important de personnes et concentrent la plupart des activités humaines, c'est pour cela qu'elles sont plus vulnérables aux accidents de TMD.

L'indice de résilience, appliqué à ce cas montre que sur le territoire entre Monaco et Menton, les espaces à forte vulnérabilité sont aussi ceux à forte résilience. Disposer des ressources humaines et matérielles lors de la crise permet de réduire la propagation du phénomène dangereux (effet domino) et de venir en aide aux victimes de l'accident.

Comparaison du transport de propane et de chlore sur route

Il est intéressant de comparer l'impact de l'accident d'un camion transportant du propane avec celui d'un TMD de chlore. Dans un premier temps, on constate que les distances des seuils de vulnérabilité biophysique, évalués lors de la simulation de rejets toxiques par l'outil ALOHA, sont beaucoup plus étendues pour le chlore que pour le propane. Cela signifie qu'un accident de chlore fait beaucoup plus de dégâts humains et matériels.



carta di vulnerabilità della periferia di Lione in riferimento al propano
carte de vulnérabilité face au propane de la périphérie Lyonnaise

D'un point de vue général, pour un accident de propane, la périphérie de Lyon a un indice de vulnérabilité compris entre 5 et 8 avec quelques tronçons ayant des conséquences désastreuses (indice supérieur ou égal à 9) pour le territoire. Dans le cas du chlore, l'ensemble de la périphérie Lyonnaise est fortement vulnérable avec un indice toujours supérieur ou égal à 7.

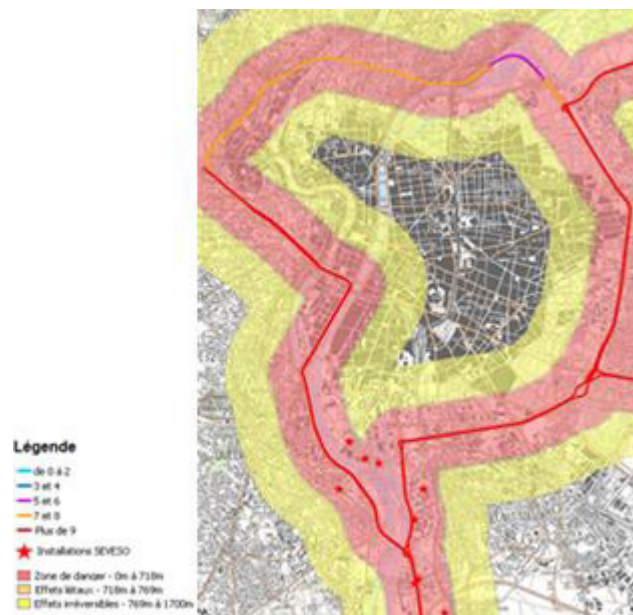
Si un accident de substances dangereuses se produit en périphérie de Lyon, le nombre de victimes sera 6 fois plus important s'il s'agit de chlore que de propane. L'accident de propane touchera en moyenne 680 personnes alors que dans le cas de transport de chlore c'est environ 4100 personnes qui seront atteintes par le phénomène dangereux.

La forte concentration d'installations SEVESO dans le sud de Lyon, connu sous le nom de « couloir de la chimie », explique aussi la différence de vulnérabilité des espaces le long des axes routiers. En effet, ces installations ne sont pas touchées dans le cas d'un accident de propane, alors que jusqu'à 4 établissements SEVESO peuvent être endommagés dans le cas du chlore. Les produits dangereux présents sur ces lieux peuvent entraîner un effet domino ce qui multiplierait les dégâts.

Da un punto di vista generale, per un incidente di propano, la periferia di Lione ha un indice di vulnerabilità compreso tra 5 e 8 con qualche tratto dalle conseguenze disastrose (indice superiore o uguale a 9) per il territorio. Nel caso del cloro, l'insieme della periferia lionese risulta fortemente vulnerabile presentando un indice sempre superiore o uguale a 7.

Se un incidente di merci pericolose avvenisse nella periferia di Lione, il numero di vittime sarebbe 6 volte più grande se si trattasse di cloro piuttosto che nel caso di propano. L'incidente di propano colpirebbe in media 680 persone mentre nel caso del trasporto di cloro sarebbero in pericolo circa 4100 persone.

La forte concentrazione di installazioni SEVESO nel sud di Lione conosciuto sotto il nome di « corridoio della chimica » spiega anche la differenza di vulnerabilità degli spazi lungo gli assi stradali. Infatti, queste installazioni non sarebbero affatto colpite nel caso di incidente di propano mentre fino a 4 stabilimenti SEVESO potrebbero essere danneggiati nel caso del cloro. I prodotti pericolosi presenti in questi luoghi potrebbero causare un effetto domino che moltiplicherebbe i danni.



carta di vulnerabilità della periferia di Lione in riferimento al cloro
carte de vulnérabilité face au chlore de la périphérie Lyonnaise

Per meglio dire, l'incidente di cloro provocherebbe numerosi danni materiali. Potrebbe colpire fino a 10 stabilimenti pubblici. Mentre uno solo al massimo sarebbe colpito nel caso del propano. Per finire, il numero di veicoli raggiunti sarebbe simile per entrambi i tipi di sostanza.

Sia nel caso dell'incidente di propano sia in quello di cloro la resilienza della periferia di Lione è assai debole rispetto alla sua vulnerabilità. Infatti, la zona critica vicina alle installazioni SEVESO nel sud non è un luogo di forte resilienza. Quest'indice permette dunque di evidenziare i tipi di posto dove è importante applicare piani di gestione di crisi. Un territorio molto vulnerabile dovrebbe essere anche molto resiliente.

Tuttavia nel caso del "corridoio della chimica" bisogna moderare i propositi. In effetti occorre sapere che le installazioni SEVESO hanno non solo i loro propri specialisti d'intervento per le materie pericolose trattate nei loro stabilimenti ma anche il materiale necessario per fermare il rischio legato a tali sostanze.

Autrement dit, l'accident de chlore engendre de nombreux dommages matériels. Il peut toucher jusqu'à 10 ERP alors qu'au maximum un seul ERP est touché dans le cas du propane. De plus, le nombre de véhicules atteints est quasiment similaire pour les deux types de matières dangereuses.

Que ce soit dans le cas d'un accident de propane ou de chlore, la résilience de la périphérie de Lyon est assez faible par rapport à sa vulnérabilité. En effet, la zone critique proche des installations SEVESO dans le sud n'est pas lieu de forte résilience. Cet indice permet donc de pointer du doigt ce type d'endroit où il est important de mettre en place des plans de gestion de la crise. Un territoire très vulnérable doit être aussi très résilient.

Toutefois, dans le cas du « couloir de la chimie », il faut tempérer le propos. En effet, il faut savoir que les installations SEVESO possèdent leurs propres intervenants spécialistes des matières dangereuses traitées dans l'établissement mais aussi le matériel nécessaire pour stopper le risque lié à ces substances.

4.2_Les perspectives d'amélioration

Réalisation de scénarios de contournement

L'indice de vulnérabilité peut aussi être utilisé dans un autre cadre. Il est possible d'envisager d'appliquer cet indice à l'étude de scénarios de contournement. En effet, si l'autoroute est coupée à la circulation pour une raison quelconque, il faudra alors envisager la déviation du trafic. Pour cela, les décideurs publics pourront réfléchir à plusieurs routes secondaires à emprunter. Mais c'est en appliquant l'indice à celles-ci, qu'ils pourront choisir l'itinéraire bis le moins vulnérable au transport de matières dangereuses.

Evolutions envisageables

Tout d'abord, il est possible d'évaluer la vulnérabilité du territoire face aux risques liés au TMD en simulant des accidents d'autres substances dangereuses que le propane et le chlore. On peut aussi envisager de prendre en compte de nouvelles variables dans l'indice comme, le taux d'accidentologie sur les différents tronçons pour considérer les lieux les plus critiques.

Mais avant de penser à améliorer les indices en eux-mêmes, il serait intéressant d'utiliser leurs résultats pour faire évoluer les comportements face à un phénomène dangereux. En effet, il est envisageable de limiter les flux de matières dangereuses dans les zones à forte vulnérabilité. Par exemple, le préfet a interdit le contournement de Nice au transport d'oxyde d'éthylène. Ce type de pratique pourrait s'étendre à d'autres villes, excessivement vulnérables. Une réglementation des horaires de circulation du TMD est aussi envisageable.

Ces indicateurs de vulnérabilité et de résilience du territoire peuvent être utiles aux décideurs publics pour mieux penser la répartition des enjeux majeurs sur le territoire.

Une autre piste d'évolution possible face aux zones à faible résilience mises en avant par l'indice serait, de préparer et impliquer la population alentour à ce type de danger afin qu'elle ait les bons réflexes en cas de crise. Il s'agit dans ce cas d'un outil d'aide à la décision précisant vers qui faire de la prévention.

Pour conclure, le transport de matières dangereuses sur route et rail expose de

4.2_Prospettive di miglioramento

Realizzazione di scenari di contorno

L'indice di vulnerabilità può anche essere utilizzato in un altro ambito. E' possibile augurarsi d'applicare questo indice allo studio degli scenari di contorno. Infatti, se l'autostrada fosse per una qualsiasi ragione chiusa alla circolazione, bisognerebbe allora ricorrere alla deviazione del traffico. Per questo i decisori pubblici avrebbero più opzioni di strade secondarie da scegliere ma applicando a quelle l'indice potrebbero scegliere l'itinerario alternativo meno vulnerabile al trasporto merci pericolose.

Evoluzioni concepibili

Da subito, è possibile valutare la vulnerabilità del territorio in riferimento ai rischi legati al TMD simulando incidenti di altre sostanze pericolose rispetto al cloro e al propano. Si può anche ipotizzare di considerare nuove variabili nell'indice come i tassi d'incidentalità sui diversi tratti per verificare i luoghi più critici.

Ma prima di pensare ad un miglioramento degli indici in se stesso, sarebbe interessante utilizzare i risultati ottenuti per far evolvere i comportamenti rispetto al fenomeno pericoloso. Infatti, è augurabile una limitazione dei flussi nelle zone a forte vulnerabilità. Per esempio, il prefetto di Nizza ha proibito la cornice ai trasportatori di ossido d'etilene. Questo tipo di pratica potrà estendersi a altre città eccessivamente vulnerabili. E' anche auspicabile una regolamentazione degli orari di circolazione dei TMD.

Questi indicatori di vulnerabilità e resilienza del territorio possono essere utili ai decisori pubblici per ripensare ad una ripartizione migliore dei principali esposti nel territorio.

Un'altra pista di possibile evoluzione riguardo le zone a debole resilienza evidenziate dall'indice sarebbe quella di preparare e coinvolgere la popolazione riguardo questo tipo di pericolo affinché sviluppi buoni riflessi in caso di crisi. Si tratta in questo caso di uno strumento di aiuto alle decisioni che precisa verso chi fare prevenzione.

Per concludere, il trasporto di merci pericolose su gomma e ferro espone

numerosa persone e può provocare gravi danni materiali. Forse sarebbe il momento di favorire altri mezzi di trasporto come la via marittima. Infatti, benché le quantità di merci trasportate per mare sarebbero più imponenti, il rischio per gli esposti umani e materiali sarebbe ridotto.

Autostrade del mare, futuro del trasporto merci pericolose?

nombreuses personnes et peut provoquer de graves dégâts matériels. Peut-être serait-il temps de favoriser d'autres moyens de transport, comme les voies maritimes. En effet, bien que les quantités de matières transportées par les bateaux soient plus importantes, le risque est réduit pour les enjeux humains et matériels.

Les autoroutes de la mer, l'avenir du transport de marchandises dangereuses?

5_CONCLUSIONS

Les risques technologiques liés au transport de marchandises dangereuses présentent une spécificité : leur nature mobile engendre un risque diffus dans le temps et l'espace, ce qui n'est pas le cas des autres types de risques technologiques. Les axes routiers et ferroviaires sont vulnérables aux conséquences d'un accident de TMD, c'est pourquoi ces zones à risques doivent faire l'objet d'une surveillance particulière.

Ce travail s'inscrit dans la perspective de réduire ces risques, en proposant une méthode d'évaluation de la vulnérabilité du territoire face aux risques liés au TMD. Celle-ci reste très théorique. C'est pour cette raison qu'elle a été intégrée à un Système d'Information Géographique, mieux adapté aux pratiques et besoins des décideurs.

La méthode a été appliquée aux principaux axes routiers et ferroviaires des régions PACA et Rhône-Alpes. Pour chacun des deux modes de transport la simulation d'accident a été réalisée pour le propane et le chlore. Les résultats cartographiés permettent l'identification et la compréhension rapide des espaces les plus vulnérables.

5_CONCLUSIONI

I rischi tecnologici legati al trasporto di merci pericolose presenta una specificità: la loro natura mobile origina un rischio diffuso nel tempo e nello spazio, cosa che non succede nel caso di altri tipi di rischio tecnologico. Gli assi stradali e ferroviari sono vulnerabili alle conseguenze di un incidente TMD, perciò queste zone a rischio devono assicurare una particolare sorveglianza.

Questo lavoro s'inscrive nella prospettiva di ridurre tali rischi proponendo un metodo di valutazione della vulnerabilità del territorio in riferimento ai rischi legati al TMD. Questo resta teorico. Per tale motivo esso è stata integrata ad un Sistema Informativo Geografico che meglio si adatta alle pratiche e alle necessità dei decisori.

Il metodo è stato applicato ai principali assi stradali e ferroviari delle regioni PACA e Rhone Alps. Per entrambe le modalità di trasporto la simulazione d'incidente è stata realizzata nel caso di coinvolgimento di propano e di cloro. I risultati cartografici permettono l'identificazione e la conoscenza rapida degli spazi più vulnerabili.

6_GLOSSARIO

ADR : European Agreement concerning the International carriage of Dangerous goods by Road.
 BARPI :Ufficio d'Analisi dei rischi e inquinamenti industriali.
 BLEVE : Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion.
 CRC : Centro ricerche sui rischi e le crisi.
 DREAL : Direzione regionale dell'Ambiente, Pianificazione del territorio e Alloggio
 ERP : Stabilimenti pubblici.
 ICPE :Installazioni per la protezione dell'Ambiente.
 IGN :Istituto Nazionale Geografico.
 INERIS : Istituto Nazionale dell'Ambiente, industria e dei Rischi.
 INSEE : Istituto Nazionale di Statistica e Studi Economici.
 MEDDTL :Ministero dell'Ecologia, dello Sviluppo Sostenibile dei trasporti e Alloggi
 PGM :Polizia, Carabinieri, militari.
 SIG : Sistema Informativo Geografico.
 TMD : Trasporto Materie Pericolose.
 UVCE :Unconfined Vapour Cloud Explosion.

6_GLOSSAIRE

ADR : European Agreement concerning the International carriage of Dangerous goods by Road.
 BARPI :Bureau d'Analyse des risques et Pollutions Industriels.
 BLEVE : Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion.
 CRC : Centre de recherches sur les Risques et les Crises.
 DREAL : Direction Régional de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement.
 ERP : Etablissement Recevant du Public.
 ICPE : Installation Classée pour la protection de l'Environnement.
 IGN :Institut Géographique National.
 INERIS : Institut National de l'Environnement industrie et des Risques.
 INSEE : Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques.
 MEDDTL :Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable, des Transports et du Logement.
 PGM : Policier, Gendarme et Militaire.
 SIG : Système d'Information Géographique.
 TMD : Transport de matières dangereuses.
 UVCE :Unconfined Vapour Cloud Explosion.

BIBLIOGRAFIA | BIBLIOGRAPHIE

André G., 2004.- Cartographie du risque naturel dans le monde. Étude comparative entre une approche d'ordre social et une approche d'ordre économique de la vulnérabilité. *Cybergeo: European Journal of Geography, Environnement, Nature, Paysage*, document 286, mis en ligne le 16 septembre 2004. URL : <http://www.cybergeo.eu/index2614.html>.

Brooks N., 2003.- Vulnerability, risk and adaptation: A conceptual framework. Tyndall Centre for Climate Change Research Working Paper, No 38.- 16p.

CYPRES, 2007.- Livre blanc du TMD en PACA.- 190 p.

D'Ercole R., Metzger P., 2009.- La vulnérabilité territoriale : une nouvelle approche des risques en milieu urbain. *Cybergeo : European Journal of Geography, Dossiers, Vulnérabilités urbaines au sud*, document 447, mis en ligne le 31 mars 2009. URL : <http://www.cybergeo.eu/index22022.html>.

Demoraes F., 2009.- Mobilité, enjeux et risque dans le District Métropolitain de Quito (Équateur). Thèse.- p.137-176.

Demoraes F., 2009.- De l'intérêt d'une étude sur la vulnérabilité des réseaux routiers et de transport pour la compréhension des vulnérabilités territoriales – Le cas du District Métropolitain de Quito (Équateur). *Cybergeo : European Journal of Geography, Dossiers, Vulnérabilités urbaines au sud*, document 446, mis en ligne le 31 mars 2009. URL : <http://www.cybergeo.eu/index22101.html>.

Ford, J., 2002.- Vulnerability: Concepts and Issues. A literature review of the concept of vulnerability, its definition, and application in studies dealing with human-environment interactions. Department of Geography, University of

Guelph.- 33 p.

Garbolino E., 2009.- Contributions à l'étude du risque de transport sur route de marchandises dangereuses dans un espace transfrontalier. Habilitation à Diriger des Recherches en Géographie.- 195p.

Griot C., 2003.- Vulnérabilité et risques liés au transport de matières dangereuses. Evaluation de la vulnérabilité en vue de la préparation aux interventions de la Sécurité Civile. Thèse.- p. 200-390.

Griot C., 2007.- Des territoires vulnérables face à un risque majeur : le transport de marchandises dangereuses. *Géocarrefour, Risque : de la recherche à la gestion territorialisée*, Vol. 82/1-2, mis en ligne le 01 juin 2010. URL : <http://www.geocarrefour.revues.org/index1459.html>.

Griot C., 2007.- Vulnérabilité et transport de matières dangereuses : une méthode d'aide à la décision issue de l'expertise de la Sécurité Civile. *Cybergeo : Revue européenne de géographie*, No 361.- 32p.

Haimes YY., Jiang P., 2001.- Leontief-Based model of risk in complex interconnected infrastructures. *Journal of infrastructure systems*, Vol. 7, No 1.- p. 1-12.

Hardy S., 2009.- La vulnérabilité de l'approvisionnement en eau dans l'agglomération pacénienne : le cas du sous-système El Alto. *Cybergeo : European Journal of Geography, Systèmes, Modélisation, Géostatistiques*, document 457, mis en ligne le 313 mai 2009. URL : <http://www.cybergeo.eu/index22179.html>.

Manyena SB., 2006.- The concept of resilience revisited. *Disasters*, Vol. 30, No. 4.- p.

434-450.

Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable, 2002.- Le transport de matières dangereuses. Dossier d'information.- Prim.net : Bouquet prévention risques majeurs.- 20 p.

Robert B., Morabito L., 1996.- Réduire la vulnérabilité des infrastructures essentielles. Guide méthodologique. Sciences du risque et du danger, série Innovation. -62p.

Sierra A., 2009.- Espaces à risque et marges : méthodes d'approche des vulnérabilités urbaines à Lima et Quito. Cybergeog : European Journal of Geography, Dossiers, Vulnérabilités urbaines au sud, document 456, mis en ligne le 14 mai 2009. URL : <http://www.cybergeog.eu/index22232.html>.

Thouret J.-C., D'Ercole R., 1996.- Vulnérabilité aux risques naturels en milieu urbain : effets, facteurs et réponses sociales. Cahiers des Sciences Humaines, No 96-2.- p. 407-422.

Allegato 1: classificazione delle materie pericolose

Annexe 1: classification des matières dangereuses

N°	Definizione <i>Définition</i>	Esempi <i>Exemples</i>	Principali fenomeni pericolosi <i>Principal phénomène dangereux</i>	Pittogramma di pericolo <i>Pictogramme de danger</i>
1.	Materie e oggetti esplosivi <i>Matières et objets explosifs</i>	Detonatori, dinamite, esplosivo per mine etc <i>Détonateurs, dynamite, explosif de mines, etc.</i>	Esplosività <i>Explosivité</i>	
2.	Gas compressi o liquefatti <i>Gaz comprimés ou liquéfiés</i>	Azoto, CO2, ossigeno, etc <i>Azote, CO2, oxygène, etc.</i>	Stato gassoso <i>État gazeux</i>	
3.	Liquidi infiammabili <i>Liquides inflammables</i>	Benzine, alcoli, solventi, etc <i>Essences, alcools, solvants, etc.</i>	Inflammabilità <i>Inflammabilité</i>	
4.1	Materie solide infiammabili <i>Matières solides inflammables</i>	Zolfo, naftalina, etc <i>Soufre, naphthalène, etc</i>	Inflammabilità <i>Inflammabilité</i>	
4.2	Materie soggette a combustione spontanea <i>Matières sujettes à l'inflammation spontanée</i>	Fosforo bianco fuso, carbone attivo, etc <i>Phosphore blanc fondu, charbon actif, etc.</i>	Inflammabilità <i>Inflammabilité</i>	
4.3	Materie che a contatto con l'acqua liberano gas infiammabili <i>Matières qui au contact de l'eau dégagent des gaz inflammables</i>	Sodio, carburo di calcio, litio. <i>Sodium, carbure de calcium, lithium, etc</i>	Inflammabilità <i>Inflammabilité</i>	

N°	Definizione <i>Définition</i>	Esempi <i>Exemples</i>	Principali fenomeni pericolosi <i>Principal phénomène dangereux</i>	Pittogramma di pericolo <i>Pictogramme de danger</i>
5.1	Materie carburanti <i>Matières comburantes</i>	Clorato di potassio, fertilizzanti al nitrato d'ammonio <i>Chlorate de potassium, engrais au nitrate d'ammonium, etc.</i>	Infiammabilità <i>Inflammabilité</i>	
5.2	Perossidi organici <i>Peroxydes organiques</i>	Idroperossido di cumile <i>Hydroperoxyde de cumyle, etc.</i>	Tossicità <i>Toxicité</i>	
6.1	Materie tossiche <i>Matières toxiques</i>	Anilina, nitrobenzene, pesticidi, etc. <i>Aniline, nitrobenzène, pesticides, etc.</i>	Tossicità <i>Toxicité</i>	
6.2	Materie infettive <i>Matières infectieuses</i>	Rifiuti d'ospedale, microorganismi <i>Déchets d'hôpitaux, micro-organismes, etc.</i>	Infezione <i>Infection</i>	
7	Materie radioattive <i>Matières radioactives</i>	Uranio, etc. <i>Uranium, etc.</i>	Radioattività <i>Radioactivité</i>	
8	Materie corrosive <i>Matière corrosives</i>	Acido cloridrico, soda caustica, acido solforico <i>Acide chlorhydrique, soude caustique, acide sulfurique, etc.</i>	Corrosività <i>Corrosivité</i>	
9	Materie e oggetti pericolosi diversi <i>Matières et objets dangereux divers</i>	Amianto, prodotti caldi (bitume, metalli fusi) <i>Amiante, produits chauds (bitumes, métaux en fusion...), etc.</i>	Tossicità, diversa temperatura <i>Toxicité, température, divers</i>	

Allegato 2: esempio scheda di lettura

La vulnerabilità territoriale: un nuovo approccio dei rischi in ambiente urbano.

D'Ercole R., Metzger P., 2009.- La vulnérabilité territoriale : une nouvelle approche des risques en milieu urbain. Cybergeog : European Journal of Geography, Dossiers, Vulnérabilités urbaines au sud, document 447, mis en ligne le 31 mars 2009. URL : <http://www.cybergeog.eu/index22022.html>

Obiettivo del documento

Analizzare la vulnerabilità territoriale identificando, caratterizzando e gerarchizzando gli spazi a partire dai quali si crea e si diffonde la vulnerabilità in seno al territorio affrancandosi dal primato dei rischi non calcolabili.

Definire gli spazi per i quali azioni preventive di rischio avrebbero grande efficacia, prendendo così di contropiede gli interventi abituali che mirano alla riduzione del rischio. P.2

Definizione della vulnerabilità territoriale

La vulnerabilità territoriale si apprende tramite la vulnerabilità dei principali esposti.

La vulnerabilità territoriale" parte dal principio che in seno a tutto il sistema territoriale, esistono spazi che concentrano esposti maggiori e che per loro importanza e loro debolezza sono suscettibili di indebolire il territorio." P.5

"Si tratta di identificare e localizzare la radice spaziale del rischio a partire dalla localizzazione degli esposti maggiormente vulnerabili e non a partire dalla localizzazione dei rischi non prevedibili." P5

I maggiori esposti:"elementi chiave che permettono all'insieme di un territorio di funzionare, svilupparsi e affrontare una situazione di emergenza."p.4 (aléas)

La vulnerabilità spaziale: il" contesto spaziale è determinato da due criteri spaziali: accessibilità e esposizione ai rischi non prevedibili"p.10

-"La vulnerabilità di un maggiore esposto si trasmette all'intero territorio per dipendenza, la vulnerabilità spaziale si trasmette agli esposti tramite localizzazione" p.14

Costruzione di una carta di vulnerabilità territoriale

1- Cartografia dei principali esposti e dei luoghi strategici:" restituire l'insieme degli elementi materiali concreti che fanno funzionare l'intero territorio

Annexe 2: exemple de fiche de lecture

La vulnérabilité territoriale: une nouvelle approche des risques en milieu urbain.

D'Ercole R., Metzger P., 2009.- La vulnérabilité territoriale : une nouvelle approche des risques en milieu urbain. Cybergeog : European Journal of Geography, Dossiers, Vulnérabilités urbaines au sud, document 447, mis en ligne le 31 mars 2009. URL : <http://www.cybergeog.eu/index22022.html>

Objectif du document

Analyser la vulnérabilité territoriale en identifiant, caractérisant et hiérarchisant les espaces à partir desquels se crée et se diffuse la vulnérabilité au sein du territoire en s'affranchissant de la primauté des aléas.

« Définir les espaces pour lesquels des actions préventives des risques auraient une grande efficacité, prenant ainsi le contre-pied des interventions habituelles visant la réduction du risque. » p.2

Définition de la vulnérabilité territoriale

La vulnérabilité territoriale s'appréhende par la vulnérabilité des enjeux majeurs. La vulnérabilité territoriale « part du principe qu'il existe, au sein de tout système territorial, des espaces qui concentrent des enjeux majeurs, et que, par leur importance et leurs faiblesses, ces espaces sont susceptibles de fragiliser ce territoire. » p.5

« Il s'agit d'identifier et de localiser la racine spatiale du risque à partir de la localisation des enjeux majeurs vulnérables et non à partir de la localisation des aléas. » p.5

Les enjeux majeurs :« éléments clés qui permettent à l'ensemble d'un territoire de fonctionner, de se développer et de faire face à une situation d'urgence. » p.4 (≠ aléas)

La vulnérabilité spatiale : le « contexte spatial est déterminé à partir de deux critères spatiaux : l'accessibilité et l'exposition aux aléas. » p.10

- « La vulnérabilité d'un enjeu majeur se transmet à l'ensemble du territoire par dépendance, la vulnérabilité spatiale se transmet aux enjeux par localisation. » p.14

Construction d'une carte de vulnérabilité territoriale

1- Cartographie des enjeux majeurs et lieux stratégiques :« restituer l'ensemble des éléments matériels concrets qui font fonctionner l'ensemble du territoire, qui

lui permette de se développer et de faire face au catastrophes. » p.6.

- Cartographie p.8 :

1 Recense dans un tableau les objets traités (Éducation, Santé, Approvisionnement en eau, en électricité...).

2 Pour chaque thème, actualiser les informations spatialisées permettant de caractériser au mieux chaque enjeu (Approvisionnement en eau : stations de traitement, réservoirs, dessertes...) et chaque entité (caractéristiques techniques, années de construction...)

3 Pour chaque thème, identifier les enjeux majeurs à partir d'une hiérarchisation selon des critères quantitatifs, qualitatifs, spatiaux réalisés grâce aux connaissances techniques et fonctionnelles des interlocuteurs de chaque organisme.

4 Découpage de l'espace en maille de 400m de côté. Pour chaque portion, on compte le nombre d'enjeux majeurs en présence ce qui permet de représenter les espaces de plus ou moins forte concentration d'enjeux.

2- Analyser de la vulnérabilité de chaque enjeu majeur :

- Cartographie

1 Pour chaque principal enjeu majeur, prendre en considération les facteurs qui le rendent vulnérable, selon 6 entrées :

Vulnérabilité intrinsèque (Étude du danger) : faiblesse de chaque enjeu (faible niveau socioéconomique, ancienneté des installations, mauvaise qualité du bâti...),

Dépendance : relever tous ce dont à besoin un enjeu pour fonctionner (dépendance des stations de pompes du réseau d'approvisionnement en eau vis-à-vis du système électrique...),

Exposition aux aléas : considérer tous les aléas existant d'origine naturelle ou anthropique (une conduite d'eau enterrée n'est pas sensible aux chutes de cendres volcaniques...),

Alternatives de fonctionnement : recenser les alternatives possibles en cas de dysfonctionnement de l'enjeu (une station de potabilisation ayant plusieurs sources est moins vulnérable que si elle ne dépend que d'un seul captage...),

Capacité de contrôle : existe-t-il une capacité à détecter les problèmes et à intervenir pour tenter de les résoudre? (système de communication, télécontrôle, accessibilité des installations...)

Préparation aux crises : niveau de préparation à la gestion des situations d'urgence (plan de gestion de crises, exercices d'évacuations, système de communication d'urgence...)

e permettono a quest'ultimo di evolvere e di affrontare le catastrofi." P.6

Cartografia- pag 8

1 Si recensiscono in una tabella i temi trattati (Educazione, Sanità, Approvvigionamento dell'acqua, elettricità...)

2 Per ogni argomento si aggiornano le informazioni spaziali che permettono di caratterizzare al meglio ciascun esposto (Approvvigionamento dell'acqua: impianti di depurazione, vasche, percorsi...) e ogni entità (caratteristiche tecniche, anni di costruzione...)

3 Per ogni tema si identificano gli esposti maggiori a partire da una gerarchizzazione secondo criteri quantitativi, qualitativi, spaziali, realizzati grazie alle conoscenze tecniche e funzionali degli interlocutori di ogni organo.

4 Ritaglio dello spazio in maglie di 400m di lato Per ogni porzione, si conta il numero di esposti maggiori presenti per rappresentare gli spazi con una più o meno forte concentrazione di esposti.

2-Analisi della vulnerabilità di ogni principale esposto:

- Cartografia

1 Per ogni principale esposto si prendono in considerazione i fattori che lo rendono vulnerabile, secondo 6 voci:

Vulnerabilità intrinseca (studio del pericolo): debolezza di ogni esposto (livello socioeconomico debole, anzianità delle installazioni. Cattiva qualità dell'edificio...),

Dipendenza: si rileva tutto ciò di cui un esposto ha bisogno per funzionare (dipendenza degli impianti di pompe della rete d'approvvigionamento acqua con il sistema elettrico...).

Esposizione ai rischi: si considerano tutti i rischi esistenti d'origine naturale o antropica (un condotto d'acqua sotterraneo non è sensibile alla caduta di cenere vulcaniche...)

Alternative di funzionamento: si recensiscono le alternative possibili in caso di malfunzionamento dell'esposto (un impianto di acqua potabile che ha più sorgenti è meno vulnerabile di una che si alimenta da una sola)

Capacità di controllo: esiste una capacità in grado di riconoscere i problemi e di intervenire nel tentativo di risolverli? (sistema di comunicazione, telecontrollo, accessibilità delle installazioni...)

Preparazione alle crisi: livello di preparazione per la gestione delle situazioni di emergenza (piano di gestione delle crisi, prove d'evacuazione, sistema di comunicazioni d'emergenza...)

- La costruzione di questi dati si è appoggiata alle conoscenze degli specialisti degli ambiti analizzati e su interviste.

2 La mole di informazioni che caratterizzano la vulnerabilità di ogni esposto permette di costruire una gerarchia e evidenzia su una carta gli elementi particolarmente vulnerabili

3 - Cartografia della vulnerabilità spaziale: permette di evidenziare la vulnerabilità dei principali esposti poiché la vulnerabilità dei luoghi si trasmette agli esposti a causa della loro localizzazione.

-Cartografia p.11 : si determinano due criteri : esposizione ai rischi non prevedibili e accessibilità del territorio.

1 Cartografia dell'esposizione ai rischi: sintesi dati spaziali disponibile in materia di rischio che permette di qualificare ogni porzione in funzione del numro, del tipo e della gravità dei rischi (forte, medio, debole)

2 Qualità dell'accessibilità: analisi della rete stradale principale che considera gli ostacoli legati ai rilievi e alla idrografia (forte, media, debole)

3 Carta della vulnerabilità spaziale: combinazione dei due criteri precedenti (sotto forma di tabella a doppie voci)

4 - Cartografia della vulnerabilità del territorio

Cartografia p.13 : determina il grado di generazione della vulnerabilità degli spazi che comportano esposti principali per il funzionamento, lo sviluppo e la gestione di crisi del territorio in funzione della densità dei principali esposti, del contesto spaziale di vulnerabilità e della vulnerabilità stessa dei principali esposti.

Se non esiste esposto principale di funzionamento o di gestione di crisi sarò il grado di vulnerabilità spaziale a qualificare gli spazi.

Risultati salienti

Questa cartografia permette di " designare i luoghi sia strategici sia deboli che potrebbero essere tema delle politiche ottimizzate di prevenzione dei rischi" p.13 la quale ha come obiettivo

" la diminuzione della vulnerabilità degli esposti principali,

la riduzione della trasmissione della vulnerabilità dei principali esposti sull'intero territorio

l'attenuazione della vulnerabilità spaziale del territorio,

la riduzione della trasmissione della vulnerabilità spaziale del territorio agli esposti.

- La construction de ces données s'est appuyée sur les connaissances des spécialistes des domaines analysés et sur des enquêtes.

2 Le cumul des informations caractérisant la vulnérabilité de chaque enjeu permet de construire une hiérarchie et met en évidence sur une carte les éléments particulièrement vulnérables.

3 - Cartographie de la vulnérabilité spatiale: elle permet de mettre en avant la vulnérabilité des enjeux majeurs puisque la vulnérabilité des lieux se transmet aux enjeux dus à leur localisation.

-Cartographie p.11 : déterminé par 2 critères: l'exposition aux aléas et l'accessibilité du territoire.

1 Cartographie de l'exposition aux aléas : synthèse des données spatiales disponible en matière d'aléas qui permet de qualifier chaque portion en fonction du nombre, du type, et de la gravité des aléas (fort, moyen, faible).

2 Qualité de l'accessibilité : analyse du réseau routier principal qui prend en compte les obstacles liés au relief et à l'hydrographie (fort, moyen, faible).

3 Carte de la vulnérabilité spatiale : combinaison des deux précédents critères (sous forme de tableau à double entrées).

4 - Cartographie de la vulnérabilité du territoire :

Cartographie p.13 : détermine le degré de génération de vulnérabilité des espaces comportant des enjeux majeurs pour le fonctionnement, le développement et la gestion de crise du territoire en fonction de la densité des enjeux majeurs, du contexte spatial de vulnérabilité et de la vulnérabilité des principaux enjeux majeurs.

Lorsqu'il n'existe pas d'enjeu majeur de fonctionnement ou de gestion de crises, c'est le degré de vulnérabilité spatial qui qualifie les espaces.

Principaux résultats

Cette cartographie, permet de « désigner les lieux à la fois stratégiques et fragiles qui pourraient faire l'objet de politiques optimisées de prévention des risques» p.13, qui a pour objectifs :

la diminution de la vulnérabilité des enjeux majeurs,

la réduction de la transmission de la vulnérabilité des enjeux majeurs à l'ensemble du territoire,

l'atténuation de la vulnérabilité spatiale du territoire,

la réduction de la transmission de la vulnérabilité spatiale du territoire aux enjeux.

Annexe 3: document de description des données

Ce document a été livré à l'Université de Gênes lors de notre collaboration dans le recueil des données pour l'étude des flux de marchandises entre la France et l'Italie : Il s'agit de la description des données rassemblées.

Allegato 3: documento di descrizione dei dati

Questo documento è stato redatto all'università di Genova al momento della nostra collaborazione nella raccolta dei dati per lo studio dei flussi merci tra Francia e Italia: Si tratta della descrizione dei dati assemblati.

FONTE KM

Definition: Road Number.

Represents the administrative classification of a road section (A8, D6007 ...).

Type: Text.

Constraint on attribute: Required value.

Source: Institut Géographique National(IGN) - BD TOPO - Class ROUTE_PRIMAIRE.

KM

Definition: Length in kilometres of the road section.

Type: Decimal.

Constraint on attribute: Required value.

TOLL COST

Definition: Mean toll cost in euros to cover the road section.

Toll price depends of the vehicles size: Light vehicle, Heavy vehicle < 12T, Heavy vehicle > 12T.

Type: Decimal.

Constraint on attribute: Required value.

Source: VINCI Autoroutes (www.vinci-autoroutes.com).

PETROL COST

Definition: Mean petrol cost in euros to cover the road section.

Calculation of the attribute:[KM]*0,56.

Type: Decimal.

Constraint on attribute: Required value.

EXPECTED TIME

Definition: Mean time in minutes to cover the road section for a heavy vehicle > 12T.

Type: Integer.

Constraint on attribute: Required value.

Source: VINCI Autoroutes (www.vinci-autoroutes.com).

LANE

Definition: Number of lanes of the road section.

Type: Integer.

Constraint on attribute: Required value.

Source: Institut Géographique National(IGN) - BD TOPO – Class ROUTE_PRIMAIRE.

MEAN LANE

Definition: Mean number of lanes of the road section.

The attribute indicates the mean number of lanes used in normal traffic on this road section. The attribute is rounded up to the nearest number of lanes.

Type: Decimal.

Constraint on attribute: Required value.

Source: Institut Géographique National(IGN) - BD TOPO – Class ROUTE_PRIMAIRE.

LENGTH

Definition: Length in meters of the road section.

Type: Decimal.

Constraint on attribute: Required value.

Source: Institut Géographique National(IGN) - BD TOPO – Class ROUTE_PRIMAIRE.

MEAN LENGTH

Definition: Mean length in meters of the road section.

Type: Decimal.

Constraint on attribute: Required value.

Source: Institut Géographique National(IGN) - BD TOPO – Class ROUTE_PRIMAIRE.

SLOPE

Definition: Slope in percent for the road section.

Calculation of the attribute: ([ALTITUDE LAST] – [ALTITUDE FIRST]) / [KM].

Type: Decimal.

Constraint on attribute: Required value.

ALTITUDE FIRST

Definition: Altitude in meters at the beginning of the road section.

Type: Decimal.

Constraint on attribute: Required value.

Source: Institut Géographique National(IGN) - BD TOPO – Class ROUTE_PRIMAIRE.

ALTITUDE LAST

Definition: Altitude in meters at the end of the road section.

Type: Decimal.

Constraint on attribute: Required value.

Source: Institut Géographique National(IGN) - BD TOPO – Class ROUTE_PRIMAIRE.

MEAN DAILY FLOWS LIGHT VEHICLE

Definition: Mean number of light vehicles per day on road section.

Calculation of the attribute:[MEAN DAILY FLOWS TOTAL] – [MEAN DAILY FLOWS HEAVY VEHICLE].

Type: Integer.

Constraint on attribute: Required value.

Particular values of the attribute:

NR Unknown: information is missing.

Sources: Observatoire Régional des Transports - Carte du recensement de la circulation sur les routes de la région PACA (2008).

Observatoire Régional des transports - Région Rhône Alpes (www.ort-rhone-alpes.fr).

MEAN DAILY FLOWS HEAVY VEHICLE

Definition: Mean number of heavy vehicles per day on road section.

Type: Integer.

Constraint on attribute: Required value.

Particular values of the attribute:

NR Unknown: information is missing.

Sources: Observatoire Régional des Transports - Carte du recensement de la circulation sur les routes de la région PACA (2008).

Observatoire Régional des transports - Région Rhône Alpes (www.ort-rhone-alpes.fr).

MEAN DAILY FLOWS TOTALE

Definition: Mean number of vehicles per day on road section.

Type: Integer.

Constraint on attribute: Required value.

Particular values of the attribute:

NR Unknown: information is missing.

Sources: Observatoire Régional des Transports - Carte du recensement de la circulation sur les routes de la région PACA (2008).

Observatoire Régional des transports - Région Rhône Alpes (www.ort-rhone-alpes.fr).

% LIGHT VEHICLE

Definition: Percentage of light vehicles by the mean number of vehicles per day on road section.

Calculation of the attribute: $[\text{MEAN DAILY FLOWS HEAVY VEHICLE}] / [\text{MEAN DAILY FLOWS TOTAL}]$.

Type: Decimal.

Constraint on attribute: Required value.

Particular values of the attribute:

NR Unknown: information is missing.

% HEAVY VEHICLE

Definition: Percentage of heavy vehicles by the mean number of vehicles per day on road section.

Calculation of the attribute: $[\text{MEAN DAILY FLOWS HEAVY VEHICLE}] / [\text{MEAN DAILY FLOWS TOTAL}]$.

Type: Integer.

Constraint on attribute: Required value.

Particular values of the attribute:

NR Unknown: information is missing.

Annexe 4: document recensant les données

Ce document a été livré à l'Université de Gênes lors de notre collaboration dans le recueil des données pour l'étude des flux de marchandises entre la France et l'Italie. Il s'agit du tableau des données rassemblées.

Allegato 4: documento censimento dati

Questo documento è stato redatto all'università di Genova durante la nostra collaborazione nella raccolta dati per lo studio dei flussi merci tra Francia e Italia. Si tratta di una tabella con i dati riuniti.

KM, COST AND TIME

	Node	Node	Fonte Km	Km	Toll cost			Petrol Cost	Expected time
					Light Veh	Heavy Veh<12T	Heavy Veh>12T		
								0,56	
1	MENTON	NICE (Est)	A8	20	2,1	4,6	6,4	11,2	14
	NICE	MENTON (Menton-Sospel)		20	2,1	4,6	6,4	11,2	16
2	NICE	TOULON (Ouest-La Sayne)	A8-A50-A57	161,4	11,2	27,5	34,3	90,384	109
	TOULON	NICE (Est)		161,4	3,8	8,3	11,7	90,384	107
3	TOULON	AUBAGNE (Sud)	A50	41,9	3,5	7,4	10,2	23,464	36
	AUBAGNE	TOULON (Ouest-La Sayne)		41,9	3,5	7,4	10,2	23,464	37
4	AUBAGNE	MARSEILLE (Centre)	A50	18,9	0	0	0	10,584	20
	MARSEILLE	AUBAGNE (Sud)		19,2	0	0	0	10,752	18
5	MARSEILLE	AIXEN PROVENCE (Fenouillères)	A51-A7	27,2	0	0	0	15,232	27
	AIXEN PROVENCE	MARSEILLE (Centre)		27,5	0	0	0	15,4	29
6	AUBAGNE	AIXEN PROVENCE (Sud)	A8-A52-A501	37,5	3,5	7,7	10,7	21	24
	AIXEN PROVENCE	AUBAGNE (Sud)		37,8	3,5	7,7	10,7	21,168	23
7	AIXEN PROVENCE	VALENCE (Valence Sud)	A7-A8	194,9	15,3	32,7	44,2	109,144	142
	VALENCE	AIXEN PROVENCE (Aix Ouest)		195	15,3	32,7	44,2	109,2	141
8	AIXEN PROVENCE	BRIANCON	A51-N51-N94	248,4	11,6	25,1	35,8	139,104	192
	BRIANCON	AIXEN PROVENCE (Aix Ouest)		248,3	11,6	25,1	35,8	139,048	192

	Node	Node	Fonte Km	Km	Toll cost		Petrol Cost	Expected time	
8	AIXEN PROVENCE	BRIANCON	A51-N51-N94	248,4	11,6	25,1	35,8	139,104	192
	BRIANCON	AIXEN PROVENCE (Aix Ouest)		248,3	11,6	25,1	35,8	139,048	192
9	VALENCE	LYON (Centre)	A7	100,2	7	15,6	20,1	56,112	77
	LYON	VALENCE (Valence Centre)		100	7	15,6	20,1	56	76
10	VALENCE	GRENOBLE (Gare Europe)	A48-A49	100,9	8,4	17,9	24,2	56,504	63
	GRENOBLE	VALENCE (Centre)		101	8,4	17,9	24,2	56,56	64
11	GRENOBLE	LYON	A48-A43	96	9,8	21,6	28,6	53,76	81
	LYON	GRENOBLE (Gare Europe)		99	9,8	21,6	28,6	55,44	81
12	GRENOBLE	CHAMBERY (Centre)	A41	51,7	5,6	11,5	15,6	28,952	40
	CHAMBERY	GRENOBLE		52,6	5,6	11,5	15,6	29,456	38
13	GRENOBLE	BRIANCON	A48-D1091	112,4	0	0	0	62,944	130
	BRIANCON	GRENOBLE		114	0	0	0	63,84	132
14	LYON	CHAMBERY (Centre)	A43	92,3	10,5	23,4	30,6	51,688	73
	CHAMBERY	LYON		89,7	10,5	23,4	30,6	50,232	71
15	LYON	GENEVE (Centre)	A40-A42	145	14,9	36,6	49,4	81,2	65
	GENEVE	LYON (Centre)		145	14,9	36,6	49,4	81,2	95
16	CHAMBERY	GENEVE (Centre)	A41-A43	93	8,4	17	24,1	52,08	58
	GENEVE	CHAMBERY (Centre)		93,6	8,4	17	24,1	52,416	55
17	CHAMBERY	MODANE	A41-A43	98,2	11,3	31,6	42,3	54,992	63
	MODANE	CHAMBERY (Centre)		98,3	11,3	31,6	42,3	55,048	64
18	GENEVE	CHAMONIX MONT BLANC	A40	73,1	5,3	13,7	17,8	40,936	63
	CHAMONIX MONT BLANC	GENEVE (Centre)		73,3	5,3	13,7	17,8	41,048	63

	Node	Node	Fonte Km	Km	Toll cost			Petrol Cost	Expected time
					Light Veh	Heavy Veh <12T	Heavy Veh >12T	0,56	
	OD ITALIA								
19	CHAMONIX	IVREA	A5-N205	124	36,8	141,1	283.6	69,44	95
	IVREA	CHAMONIX		124	36,8	141,1	283.6	69,44	95
20	MODANE	TORINO	A32-N543	100	36,8	141,1	283.6	56	75
	TRINO	MODANE		98	36,8	141,1	283.6	54,88	72
21	BRIANCON	TORINO	A32-N94	104	0	0	0	58,24	83
	TORINO	BRIANCON		100	0	0	0	56	81
22	MENTON	SAVONA	A8-A10	123	0	0	0	68,88	103
	SAVONA	MENTON		123	0	0	0	68,88	103

	Node	Node	Fonte Km	Km	Toll cost			Petrol Cost	Expected time
	OD SPAIN								
	OD SPAIN								
23	MARSEILLE	OD SPAIN	A9-A54	346	26,1	57,3	76,2	193,76	257
	OD SPAIN	MARSEILLE		346	26,1	57,3	76,2	193,76	257
24	VALENCE	OD SPAIN	A7-A9	377	42,7	71,7	95,7	211,12	280
	OD SPAIN	VALENCE		377	42,7	71,7	95,7	211,12	280
25	LYON	OD SPAIN	A7-A9	479	40,3	88,5	118,5	268,24	364
	OD SPAIN	LYON		479	40,3	88,5	118,5	268,24	364

LANE, LENGHT AND SLOPE									
	Node	Node	Lane	Mean lean	Lenght	Mean lenght	Sloap	Altitude First	Altitude Las
1	MENTON	NICE (Est)	2-3	2,54	10-13,5	11,2	-0,39	145,85	67,8
	NICE	MENTON (Menton-Sospel)	2-3	2,55	10-13,5	10,81	0,39	64,95	142,05
2	NICE	TOULON (Ouest-La Sayne)	1-2-3-4	2,63	4-10-13,5-17	12,03	-0,03	70,75	14,5
	TOULON	NICE (Est)	2-3-4	2,62	4-10-13,5-17	11,97	0,03	18,7	72,8
3	TOULON	AUBAGNE (Sud)	2-3	2,23	10-13,5	11,43	0,34	17,95	161,15
	AUBAGNE	TOULON (Ouest-La Sayne)	2-3	2,17	10-13,5	10,94	-0,36	168,65	18,75
4	AUBAGNE	MARSEILLE (Centre)	1-2-3	2,57	5,5-10-13,5	11,59	-0,71	135,8	1,3
	MARSEILLE	AUBAGNE (Sud)	1-2-3	2,56	10-13,5	10,69	0,70	5,85	140,05
5	MARSEILLE	AIX EN PROVENCE (Fenouillères)	2-3-4	2,67	10-13,5-17	12,18	0,40	32,1	140,05
	AIX EN PROVENCE	MARSEILLE (Centre)	2-3-4	2,69	10-13,5-17	12,14	-0,41	139,55	26,85
6	AUBAGNE	AIX EN PROVENCE (Sud)	2-3	2,32	10-13,5	10,87	0,02	138,4	147,35
	AIX EN PROVENCE	AUBAGNE (Sud)	2-3	2,24	10-13,5	10,94	0,01	147,35	149,55
7	AIX EN PROVENCE	VALENCE (Valence Sud)	2-3	2,77	10-13,5	11,97	-0,02	149,3	111,3
	VALENCE	AIX EN PROVENCE (Aix Ouest)		2,76	10-13,5-17	12,03	0,02	109,1	149,35
8	AIX EN PROVENCE	BRIANCON	2-3	1,32	3,5-5,5-7,5-10,5	7,61	0,45	149,7	1257,85
	BRIANCON	AIX EN PROVENCE (Aix Ouest)	2-3	1,32	3,5-5,5-7,5-10,5	7,64	-0,44	1257,85	153,75

	Node	Node	Lane	Mean lean	Lenght	Mean lenght	Sloap	Altitude First	Altitude Las
9	VALENCE	LYON (Centre)	2-3-4	2,87	6-7-9-13,5	11,51	0,05	112,3	166,85
	LYON	VALENCE (Valence Centre)	2-3-4	2,84	6-7-9-13,5	11,48	-0,06	167,2	111,8
10	VALENCE	GRENOBLE (Gare Europole)	1-2-3	2	3,5-10-13,5	9,53	0,11	109,1	216,3
	GRENOBLE	VALENCE (Centre)	2-3	2,08	7-10-13,5	9,64	-0,11	219,65	111,3
11	GRENOBLE	LYON	2-3-4	2,45	7-10-13,5	10,95	-0,02	217,35	202,7
	LYON	GRENOBLE (Gare Europole)	2-3-4	2,47	7-10-13,5-14	10,89	0,02	199,75	216,3
12	GRENOBLE	CHAMBERY (Centre)	2-3-4	2,45	10-12-13,5-15	11,12	0,10	219,35	269,2
	CHAMBERY	GRENOBLE	2-3	2,39	10-12-13,5	10,92	-0,09	269,2	219,4
13	GRENOBLE	BRIANCON	1-2-3	1,99	4-5,5-7-10	6,55	0,93	223,25	1270,55
	BRIANCON	GRENOBLE	1-2	1,99	3,5-5,5-7-10	6,08	-0,91	1263,15	225,5
14	LYON	CHAMBERY (Centre)	2-3-4	2,48	7-10-13,5-14	10,72	0,07	199,75	262,05
	CHAMBERY	LYON	2-3-4	2,46	7-10-13,5-14	10,7	-0,07	262,3	202,7
15	LYON	GENEVE (Centre)	2-3-4	2,16	5-6-7-10-14	9,39	0,16	176,45	410,95
	GENEVE	LYON (Centre)	2-3	2,13	4-5-6-7-10	9,21	-0,16	413,95	176,4
16	CHAMBERY	GENEVE (Centre)	1-2-3	2,07	3,5-10-13,5	10,05	0,13	286,85	410,65
	GENEVE	CHAMBERY (Centre)	1-2-3	2,02	3,5-5-10-13,5	9,77	-0,13	411,05	286,3
17	CHAMBERY	MODANE	2-3	2,15	10-13,5	10,46	0,77	262,9	1021,3
	MODANE	CHAMBERY (Centre)	2-3-4	2,17	10-13,5-15	10,5	-0,77	1019,7	262,9
18	GENEVE	CHAMONIX MONT BLANC	1-2-3	1,97	7-10	9,31	0,89	411,05	1062,7
	CHAMONIX MONT BLANC	GENEVE (Centre)	1-2-3	1,95	7-10	9,44	-0,89	1062,7	410,65

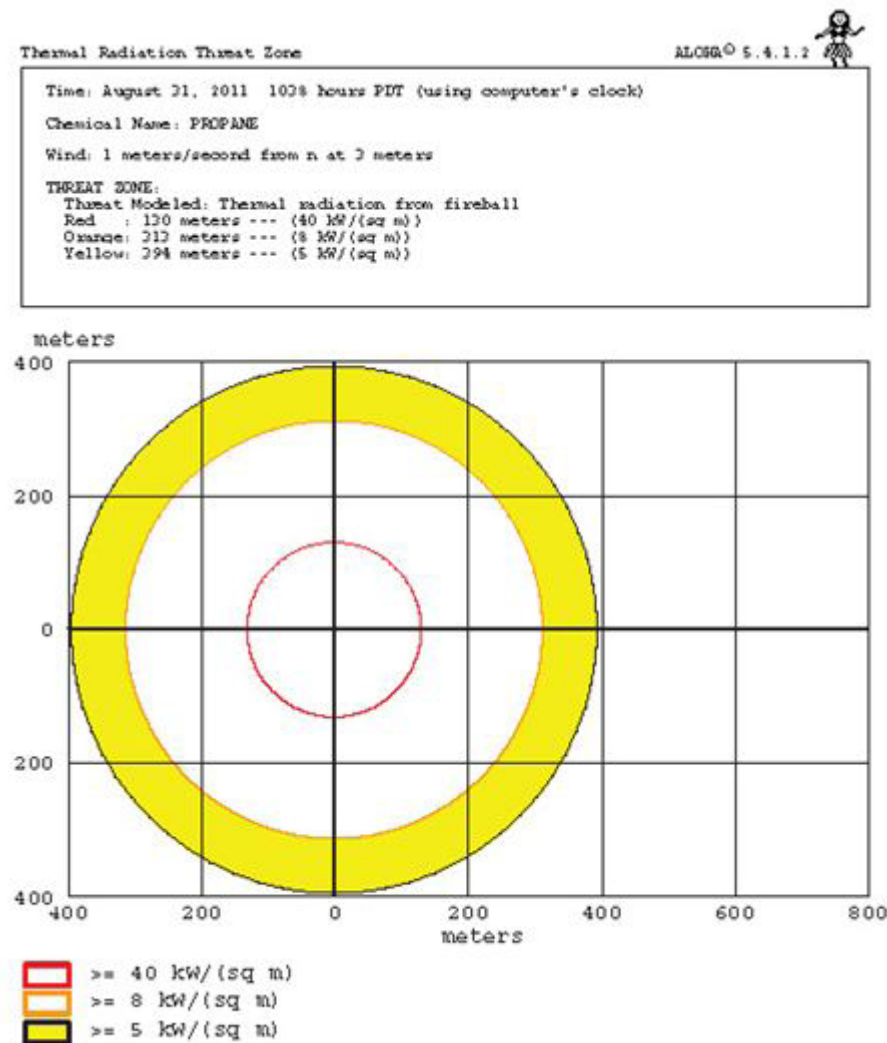
MEAN DAILY FLOWS

	Node	Node	Mean Daily Flows Light Veh	Mean DailyFlows heavy Veh	Mean daily Flows TOTALE	% Light Veh	% Heavy Veh
1	MENTON	NICE (Est)	29 174	4 502	33 676	0,8663	0,1337
	NICE	MENTON (Menton-Sospel)					
2	NICE	TOULON (Ouest-La Sayne)	61 765	5 677	67 442	0,9158	0,0842
	TOULON	NICE (Est)					
3	TOULON	AUBAGNE (Sud)	61 021	2 123	63 144	0,9664	0,0336
	AUBAGNE	TOULON (Ouest-La Sayne)					
4	AUBAGNE	MARSEILLE (Centre)	89 328	2 723	92 051	0,9704	0,0296
	MARSEILLE	AUBAGNE (Sud)					
5	MARSEILLE	AIX EN PROVENCE (Fenouillères)	93 457	6 213	99 670	0,9377	0,0623
	AIX EN PROVENCE	MARSEILLE (Centre)					
6	AUBAGNE	AIX EN PROVENCE (Sud)	43 750	3 504	47 254	0,9258	0,0742
	AIX EN PROVENCE	AUBAGNE (Sud)					
7	AIX EN PROVENCE	VALENCE (Valence Sud)	52 746	10 067	62 813	0,8397	0,1603
	VALENCE	AIX EN PROVENCE (Aix Ouest)					
8	AIX EN PROVENCE	BRIANCON	18 154	854	19 008	0,9551	0,0449
	BRIANCON	AIX EN PROVENCE (Aix Ouest)					

	Node	Node	Mean Daily Flows Light Veh	Mean DailyFlows heavy Veh	Mean daily Flows TOTALE	% Light Veh	% Heavy Veh
9	VALENCE	LYON (Centre)	79 144	13 504	92 648	0,8542	0,1458
	LYON	VALENCE (Valence Centre)					
10	VALENCE	GRENOBLE (Gare Europole)	34 840	2 307	37 147	0,9379	0,0621
	GRENOBLE	VALENCE (Centre)					
11	GRENOBLE	LYON	59 704	6 560	66 264	0,9010	0,0990
	LYON	GRENOBLE (Gare Europole)					
12	GRENOBLE	CHAMBERY (Centre)	40 853	3 257	44 110	0,9262	0,0738
	CHAMBERY	GRENOBLE					
13	GRENOBLE	BRIANCON	NR	NR	NR	NR	NR
	BRIANCON	GRENOBLE					
14	LYON	CHAMBERY (Centre)	57 734	7 813	65 547	0,8808	0,1192
	CHAMBERY	LYON					
15	LYON	GENEVE (Centre)	36 486	5 053	41 539	0,8784	0,1216
	GENEVE	LYON (Centre)					
16	CHAMBERY	GENEVE (Centre)	28 965	2 057	31 022	0,9337	0,0663
	GENEVE	CHAMBERY (Centre)					
17	CHAMBERY	MODANE	17 895	3 651	21 546	0,8305	0,1695
	MODANE	CHAMBERY (Centre)					
18	GENEVE	CHAMONIX MONT BLANC	21 317	1 973	23 290	0,9153	0,0847
	CHAMONIX MONT BLANC	GENEVE (Centre)					

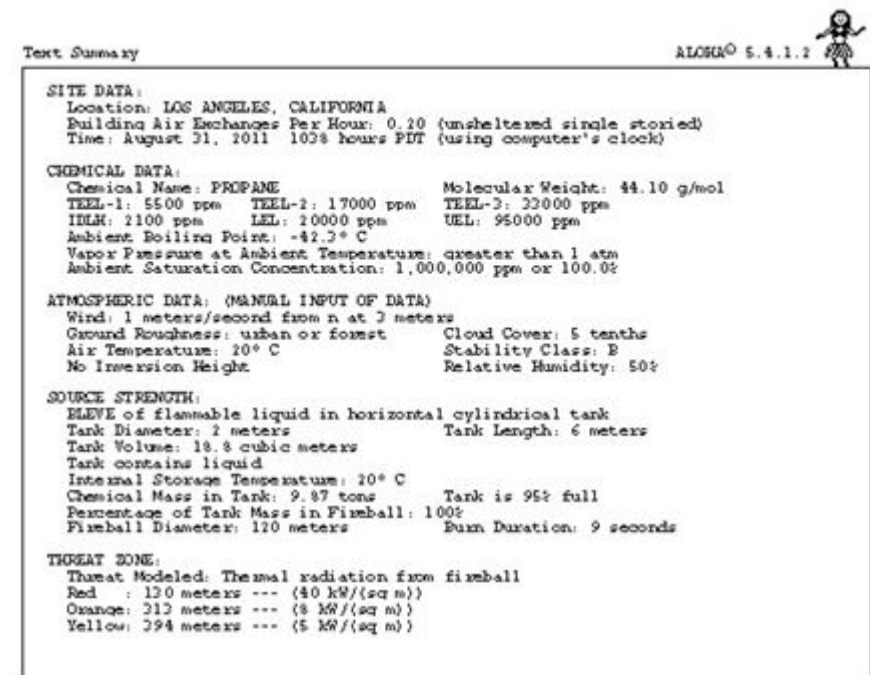
Annexe 5: ALOHA, simulateur de rejets toxiques

Cas du propane sur route



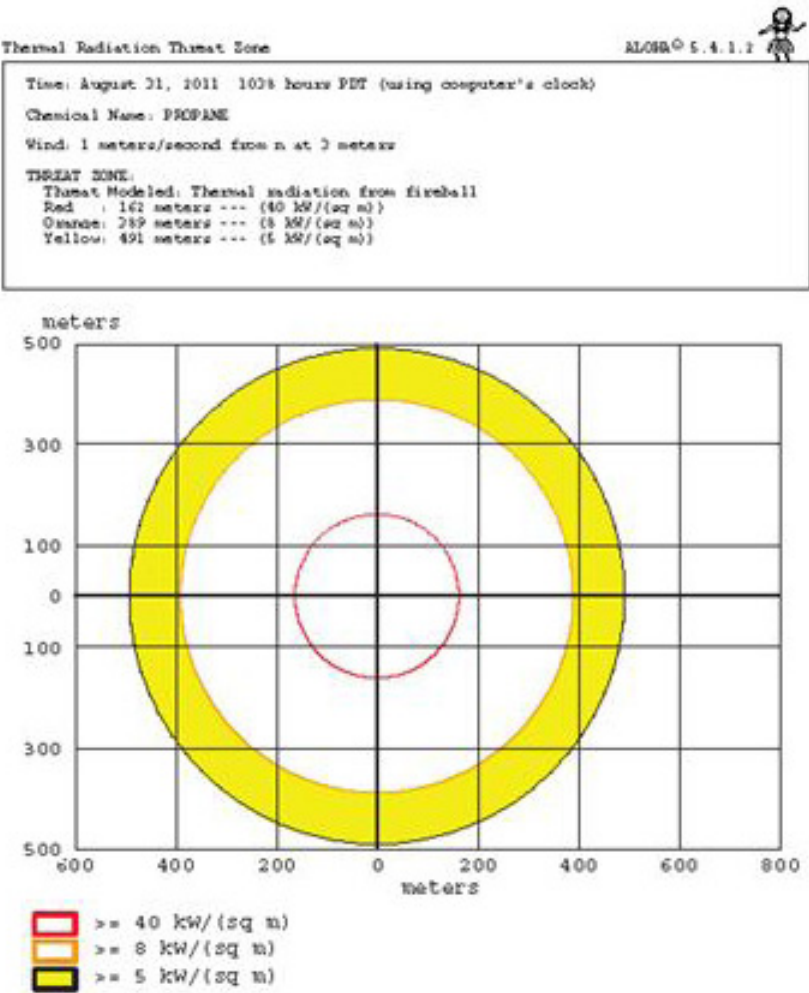
Allegato 5: ALOHA, simulazione rilasci tossici

Caso di propano su strada



Caso di propano su ferrovia

Cas du propane sur rail



Test Summary ALOHA 5.4.1.2

SITE DATA:

Location: LOS ANGELES, CALIFORNIA

Building Air Exchanges Per Hour: 0.10 (unsheltered single storied)

Time: August 31, 2011 1028 hours PDT (using computer's clock)

CHEMICAL DATA:

Chemical Name: PROPANE Molecular Weight: 44.10 g/mol

TEEL-1: 5500 ppm TEEL-2: 17000 ppm TEEL-3: 33000 ppm

IDLH: 2100 ppm LEL: 20000 ppm UEL: 95000 ppm

Ambient Boiling Point: -42.2°C

Vapor Pressure at Ambient Temperature: greater than 1 atm

Ambient Saturation Concentration: 1,000,000 ppm or 100.0%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 1 meters/second from n at 2 meters

Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 5 tenths

Air Temperature: 20°C Stability Class: B

No Inversion Height Relative Humidity: 50%

SOURCE STRENGTH:

RELEASE of flammable liquid in horizontal cylindrical tank

Tank Diameter: 1 meters Tank Length: 12 meters

Tank Volume: 37.7 cubic meters

Tank contains liquid

Internal Storage Temperature: 20°C

Chemical Mass in Tank: 19.7 tons Tank is 96% full

Percentage of Tank Mass in Fireball: 100%

Fireball Diameter: 162 meters Burn Duration: 10 seconds

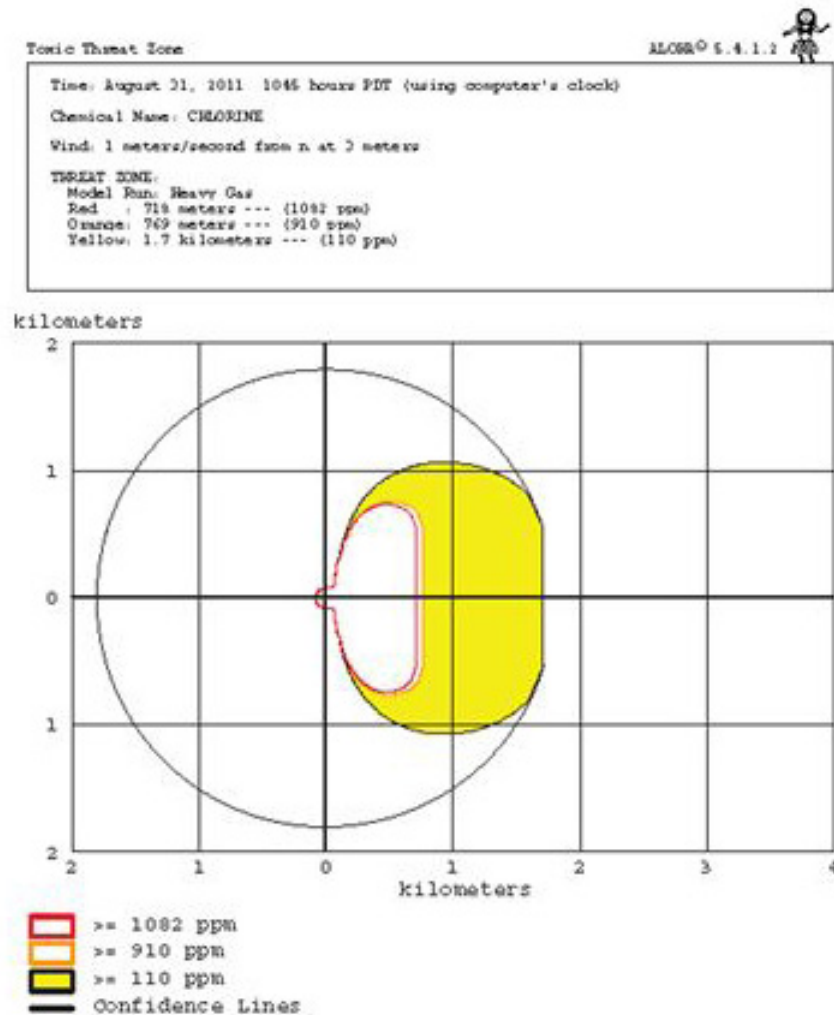
THREAT ZONE:

Threat Modeled: Thermal radiation from fireball

Red : 162 meters --- (40 kW/(sq m))

Orange: 289 meters --- (8 kW/(sq m))

Yellow: 491 meters --- (5 kW/(sq m))



Caso di cloro su ferrovia

Caso du cloro sur rail

