

Report sulla metodologia multicriterio per la
 determinazione del rischio incendio alle interfacce

Rapport sur la méthodologie multicritères pour la
 détermination du risque incendie aux interfaces

Prodotto T1.2.1

Progetto Interreg IT-FR

INTERMED

**Interventi per gestire e ridurre il
 rischio incendio di interfaccia
 urbano-rurale.**

2022

Produit T1.2.1

Projet Interreg IT-FR

INTERMED

**Interventions pour gérer et réduire le
 risque à l'interface habitat-espace
 naturel**

2022

Version 1



Sommaire - Riepilogo

1. Introduction - Introduzione

2. Généralités sur l'évaluation du risque aux interfaces - Informazioni generali sulla valutazione del rischio alle interfacce

2.1 Les classes d'interfaces – Li classe dell interfaccia

2.1 Cartographie des interfaces – Mappatura dei interfacce

2.3 Echelles de la représentation - Scale di rappresentazione

3. Evaluation multicritères de la vulnérabilité des bâtiments d'interface à l'échelle de l'unité foncière bâtie : le modèle VULN'INTERMED - Valutazione multicriterio della vulnerabilità degli edifici interfaccia alla scala dell'unità di terreno edificato: il modello VULN'INTERMED.

3.1 Modélisation de la vulnérabilité par analyse multicritères des dires
d'experts - Modellazione delle vulnerabilità mediante analisi multicriteri
delle dichiarazioni degli esperti

3.1.1 La connaissance experte - Conoscenze specialistiche

3.1.2 L'analyse multicritères – Analisi multicriteri

3.1.2.1 Déroulement – Procedura

- *La structuration de l'arborescence – Strutturazione della struttura ad albero*
- *L'évaluation – Valutazione*
- *Le calcul du modèle – Il calcolo del modello*
 - i) *Calcul des poids – Calcolo dei pesi*
 - ii) *Agrégation des jugements d'experts – Aggregazione dei giudizi degli esperti*

3.2. Resultats - Risultati

3.3. Implementation : le webservice VULN'INTERMED - Implementazione: il servizio web VULN'INTERME

4. Evaluation multicritères du risque à l'échelle des interfaces basée sur la simulation physique du feu - Valutazione del rischio multicriterio su scala di interfaccia basata sulla simulazione fisica dell'incendio
 - 4.1 Collecte, traitement et mise en forme des données - Raccolta, elaborazione e formattazione dei dati
 - 4.2 Elaboration de la carte de la végétation des interfaces et de la carte du combustible dérivée - Elaborazione della mappa de la vegetazione dell'interfaccia e della mapa di combustibile derivata
 - 4.2.1 Segmentation (logiciel eCognition) - Segmentazione (software eCognition)
 - 4.2.2 Extraction et classification de la végétation par des seuils du NDVI - Estrazione e classificazione della vegetazione per soglie NDVI
 - 4.2.3 Création du masque de végétation - Creazione delle macchie di vegetazione
 - 4.2.4 Classes de hauteur de végétation - Classi di altezza della vegetazione
 - 4.2.5 Traitement de la couche de végétation base - Trattamento dello strato vegetale inferiore
 - 4.2.6 – Utilisation de données exogènes - Utilizzo di dati esogeni
 - 4.2.6.1 *Cartes thématiques - Mappe tematiche*
 - 4.2.6.2 *Données d'enquête sur le terrain - Dati delle indagini sul campo*
 - 4.2.7 Elaboration de la carte du combustible - Elaborazione della mappa del combustibile
 - 4.3 Définition des scénarios d'incendie - Definizione dei scenari di incendio
 - 4.4 Simulation probabiliste de la propagation du feu dans les interfaces - Simulazione probabilistica della propagazione del fuoco nella WUI

- 4.4.1 Calcul de la probabilité de brûlage - Calcolo della probabilità di combustione
 - 4.4.1.1 *Produire un échantillon de points d'ignition - . Schemi di punti di accensione*
 - 4.4.1.2 *Exécuter les simulations des scénarios - Simulazioni di scenari*
 - 4.4.2 Estimation de l'effet moyen de l'interface sur le taux de propagation du feu - Stima dell'effetto medio della WUI sulla velocità di propagazione degli incendi
 - 4.4.3 Prise en compte du potentiel de sautes de feu - Considerazione del potenziale di fuoco spot
 - 4.4.4 Evaluation du potentiel de combustion d'arrière-front - Valutazione del potenziale di combustione post frontale
-
- 4.5 Vulnérabilité et exposition des enjeux – Vulnerabilità e esposizione delle interese
 - 4.5.1 Evaluation de la vulnérabilité de la maison - Valuazione della vulnerabilità della casa
 - 4.5.2 Calcul de l'exposition évaluée par l'indice WUIX - Calcolo dell'esposizione e dell'indice WUIX

 - 4.6 Classification et cartographie des risque - Classificazione e mappatura del rischio
-
- 5. Conclusion – Conclusione
 - 6. Références – Riferimenti
 - 7. Liste des figures et des tableaux – Elenco di figure e tabelle

Auteurs - Autori : Eric Maillé, Claudio Ribotta, José Maria Costa Saura, Costantino Sirca...

Acronymes utilisés – Sigle usate:

DC : Drought Code (Indice de sécheresse, Codice di siccità)

FMC : Fuel Moisture Content (Taux d'Humidité du Combustible, Tasso di umidità del carburante)

ESA : European Spatial Agency (Agence Spatiale Européenne, Agenzia Spaziale Europea)

FWI : Fire Weather Index (Indice Feux Météo, Indice Fuoco Meteo - IFM)

IFM : Indice Feux Météo, Indice Fuoco Meteo

LiDAR : Light Detection and Range (Dispositif de détection et mesure de distance par lumière polarisée, Dispositivo di rilevamento e misurazione della distanza a luce polarizzata)

MEDSTAR :

NDVI : Normalized Difference Vegetation Index (Indice de végétation différentiel normalisé, Indice di vegetazione differenziale normalizzato)

WUI : Wildland Urban Interface (Interface Naturel-Urbain, Interfaccia Naturale-Urbano)

WUIX : Wildland Urban Interface (Interface Naturel-Urbain X, Interfaccia Naturale-Urbano X)

1. Introduction

Ce rapport propose une synthèse méthodologique pour l'évaluation du risque en interface utilisant plusieurs approches multicritères. La méthodologie définie se fonde sur la spécification et la validation de deux modèles de type multicritères définis à 2 niveaux d'échelle : l'échelle du bâti, plus précisément de l'unité foncière bâtie, et l'échelle du paysage, c'est-à-dire l'échelle de l'interface elle-même. Deux autres niveaux d'échelle, l'échelle territoriale et l'échelle interrégionale sont principalement abordée dans la tâche T1.2.3, dont l'objectif est de poser les bases de l'extrapolation des méthodes définies sur les territoires tests, à l'ensemble de la zone INTERMED.

2. Généralités sur l'évaluation du risque aux interfaces

Evaluer le risque aux interfaces nécessite en premier lieu la délimitation, la caractérisation et la cartographie des différents types interfaces. Dans la méthodologie proposée, l'interface est considérée dans sa dimension surfacique, et non dans sa dimension linéaire, même si certains modules peuvent utiliser des critères de forme de l'interface linéaire pour évaluer le risque associé. Une zone d'interface naturel-urbain est une zone de transition entre le massif forestier et la zone urbaine où se mélangent de la végétation combustible très diversifiée et hétérogène et des enjeux particulièrement vulnérables, au premiers rang desquels des vies humaines.

Le combustible d'interface inclut la végétation constituée d'espèces forestières spontanées ou sub-spontanées, des espèces domestiques souvent ornementales d'agrément, parfois des espèces ou des parcelles d'origine agricole, mais aussi du combustible non végétal incluant par exemple des véhicules, des équipements extérieurs tels que du mobilier de jardins, des

1. Introduzione

Questo rapporto propone una sintesi metodologica per la valutazione del rischio di interfaccia utilizzando diversi approcci multicriteri. La metodologia definita si basa sulla specificazione e validazione di due modelli di tipo multicriterio definiti a 2 livelli di scala: la scala dell'edificio, più precisamente dell'unità fondiaria edificata, e la scala del paesaggio, cioè la scala dell'interfaccia stessa. Altri due livelli di scala, la scala territoriale e la scala interregionale, sono trattati principalmente nel task T1.2.3, il cui obiettivo è gettare le basi per l'estrapolazione delle metodologie definite sui territori di prova, all'intera zona INTERMED.

2. Informazioni generali sulla valutazione del rischio alle interfacce

La valutazione del rischio alle interfacce richiede innanzitutto la delimitazione, la caratterizzazione e la mappatura dei diversi tipi di interfacce. Nella metodologia proposta, l'interfaccia è considerata nella sua dimensione superficiale e non nella sua dimensione lineare, anche se alcuni moduli possono utilizzare criteri di forma dell'interfaccia lineare per valutare il rischio associato. Una zona di interfaccia naturale-urbana è una zona di transizione tra il massiccio forestale e la zona urbana dove si mescola una vegetazione combustibile molto diversificata ed eterogenea, comprendente specie forestali spontanee o subspontanee, e stake particolarmente vulnerabili, prima fra tutte le vite umane.

Il combustibile di interfaccia comprende vegetazione costituita da specie forestali spontanee o subspontanee, specie domestiche spesso ornamentali per diletto, talvolta specie o appezzamenti di origine agricola, ma anche combustibili non vegetali

réserve de bois, ainsi que les différentes formes de bâti et certaines infrastructures potentiellement combustibles.

Une typologie des interfaces spécifiée afin d'évaluer le risque d'incendie est donc fondée sur un croisement entre des types de combustible et une organisation spatiale des enjeux.

Nous proposons une méthodologie permettant d'évaluer le risque aux interfaces en corrélant les différentes composantes du risque, incluant l'aléa, la vulnérabilité des enjeux et leur exposition, aux différents types d'interfaces identifiés sur la zone. Cette méthodologie rassemble un ensemble de méthodes, applicables à plusieurs niveaux d'échelle.

2.1 Les classes d'interfaces

On considère plusieurs classes d'interface urbaine, en fonction de la classe d'occupation du sol avec laquelle la classe urbaine discontinue est en contact. Ces classes d'interfaces sont décrites dans le détail dans le livrable MEDSTAR T2.2.3 : "Rapport sur la cartographie du risque à l'échelle du paysage et des interfaces urbain-rural". On rappelle ici les 5 classes principales d'interfaces considérées, de la plus générale à la plus spécifique :

1. L'interface "rural-urbain" (RUI)
2. L'interface "espaces naturels-urbain" (WUI)
3. L'interface "zone résidentielle-forêt" (dite aussi habitat-forêt)
4. L'interface "bâti-végétation".
5. L'interface "bâti-forêt"

La modélisation multicritères du risque aux interfaces se fonde sur la classe générale d'interface **bâti-végétation** aux 3 premiers niveaux d'échelle (unité foncière bâtie, interface et territoire).

tra cui, ad esempio, veicoli, attrezzature per esterni come mobili da giardino, forniture di legname, nonché le diverse forme edilizie e alcune infrastrutture potenzialmente combustibili.

Una tipologia di interfacce specificata al fine di valutare il rischio di incendio si basa quindi su un incrocio tra tipologie di combustibili e un'organizzazione spaziale delle problematiche.

Si propone una metodologia per valutare il rischio alle interfacce correlando le diverse componenti del rischio, inclusa la pericolosità, la vulnerabilità delle problematiche e la loro esposizione, alle diverse tipologie di interfacce individuate nell'area. Questa metodologia riunisce una serie di metodi, applicabili a diversi livelli di scala.

2.1 Le classi di interfaccia

Vengono considerate diverse classi di interfaccia urbana, a seconda della classe d'uso del suolo con cui la classe urbana discontinua è in contatto. Queste classi di interfacce sono descritte in dettaglio nel deliverable MEDSTAR T2.2.3: "Report on risk mapping at the landscape scale and urban-rural interfaces". Ricordiamo qui le 5 principali classi di interfacce considerate, dal più generale al più specifico:

1. L'interfaccia rurale-urbana (RUI)
2. L'interfaccia "naturale-urbana" (WUI)
3. L'interfaccia "zona residenziale-foresta" (detta anche habitat-foresta)
4. L'interfaccia "edificio-vegetazione".
5. L'interfaccia "edificio-foresta"

La modellazione multicriterio del rischio alle interfacce si basa sulla classe generale dell'interfaccia edificata-vegetazione ai primi 3 livelli di scala (unità di terreno edificato, interfaccia e territorio).

2.2 Cartographie des interfaces

La cartographie des interfaces intervient dans l'évaluation multicritères du risque à deux niveaux :

- La carte d'interface définit le domaine d'application des modèles d'évaluation du risque aux interfaces
- La classe et le type d'interface sont constituant des critères des différentes composantes du risque

Les techniques de cartographie des interfaces sont décrites dans le livrable MEDSTAR T2.2.3 : "Rapport sur la cartographie du risque à l'échelle du paysage et des interfaces urbain-rural".

2.3 Echelles de la représentation

La méthodologie articule des méthodes à 2 niveaux d'échelle :

1. **L'échelle de l'unité foncière bâtie.** Il s'agit de l'échelle la plus locale à laquelle vont être décrits l'enjeu bâti principal (maison d'habitation ou autre bâtiment principal) et son environnement immédiat, généralement un jardin d'agrément, au sein d'une unité foncière. Celle-ci est généralement constituée d'une ou plusieurs parcelles cadastrales gérées de façon homogène par la même personne ou groupe de personnes (le propriétaire, ou éventuellement le locataire, voire d'autres intervenants). Le jardin d'agrément est souvent clôturé. L'environnement du bâti principal est constitué par de la végétation du jardin d'agrément, mais aussi une variété d'autres éléments permanents, y compris des annexes bâtis, du mobilier extérieurs, piscines, etc. ainsi que des éléments non permanent comme des véhicules. L'échelle de l'unité foncière bâtie est l'échelle privilégiée pour l'appréhension des mécanismes d'endommagement des enjeux bâtis (exposition), ainsi que des ignitions anthropiques en interface.

2.2 Mappatura delle interfacce

La mappatura dell'interfaccia è coinvolta nella valutazione del rischio multicriterio a due livelli:

- La mappa delle interfacce definisce l'ambito dei modelli di valutazione del rischio alle interfacce
- La classe e il tipo di interfaccia sono criteri per le diverse componenti di rischio

Le tecniche di mappatura delle interfacce sono descritte nel deliverable MEDSTAR T2.2.3: "Relazione sulla mappatura del rischio alla scala del paesaggio e sulle interfacce urbano-rurale".

2.3 Scale di rappresentazione

La metodologia articola i metodi a 2 livelli di scala:

1. **La scala dell'unità di terreno edificato.** Questa è la scala più locale alla quale verrà descritto il problema edificato principale (casa di abitazione o altro edificio principale) e il suo ambiente circostante, generalmente un giardino di piacere, all'interno di un'unità di terra. Questa è generalmente costituita da una o più parcelle catastali gestite in maniera omogenea dalla stessa persona o gruppo di persone (il proprietario, o eventualmente l'inquilino, o anche altri soggetti interessati). Il giardino del piacere è spesso recintato. L'ambiente dell'edificio principale è costituito dalla vegetazione del giardino del piacere, ma anche da una varietà di altri elementi permanenti, tra cui annessi costruiti, mobili da esterno, piscine, ecc. così come elementi non permanenti come i veicoli. La scala dell'unità di terreno edificato è la scala preferita per comprendere i meccanismi di danno ai problemi costruiti (esposizione), così come le accensioni antropogeniche all'interfaccia.

2. L'échelle de la zone d'interface. Une entité cartographique d'interface, ou "zone d'interface" est la plus petite entité cartographiée, appartenant à un même type d'interface, c'est-à-dire ayant une structure d'habitat et un type de végétation homogène. Elle est généralement constituée d'un agrégat plus ou moins important de bâtis (allant de 1 bâti à potentiellement plusieurs centaines de bâtis), dans lequel il n'y a généralement qu'un seul type de combustible (il peut naturellement s'agir d'un type de combustible très hétérogène mais il est unique dans la portion d'interface ainsi définie). Il peut par exemple s'agir d'un quartier de commune ou d'une portion plus grande d'une commune, mais un même polygone d'interface peut aussi s'étendre sur plusieurs communes différentes.

L'échelle de la zone d'interface permet la représentation d'un petit nombre d'entités cartographiques d'interface. Elle est parfois qualifiée d'échelle médiane (*medioscale*) car elle se situe entre l'échelle de l'unité foncière bâtie et l'échelle territoriale. L'échelle de l'interface est le niveau minimal de l'échelle du "paysage", mais celle-ci peut aussi recouvrir les premiers niveaux de l'échelle territoriale.

L'échelle de l'interface est l'échelle privilégiée d'étude des départs de feux et de la propagation dans l'interface.

Deux autres niveaux d'échelle sont également mis en œuvre dans le cadre du livrable de la tâche INTERMED T1.2.3 et du livrable de la tâche MEDSTAR 2.2.3 : L'échelle territoriale et l'échelle inter-régionale. Bien qu'elles ne soient pas utilisées dans ce livrable, nous en proposons les définitions suivantes :

3. L'échelle territoriale. Il s'agit de la gamme d'échelles privilégiée de la gestion territoriale décentralisée, qui va depuis le niveau communal jusqu'au niveau régional. L'échelle du paysage visible recouvre donc les premiers niveaux de la gamme d'échelles territoriales. C'est à cette échelle que sont

2. La scala dell'area dell'interfaccia. Una zona di interfaccia è l'entità mappata più piccola, appartenente allo stesso tipo di interfaccia, cioè avente una struttura dell'habitat e un tipo omogeneo di vegetazione. È costituito generalmente da un aggregato più o meno importante di telai (che vanno da 1 telaio a diverse centinaia di telai potenzialmente), in cui è presente generalmente un solo tipo di carburante (questo può essere naturalmente un tipo di carburante molto eterogeneo ma è unico nella porzione di interfaccia così definita). Può essere ad esempio un distretto di un comune o una porzione più ampia di un comune, ma lo stesso poligono di interfaccia può estendersi anche su più comuni diversi.

La scala dell'area dell'interfaccia consente la rappresentazione di un piccolo numero di entità dell'interfaccia. A volte è qualificato come scala mediana (*medioscala*) perché si trova tra la scala dell'unità territoriale edificata e la scala territoriale. La scala di interfaccia è il livello minimo della scala "paesaggio", ma può coprire anche i primi livelli della scala territoriale.

La scala dell'interfaccia è la scala preferita per lo studio dei focolai di incendio e della propagazione nell'interfaccia.

Altri due livelli di scala sono implementati anche nell'ambito del task deliverable INTERMED T1.2.3 e del task deliverable MEDSTAR 2.2.3: La scala territoriale e la scala interregionale. Sebbene non siano utilizzati in questo deliverable, proponiamo le seguenti definizioni :

3. La scala territoriale. Questa è la scala privilegiata della gestione territoriale decentrata, che va dal livello comunale al livello regionale. La scala del paesaggio visibile copre quindi i primi livelli della gamma delle scale territoriali. È a questa scala che vengono descritti i massicci forestali e le relazioni spaziali tra le diverse

décrits les massifs forestiers et les relations spatiales entre les différentes zones d'interfaces. C'est l'échelle privilégiée de la cartographie des interfaces, et de la cartographie du risque territorial qui en découle. L'échelle territoriale est aussi l'échelle privilégiée d'appréhension des feux standards dans leur globalité.

4. L'échelle inter-régionale. Il s'agit de l'échelle permettant des représentations des interfaces sur de larges extensions. Elle répond à la vocation des projets interrégionaux d'harmonisation de la connaissance et des représentations dans une perspective convergence structurelle et des modalités d'action. Pour parvenir à l'homogénéité interrégionale des représentations, on se fondera sur de l'information brute accessible de façon homogène à l'échelle Européenne (images satellites des programmes Européens tels que Copernicus, par exemple) ou des bases de données géographiques Européenne (telle que Corine Land Cover notamment). L'échelle interrégionale est l'échelle des méga-feux.

La figure suivante (**Fig 1**) illustre les quatre niveaux de représentation utilisés. On récapitule dans le tableau suivant (**Tab 1**) les niveaux d'échelle et les principaux éléments méthodologiques de cartographie des interfaces ou d'évaluation du risque aux interfaces spécifiés.

zone di interfaccia. Questa è la scala preferita per la mappatura dell'interfaccia e la mappatura del rischio territoriale che ne risulta. La scala territoriale è anche la scala preferita per la cattura di incendi standard nel suo insieme.

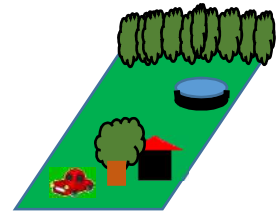
4. La scala interregionale. E' la scala che consente la rappresentazione delle interfacce su grandi estensioni. Risponde alla vocazione dei progetti interregionali per l'armonizzazione delle conoscenze e delle rappresentazioni in un'ottica di convergenza strutturale e modalità di azione. Per ottenere l'omogeneità interregionale delle rappresentazioni, faremo affidamento su informazioni grezze accessibili in modo omogeneo su scala europea (immagini satellitari di programmi europei come Copernicus, ad esempio) o banche dati geografiche europee (come ad esempio Corine Land Cover in particolare). La scala interregionale è la scala dei mega-incendi.

La figura seguente (figura 1) illustra i quattro livelli di rappresentazione utilizzati. La tabella seguente (**Tab 1**) riassume i livelli di scala e i principali elementi metodologici della mappatura delle interfacce o della valutazione del rischio alle interfacce specificate.

Echelle de l'unité foncière bâtie

La scala dell'unità di terreno edificato

($\approx 1/200 \rightarrow 1/1000$)

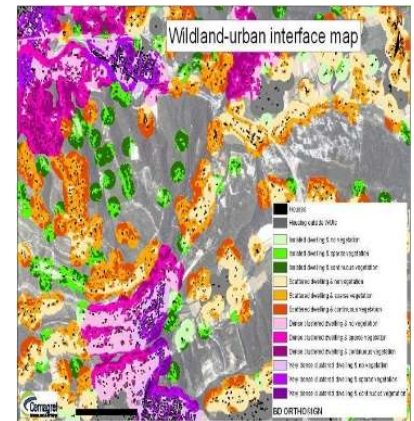


Echelle de l'interface

La scala della interfaccia

($\approx 1/1000 \rightarrow 1/25\ 000$)

Echelle du paysage - Scala del paesaggio



L'échelle territoriale

Scala territoriale

($\approx 1/25\ 000 \rightarrow 1/500\ 000$)

L'échelle interrégionale

Scala inter-regionale

(< $1/500\ 000$)



FIG 1. ILLUSTRATION DES 4 NIVEAUX D'ECHELLE - ILLUSTRAZIONE DEI 4 LIVELLI DI SCALA

Des gammes d'échelle analogique sont proposées à titre indicatif afin de faire correspondre l'échelle textuelle à des grandeurs significatives, mais on préfère se référer à la sémantique et l'usage de l'information produite par la représentation spatiale pour spécifier le niveau d'échelle - Gli intervalli della scala analogica si propongono come indicazione al fine di abbinare la scala testuale a grandezze significative, ma si preferisce fare riferimento alla semantica e all'uso delle informazioni prodotte dalla rappresentazione spaziale per specificare il livello di scala

ECHELLE/SCALA	<i>CARTOGRAPHIE ET CARACTERISATION DES INTERFACES – MAPPATURA E caratterizzazione delle interfaccia</i>	<i>EVALUATION DES COMPOSANTES DU RISQUE - VALUTAZIONE DELLE COMPONENTI DI RISCHIO</i>
UNITES FONCIERES BATIES – UNITÀ DI TERRENO COSTRUITO	Information contextuelle et entree du modèle - Informazioni contestuali e input del modello	Evaluation multicritères de la vulnérabilité du bâti (VULN'INTERMED) - Valutazione multicriterio della vulnerabilità degli edifici (VULN'INTERMED)
ZONE D'INTERFACE - ZONA DE INTERFACCIA	Segmentation locale de la zone d'interface par types d'interface - Segmentazione locale dell'area di interfaccia per tipi di interfaccia	Evaluation multicritères du risque basée simulation - Valutazione del rischio multicriteriale basata su simulazione
TERRITOIRE - TERRITORIO	Cartographie des types d'interface par classe - Mappatura dei tipi di interfaccia per classe	Modèles de risque multi-composantes - Modelli di rischio multicomponente
INTER-REGIONS – INTER-REGIONE	Cartographie des interfaces à grande échelle basées sur les données Européennes - Mappatura di interfacce su larga scala sulla base di dati europei	Modèle de risque à base de règles - Modello di rischio basato su regole

Tab 1. Niveaux d'échelle et principaux éléments méthodologiques de cartographie des interfaces ou d'évaluation du risque aux interfaces spécifiés. - Livelli di scala ei principali elementi metodologici della mappatura delle interfacce o della valutazione del rischio alle interfacce specificate.

3. Evaluation multicritères de la vulnérabilité des bâtiments d'interface à l'échelle de l'unité foncière bâtie : le modèle VULN'INTERMED.

VULN'INTERMED est un modèle d'évaluation de la vulnérabilité des bâtiments d'interface dérivé du modèle VULNEFEUX (Maillé & al. 2018). Il s'agit d'un modèle multicritères à dire d'experts. Cette analyse permet à la fois la quantification de connaissances expertes, généralement qualitative, la vérification de leur cohérence, et finalement leur agrégation afin de produire un modèle unique. Nous décrivons dans la partie suivante la démarche de modélisation de la vulnérabilité par l'analyse multicritères.

3.1 Modélisation de la vulnérabilité par analyse multicritères des dire d'experts

L'analyse multicritères n'est pas initialement une méthode de modélisation mais une méthode d'aide à la prise de décision (Antony 1966). Elle permet une synthèse de nombreux critères de décision afin de choisir la meilleure solution possible, en fonction de l'importance accordée par le décideur à chacun des critères. Depuis quelques années, elle est toutefois devenue une méthode pour l'évaluation de grandeurs dépendantes, à dire d'experts. La vulnérabilité est typiquement une grandeur dépendante de critères dont l'importance est évaluable par les connaissances d'experts. Nous examinons plus en détail les contraintes liées à l'utilisation de connaissances expertes dans la démarche de modélisation.

3.1.1 La connaissance experte

C'est principalement au travers des retours d'expériences que s'élaborent les connaissances d'experts. La constitution d'une connaissance d'expert se fonde le plus souvent

3.Valutazione multicriterio della vulnerabilità degli edifici interfaccia alla scala dell'unità di terreno edificato: il modello VULN'INTERMED.

VULN'INTERMED è un modello per la valutazione della vulnerabilità degli edifici di interfaccia derivato dal modello VULNEFEUX (Maillé & al. 2018). È un modello multicriterio basato su opinioni di esperti. Tale analisi consente sia la quantificazione della conoscenza specialistica, generalmente qualitativa, la verifica della sua coerenza, sia infine la sua aggregazione al fine di produrre un modello unico. Descriviamo nella parte seguente l'approccio alla modellazione della vulnerabilità mediante analisi multi-criterio.

3.1 Modellazione delle vulnerabilità mediante analisi multicriteri delle dichiarazioni degli esperti

L'analisi multicriterio non è inizialmente un metodo di modellazione ma un metodo di aiuto decisionale (Antony 1966). Consente una sintesi di molti criteri decisionali al fine di scegliere la migliore soluzione possibile, in base all'importanza data dal decisore a ciascuno dei criteri. Negli ultimi anni, tuttavia, è diventato un metodo per la valutazione delle grandezze dipendenti, secondo gli esperti. La vulnerabilità è tipicamente una quantità dipendente da criteri la cui importanza può essere valutata da conoscenze specialistiche. Esaminiamo più in dettaglio i vincoli legati all'uso di conoscenze specialistiche nel processo di modellazione.

3.1.1 Conoscenze specialistiche

È principalmente attraverso il feedback che si sviluppa la conoscenza degli esperti. La costituzione della conoscenza specialistica si basa il più delle volte su una conoscenza "accademica" generale, applicata a un insieme

sur une connaissance que l'on qualifiera d'« académique » générale, appliquée à un ensemble de contextes et de situations particulières. Il n'y a donc pas d'opposition entre la connaissance académique et la connaissance d'experts, mais plutôt une déclinaison contextualisée d'une connaissance générale. On peut aussi voir la connaissance d'expert comme un prolongement de la connaissance académique, rajoutant aux déductions de l'expérience formelle des faits issus de l'expérience informelle.

Ainsi, dans une démarche d'expert, la connaissance académique constitue un fondement de l'élaboration de la connaissance experte. Inversement, dans une démarche académique, la connaissance d'experts constitue une donnée pour la spécification des modèles généraux. L'analyse multicritères est le processus de traitement de ces connaissances qui nous permet d'aboutir à un modèle reproductible.

3.1.2 L'analyse multicritères

L'analyse multicritères est indiquée lorsque l'évaluation doit prendre en compte un grand nombre de critères hétérogènes, quantitatifs, qualitatifs ordonnés ou non ordonnés, ou encore simplement textuels. Elle permet de prendre en compte l'absence de linéarité de l'effet des valeurs de certains critères sur la grandeur à évaluer, l'existence de valeurs optimales, ainsi que les effets de seuil. Elle est donc très adaptée à la formalisation de jugements d'experts.

L'analyse multicritères spécifie également des outils permettant l'agrégation de jugements et donc la mutualisation de connaissances et d'expériences d'experts de différentes origines.

3.1.2.1 Déroulement

L'analyse se déroule en trois étapes principales : l'étape de structuration, l'étape d'évaluation et l'étape de calcul du modèle.

di contesti e situazioni specifici. Non vi è quindi opposizione tra conoscenza accademica e conoscenza specialistica, ma piuttosto una versione contestualizzata della conoscenza generale. Possiamo anche vedere la conoscenza degli esperti come un'estensione della conoscenza accademica, che si aggiunge alle deduzioni dell'esperienza formale dai fatti dell'esperienza informale.

Pertanto, in un approccio esperto, la conoscenza accademica costituisce una base per lo sviluppo della conoscenza specialistica. Al contrario, in un approccio accademico, la conoscenza specialistica costituisce dati per la specificazione di modelli generali. L'analisi multicriterio è il processo di elaborazione di questa conoscenza che ci consente di arrivare a un modello riproducibile.

3.1.2 Analisi multicriterio

L'analisi multicriterio è indicata quando la valutazione deve tenere conto di un gran numero di criteri eterogenei, quantitativi, qualitativi, ordinati o non ordinati, o semplicemente testuali. Consente di tenere conto dell'assenza di linearità dell'effetto dei valori di determinati criteri sulla quantità da valutare, dell'esistenza di valori ottimali, nonché degli effetti soglia. È quindi molto adatto per la formalizzazione di giudizi di esperti.

L'analisi multicriterio specifica anche strumenti che consentono l'aggregazione dei giudizi e quindi la messa in comune delle conoscenze e delle esperienze di esperti di diversa estrazione.

3.1.2.1 Procedura

L'analisi si svolge in tre fasi principali: la fase di strutturazione, la fase di valutazione e la fase di calcolo del modello.

- *La structuration de l'arborescence*

L'analyse multi-critères se fonde sur une organisation des critères en une structure arborescente *sémantique*. L'arborescence sémantique regroupe les critères et sous-critères selon leur nature et en aucun cas selon l'importance par rapport à la grandeur à évaluer (la vulnérabilité). Par exemple la classe de critères « Accessibilité » peut regrouper les sous-critères « largeur de la voie », « nature de la voie », « distance jusqu'à une route principale », etc.

Les critères seront ensuite évalués par comparaison deux à deux à l'intérieur d'une même branche de l'arborescence, niveau par niveau.

Seuls les critères élémentaires, c'est-à-dire du plus bas niveau de l'arborescence, prennent une valeur. Il s'agit toujours d'une valeur classée (qualitative) ordonnée ou non. Nous appelons « modalités » (ou indicateurs) les différentes valeurs possibles prises par les critères élémentaires. Par exemple, le critère élémentaire « nature de la voie » a deux modalités : « chemin » et « route », alors que le critère élémentaire « largeur de la voie » a pour modalités des classes de largeur.

Les modalités seront également évaluées de la même façon.

En pratique, la structuration de l'arbre des critères et la spécification des modalités se fait de façon collégiale au sein de groupe d'experts de divers horizons. Elle est concertée et vise à aboutir à un consensus. La réalisation de l'arborescence des critères de vulnérabilité ainsi que les classes de valeurs des critères élémentaires pour la définition des modalités ont été effectués lors d'une journée de travail qui a réuni une dizaine d'experts nationaux (France).

La figure suivante (Fig 2) illustre un extrait de l'arborescence de critères obtenue.

- *Strutturazione della struttura ad albero*

L'analisi multicriterio si basa su un'organizzazione dei criteri in una struttura ad albero semantico. L'albero semantico raggruppa i criteri e sottocriteri secondo la loro natura e in nessun caso secondo l'importanza in relazione alla grandezza da valutare (vulnerabilità). Ad esempio, la classe di criteri "Accessibilità" può raggruppare i sottocriteri "larghezza della strada", "natura della strada", "distanza da una strada principale", ecc.

I criteri verranno quindi valutati per confronto due a due all'interno dello stesso ramo della struttura ad albero, livello per livello.

Solo i criteri elementari, cioè il livello più basso della struttura ad albero, assumono valore. È sempre un valore classificato (qualitativo) ordinato o meno. Chiamiamo "modalità" (o indicatori) i diversi valori possibili assunti dai criteri elementari. Ad esempio, il criterio elementare "natura della strada" ha due modalità: "percorso" e "strada", mentre il criterio elementare "larghezza della strada" ha categorie di larghezza come modalità.

Allo stesso modo verranno valutati anche i termini e le condizioni.

In pratica, la strutturazione dell'albero dei criteri e la specificazione delle modalità avviene collettivamente all'interno di gruppi di esperti di diversa estrazione. È concertato e mira a raggiungere un consenso. La realizzazione della struttura ad albero dei criteri di vulnerabilità nonché delle classi di valori dei criteri elementari per la definizione dei metodi sono state effettuate nel corso di una giornata di lavoro che ha riunito una dozzina di esperti nazionali (Francia).

La figura seguente (Figura 2) illustra un estratto dell'albero dei criteri risultante.

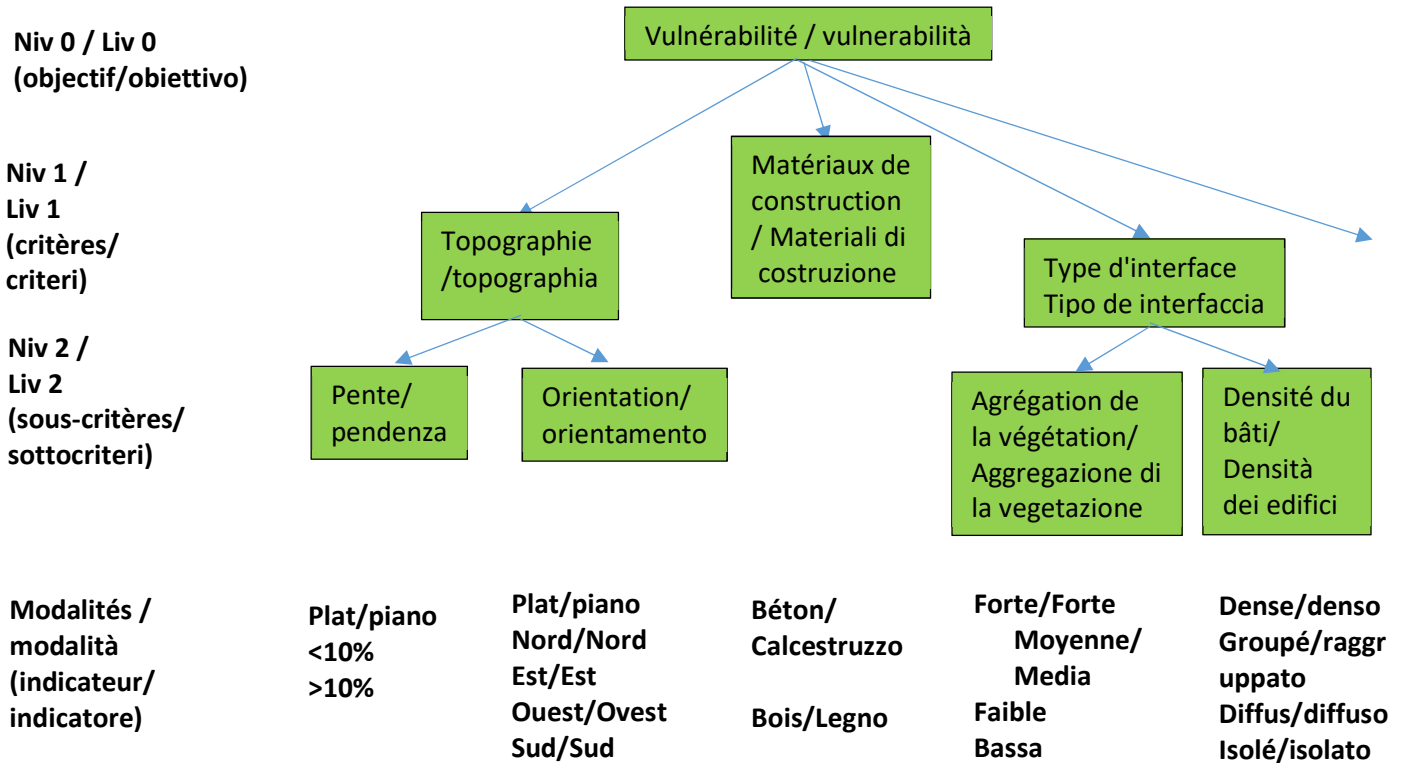


Fig 2. Extrait de l'arborescence de critères de vulnérabilité et niveaux de comparaison - Estratto dalla struttura ad albero dei criteri di vulnerabilità e dei livelli di confronto



Fig 3. Echelle de comparaison des critères à 9 niveaux - Scala di confronto dei criteri con 9 livelli

- *L'évaluation*

Contrairement à la phase de structuration de l'arborescence, la phase d'évaluation des critères a pour objectif l'acquisition de jugements personnels des experts. Elle n'est donc pas collégiale, et est réalisée par chaque expert façon indépendante. Les experts ne doivent pas s'influencer mutuellement.

Le principe est une hiérarchisation des critères par comparaison deux à deux dans une même branche de l'arborescence, niveau par niveau. La Fig 5 présente un extrait de l'arborescence de critères de vulnérabilité obtenue, avec les niveaux de comparaison des critères deux à deux (flèches rouges). De la même façon, les poids des modalités sont évalués par comparaison deux à deux.

Le modèle calcule une valeur maximale de vulnérabilité, obtenue lorsque l'enjeu réunit toutes les modalités les plus défavorables des critères élémentaires, et inversement (toutes les modalités les plus favorables) pour la vulnérabilité minimale.

En pratique, l'évaluation des critères est réalisée par enquête. Dans le cadre de ces travaux, elle s'est appuyée sur une enquête Web. La figure suivante (Fig 4) est une copie d'écran du site d'enquête.

Tous les critères d'une même branche de l'arborescence sont comparés deux à deux par l'expert au moyen d'un curseur, sur une échelle à deux fois 9 niveaux (Fig 3) : l'expert est invité à positionner le curseur du côté du critère le plus important, et ce proportionnellement à son importance relative.

- *Valutazione*

A differenza della fase di strutturazione della struttura ad albero, l'obiettivo della fase di valutazione dei criteri è acquisire i giudizi personali degli esperti. Non è quindi collegiale, ed è svolto da ciascun esperto in modo indipendente. Gli esperti non dovrebbero influenzarsi a vicenda.

Il principio è una gerarchia di criteri a confronto due a due nello stesso ramo della struttura ad albero, livello per livello. La Fig 5 presenta un estratto della struttura ad albero dei criteri di vulnerabilità ottenuti, con i livelli di confronto dei criteri due a due (freccette rosse). Allo stesso modo, le modalità sono valutate per confronto a due a due.

Il modello calcola un valore di vulnerabilità massimo, ottenuto quando l'emissione soddisfa tutte le modalità più favorevoli dei criteri elementari, e viceversa (tutte le modalità più sfavorevoli) per la vulnerabilità minima.

In pratica, la valutazione dei criteri avviene per indagine. Come parte di questo lavoro, si basava su un sondaggio web aperto. La figura seguente (Fig 4) è uno screenshot del sito del sondaggio.

Tutti i criteri dello stesso ramo della struttura ad albero vengono confrontati a due a due dall'esperto per mezzo di un cursore, su una scala con due volte 9 livelli (Fig 3): l'esperto è invitato a posizionare il cursore a lato del criterio più importante, e questo in proporzione alla sua importanza relativa.

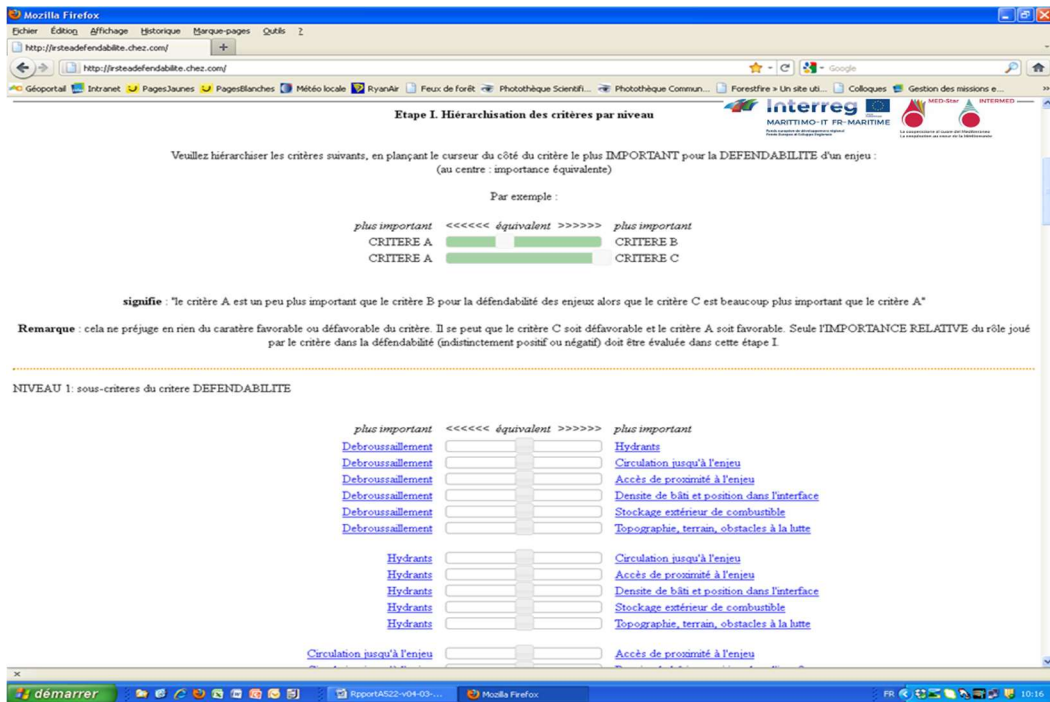


Fig 4. Interface Web de l'enquête experts - Interfaccia web per sondaggi esperti

Niv 0 / Liv 0
(objectif/objectivo)

Niv 1 / Liv 1
(critères/criteri)

Niv 2 / Liv 2
(sous-critères/sottocriteri)

Modalités / modalità
(indicateur/indicatore)

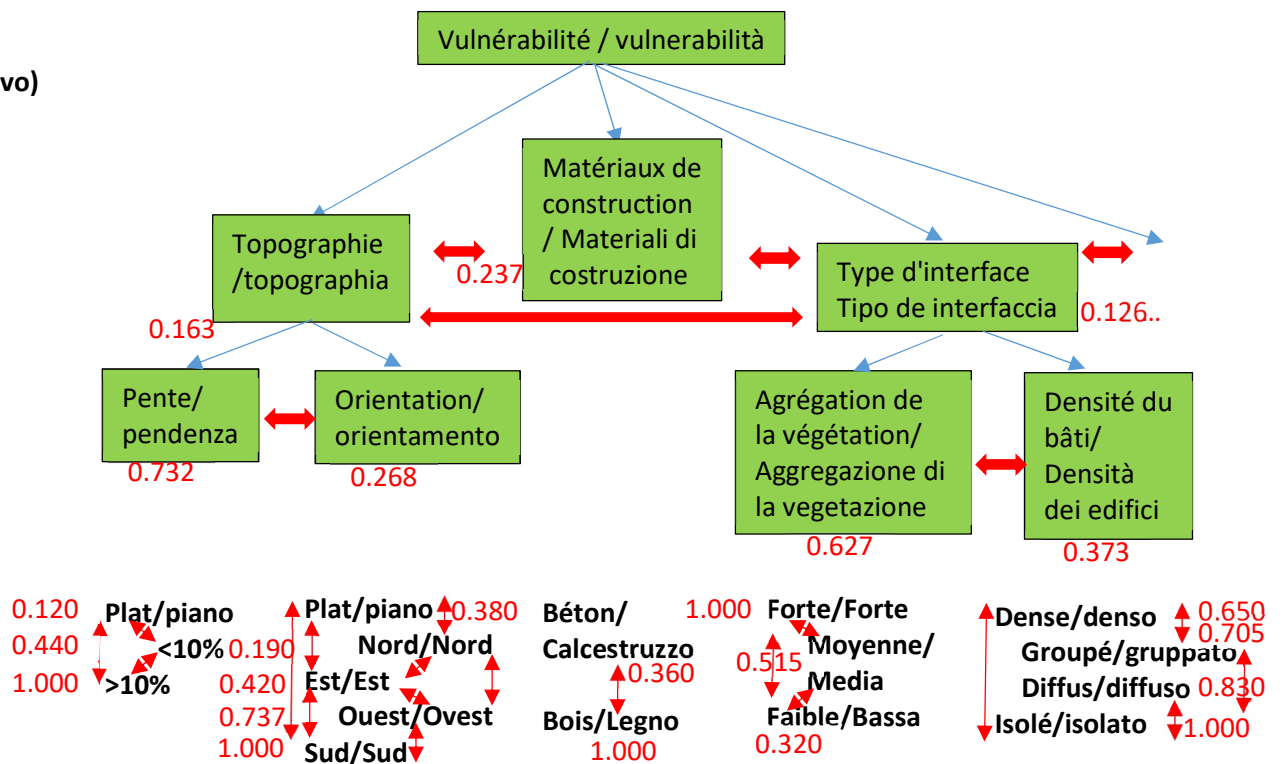


Fig 5. Poids associés aux critères et aux modalités (extrait de l'arborescence). Les flèches rouges représentent les comparaisons deux à deux. - Pesì associati a criteri e modalità (estratto dalla struttura ad albero). Le frecce rosse rappresentano confronti a coppie.

- *Le calcul du modèle*

Le calcul du modèle se déroule en deux phases :

1. Le calcul des poids affectés à chacun des critères et des modalités, à partir des jugements d'experts
2. L'agrégation des jugements d'experts pour la réalisation d'un modèle unique

- i) *Calcul des poids*

A partir des évaluations fournies par les différents experts, les traitements permettent d'obtenir des poids affectés à chacun des critères et sous-critères. Il s'agit d'un processus de hiérarchisation ascendante (AHP pour « Ascendent Hierarchy Process » (Saaty 88). L'algorithme a été implémenté sous le logiciel R. Il se fonde sur la comparaison entre l'évaluation de l'expert et une évaluation qui serait aléatoire. La nécessité de générer des grilles aléatoires de la dimension du produit cartésien du nombre de critères dans un niveau requiert des capacités et des temps de calcul relativement importants.

La somme des poids des critères d'une même branche de l'arborescence soit toujours égale à un. Les poids calculés des critères et des modalités sont normalisés, de façon à ce que le poids du critère ou de la modalité ayant la contribution la plus forte à la vulnérabilité soit égale à 1. Ceci permet d'éviter l'effet de dissolution de l'effet d'un critère lorsque le nombre de sous-critères (ou de modalités) augmente.

- ii) *Agrégation des jugements d'experts*

Les poids des critères calculés sont en fait des « scores » ou des « notes » attribués par les experts, et non de grandeurs physiques mesurées. Il s'agit de « jugements » ayant une origine à la fois qualitative et subjective. L'agrégation de ces jugements d'experts ne peut se faire par une moyenne arithmétique usuelle. La littérature propose plusieurs modes d'agrégation des jugements d'experts. Deux grandes voies sont à considérer : la voie déterministe, fondée sur le calcul de moyennes géométriques, et la voie fondée sur la logique

- *Il calcolo del modello*

Il calcolo del modello avviene in due fasi:

1. Calcolo dei pesi attribuiti a ciascuno dei criteri e metodi, sulla base del giudizio di esperti
2. L'aggregazione delle perizie per la realizzazione di un unico modello

- i) *Calcolo dei pesi*

Sulla base delle valutazioni fornite dai vari esperti, i trattamenti consentono di ottenere pesi assegnati a ciascuno dei criteri e sottocriteri. Questo è un processo di gerarchia ascendente (AHP per "Processo di gerarchia ascendente" (Saaty 88). L'algoritmo è stato implementato nel software. Si basa sul confronto tra la valutazione dell'esperto e una valutazione che sarebbe random. La necessità di generare griglie casuali della dimensione del prodotto cartesiano del numero di criteri in un livello richiede capacità di calcolo e tempi relativamente grandi.

La somma dei pesi dei criteri dello stesso ramo della struttura ad albero è sempre uguale a uno. I pesi calcolati dei criteri o della modalità vengono normalizzati, in modo che il peso del criterio o della modalità che contribuisce maggiormente alla vulnerabilità sia pari a 1. Ciò evita l'effetto di dissolvere l'effetto di un criterio all'aumentare del numero di sottocriteri (o modalità).

- ii) *Aggregazione dei giudizi degli esperti*

I pesi dei criteri calcolati sono infatti "punteggi" o "appunti" assegnati dagli esperti, e non grandezze fisiche misurate. Si tratta di "giudizi" di origine sia qualitativa che soggettiva. L'aggregazione di questi giudizi di esperti non può essere effettuata con una media aritmetica usuale. La letteratura offre diversi metodi di aggregazione dei giudizi degli esperti. Sono da considerare due percorsi principali: il percorso deterministico, basato sul calcolo

floue, permettant la prise en compte de l'incertitude des jugements liée à la subjectivité. C'est cette dernière voie d'agrégation fondée sur la logique floue qui est utilisée dans ce travail. L'algorithme utilisé a été développé par Pugnet (Pugnet 2015).

3.2 – Résultats

Les poids calculés pour les différents critères de la hiérarchie sont donnés dans les tableaux suivants. La hiérarchie compte 5 critères de niveau 1 (I. "Exposition contextuelle", II. "Aménagement micro-local de l'unité foncière", III. "Topographie", IV. "Propriétés constructives du bâtiment principal", et V. "Facteurs humains de vulnérabilité"), le principal contributeur à la vulnérabilité globale étant le critère II. "Aménagement micro-local de l'unité foncière" (de poids égal à 1).

Le modèle permet l'implémentation de critères cumulables (ils apparaissent sur fond bleu dans le tableau). Dans cette version, il s'agit des sous-critères "Éléments ou équipements extérieurs à risque" et "Éléments de végétation ornementale" (sous-critères du critère II. "Aménagement micro-local de l'unité foncière") et du sous-critère "Personnes résidant sur le site" (sous-critère du critère V. "Facteurs humains de vulnérabilité").

Les critères cumulables permettent de cumuler la vulnérabilité de chacun des éléments d'une même classe d'entité (par exemple, plusieurs annexes bois présentes sur le site).

Toutefois, pour les éléments constructifs, la contribution à vulnérabilité de chacun de ces éléments n'est pas cumulée, mais on utilise des modalités différentes pour associer un niveau de contribution à la vulnérabilité du critère à des classes de nombre de cet élément (par exemple, pour le critère "baies vitrées").

delle medie geometriche, e il percorso basato sulla logica fuzzy, che consente di tenere conto dell'incertezza dei giudizi legati alla soggettività. È quest'ultimo modo di aggregazione basato sulla logica fuzzy che viene utilizzato in questo lavoro. L'algoritmo utilizzato è stato sviluppato da Pugnet (Pugnet 2015).

3.2 – Risultati

I pesi calcolati per i diversi criteri della gerarchia sono riportati nelle tabelle seguenti. La gerarchia si compone di 5 criteri di livello 1 (I. "Esposizione contestuale", II. "Disposizione microlocale dell'unità fondiaria", III. "Topografia", IV. "Proprietà costruttive dell'edificio principale", e V. "Fattori umani di vulnerabilità"), con il principale contributo alla vulnerabilità complessiva essendo il Criterio II. "Sviluppo microlocale dell'unità fondiaria" (peso pari a 1).

Il modello consente l'implementazione di criteri cumulativi (appaiono su sfondo blu nella tabella). In questa versione si tratta dei sottocriteri "Elementi esterni o attrezzature a rischio" ed "Elementi di vegetazione ornamentale" (sottocriteri del criterio II. "Sviluppo microlocale dell'unità fondiaria") e del sotto- - criterio "Persone che risiedono nel sito" (sottocriterio del criterio V. "Fattori umani di vulnerabilità").

I criteri cumulativi consentono di cumulare la vulnerabilità di ciascuno degli elementi di una stessa classe di entità (ad esempio più annessi lignei presenti nel sito).

Tuttavia, per gli elementi costruttivi, il contributo alla vulnerabilità di ciascuno di questi elementi non è cumulabile, ma si utilizzano metodi diversi per associare un livello di contributo alla vulnerabilità del criterio con classi di numero di tale elemento (ad esempio, per il criterio "finestre").



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



MED-Star



INTERMED

La cooperazione al cuore del Mediterraneo
La coopération au coeur de la Méditerranée

CRITERES DE VULNERABILITE

I. Exposition contextuelle, infrastructures de défenses (0.6906)	
Proximité d'un centre de secours ou de lutte anti-incendie (0.32100)	<ul style="list-style-type: none"> • >30km (1) • 10-30km (0.525) • 3-10km (0.245) • <3km (0.126)
Importance du massif forestier qui menace l'interface (0.848000)	<ul style="list-style-type: none"> • >100ha (1) • 1-100ha (0.824) • <1ha (0.215)
Qualité de l'aménagement DFCI du massif (1.0000)	<ul style="list-style-type: none"> • Bonne (pistes DFCI, citernes, coupures) (0.13) • Moyenne (0.56) • Insuffisante (0.933) • Absente (1)
Type d'interface (0.8540)	
Continuité et structure de la végétation environnante (1.000)	
Continuité horizontale (0.96040)	<ul style="list-style-type: none"> • Continuité horizontale forte (1) • Continuité horizontale moyenne (0.4493) • Continuité horizontale faible (0.22783)
Structure verticale (1.000)	<ul style="list-style-type: none"> • Mixte: strates arborée et arbustive (1) • Strate arborée principalement (0.54167) • Strate arbustive principalement (0.83333) • Strate herbacée essentiellement (0.268)
Structure et densité du bâti discontinu et position dans l'interface (0.834)	
Densité du bâti discontinu (0)	<ul style="list-style-type: none"> • Isolé (1) • Diffus (0.69526) • Groupé (0.21829) • Groupé très dense (0.124)
Position du bâti dans l'interface (1.000)	<ul style="list-style-type: none"> • Isolé (1) • En périphérie (0.9987) • Interne (0.546)



II. Aménagement micro-local de l'unité foncière (1.000)	
Accessibilité (0.7118)	
Type d'accès (0.6364)	<ul style="list-style-type: none"> • Route (0.3) • Chemin (1)
Largeur d'accès (1.0000)	<ul style="list-style-type: none"> • >6m (0.368) • 4m - 6m (0.404036) • <4m (1)
Débroussaillage (1.0000)	
Largeur de débroussaillage (0.80680)	<ul style="list-style-type: none"> • > 50m (0.204238) • 30m - 50m (0.21089) • <30m (0.2615) • Non débroussaillé (1)
Qualité du débroussaillage (1.0000)	<ul style="list-style-type: none"> • Bon (strates herbacée, arbustive et arborée) (0.25) • Moyen (strates herbacée et arbustive, élagage,...) (0.3125) • Insuffisant (0.5825) • Non débroussaillé (1)
Hydrants, équipements DECI de proximité (0.8287)	
Hydrants dédié (PI/BI gros débit ou réserve dédiée grand volume, y compris citerne DFCl) à proximité (1.0000)	<ul style="list-style-type: none"> • Hydrant dédié (PI/BI ou réserve) à plus 100m (0.73047441) • Hydrant dédié (PI/BI ou réserve) distant 50m à 100m (0.527449) • Hydrant dédié (PI/BI ou réserve) distant de 25m à 50m (0.345141) • Hydrant dédié (PI/BI ou réserve) distant de moins de 25m (0.1) • Pas d'hydrant dédié (PI/BI ou réserve) à proximité (1)
Autre hydrant non dédié exploitable à proximité (0.6350)	<ul style="list-style-type: none"> • Piscine (0.3296) • Réserve non dédiée accessible gros volume, citerne privée, etc. (0.254) • Cours d'eau permanent gros débit (0.18546) • Plan d'eau permanent grand volume (0.11) • Aucun hydrant non dédié (1)
Liste des éléments ou équipements extérieurs à risque (stockage, annexes...) (0.7344)	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;"> 0 élément - ▼ </div>
Nature de l'élément à risque (0.912)	
<ul style="list-style-type: none"> • Eléments à risque, stockages, équipements importants (1) • Constructions annexes (0.7695) • Mobilier, petites installations (0.35) 	<ul style="list-style-type: none"> • Stock de bois (0.71248) • Bouteille de gaz (0.84) • Cuve de gaz (0.51989) • Cuve d'hydrocarbure (extérieure) (1)



	<ul style="list-style-type: none"> • Véhicule garé habituellement, caravane (0.8268) • Annexe en dur, garage séparé, poolhouse, bâti petit élevage... (0.37788) • Annexe en bois, tinyhouse bois, mobilhome, bâti petit élevage bois... (0.757) • Equipement ou construction entoillée ou très légère (tente, yourte, chapiteau, ...) (1) • Système d'arrosage (0.2654) • Meubles de jardin PVC/bois (1) • Jeux d'enfants, portique, trampoline... (1) • Piscine hors-sol (0.8792)
Distance de l'élément à risque au bâtiment principal (1.000)	<ul style="list-style-type: none"> • < 3m (1) • 3m - 10m (0.65) • > 10m (0.2966)
Liste des éléments de la végétation ornementale ou semi-spontanée de jardin (0.8954)	<input type="text" value="0 élément"/> - <input type="button" value="▼"/>
Nature de l'élément de végétation (0.3775)	<ul style="list-style-type: none"> • Haie (1) • Massifs ornementaux (0.56413) • Bosquets d'arbres ou d'arbustes (0.806389) • Arbres d'ornement isolés (0.61495) • Vergers d'arbres ou d'arbustes (yc oliviers, vignes, autres fruits...) (0.48402)
Distance entre le bâtiment et la végétation (1.000)	<ul style="list-style-type: none"> • Contact (1) • < 3m (0.79452) • 3m - 10m (0.4351) • > 10m (0.2477)
Élément de végétation en surplomb du toit (0.888)	<ul style="list-style-type: none"> • Ponctuelle (0.809) • Etendue, couvrante ou massive (1) • Élément de végétation non surplombant (0)
Clôtures (0.2909)	
Type de clôture la plus fermante (1.000)	<ul style="list-style-type: none"> • Pas de clôture (0.2478) • Grillage (0.674) • Palissade (bois, canisse, etc.) (1) • Muret (surmonté ou non d'un grillage) (0.754) • Mur (surmonté ou non d'un grillage) (0.89)
Distance entre la maison et la clôture la plus éloignée (0.4091)	<ul style="list-style-type: none"> • < 3m (0.654) • 3m - 10m (0.8745) • > 10m (1) • Pas de clôture (0.2478)
Réseau électrique (0.4685)	



Réseau électrique basse tension local (0.75600)	<ul style="list-style-type: none"> • Aérien à fils nus (1) • Enterré ou aérien gainé (0)
Proximité d'une ligne électrique moyenne ou haute tension (à fils nus) (0.9054)	<ul style="list-style-type: none"> • OUI (1) • NON (0)
III. Topographie (0.83312)	
Pente moyenne estimée du terrain (0.79570)	<ul style="list-style-type: none"> • < 10% (0.2115) • 10 à 20% (0.4916) • 20 à 30% (0.7373) • > 30% (1)
Orientation du terrain (0.60612)	<ul style="list-style-type: none"> • Adret (sud) (1) • Levant (est) (0.38527) • Couchant (ouest) (0.8176) • Ubac (nord) (0.31683) • Plat (0.4234)
Exposition au vent dominant (1.0000)	<ul style="list-style-type: none"> • Au vent ou plat (1) • Intermédiaire (0.46089) • Sous le vent (0.2664)
Position topographique (0.85352)	<ul style="list-style-type: none"> • Crête (1) • Versant, coteau (0.90676) • Talweg (fond de vallon) (0.29379) • Plaine, plateau (0.23079)



IV. Propriétés constructives de la maison (0.8725)	
Matériaux (0.6725)	
Matériaux des murs (0.9215)	<ul style="list-style-type: none"> • Maçonnerie (0.012) • Maçonnerie à bardage bois (0.66) • Bois, bois & paille (1) • Métallique (0.02)
Matériaux des ouvrants, fenêtres (0.9657)	<ul style="list-style-type: none"> • Bois (0.424) • PVC (1) • Aluminium (0.418)
Matériaux d'occlusion des ouvertures, volets (1.0000)	<ul style="list-style-type: none"> • Bois plein (0.224) • Bois claire-voie (0.405) • PVC (0.96) • Aluminium (0.118) • Pas de volets (1)
Vitrage (le plus faible) (0.564)	<ul style="list-style-type: none"> • Simple (1) • Double (0.854) • Triple ou plus (0.547)
Matériaux des gouttières (0.2716)	<ul style="list-style-type: none"> • Zinc (0.273) • Aluminium (0.239) • PVC (1) • Pas de gouttières (0)
Grandes ouvertures (0.460)	
Baies vitrées (1.000)	<ul style="list-style-type: none"> • Une (0.645) • Deux ou trois (0.873) • Plus de trois (1) • Pas de baies vitrée (0)
Occultation des baies vitrées (0.9574)	<ul style="list-style-type: none"> • Bois plein (0.224) • Bois claire-voie (0.6521) • PVC (0.9856) • Aluminium (0.154) • Pas d'occultation (1)
Equipements constructifs périphériques au bâti principal (0.55)	
Véranda (tous matériaux) (0.30)	<ul style="list-style-type: none"> • Une véranda (0.847) • Deux vérandas ou plus (1.09) • Pas véranda (0)
Terrasse bois (1.0)	<ul style="list-style-type: none"> • Une terrasse bois (0.745) • Deux terrasse bois ou plus (1) • Pas de terrasse bois (0)

Terrasse couverte charpente bois, pergola bois ou matériaux organiques (0.45)	<ul style="list-style-type: none"> • Une terrasse couverte (0.745) • Deux terrasses couverte ou plus (1) • Pas de terrasse couverte (0)
Auvent en toile ou canisse sur fer forgé (0.845)	<ul style="list-style-type: none"> • Un auvent (0.8601) • Deux auvents et plus (1) • Pas d'auvent (0)
Jonction toitures-mur (0.460)	<ul style="list-style-type: none"> • Charpente apparente (1) • Pas de matériaux combustible apparents (0)

V. Facteurs humains de vulnérabilité (0.5921)	
Type de résidence (0.1529)	<ul style="list-style-type: none"> • Principale (0.68) • Secondaire (1)
Liste des personnes résidant en permanence dans la maison (1.0000)	0 élément <input type="text"/> - <input type="button" value="▼"/>
Age (0.846)	<ul style="list-style-type: none"> • 0 à 3 ans (0.9784) • 4 à 12 ans (0.8946) • 13 à 17 ans (0.3487) • 18 à 65 ans (0.2348) • 66 à 85 ans (0.954) • Plus de 85 ans (1)
Genre (0.10)	<ul style="list-style-type: none"> • M (0.9) • F (1)
Mobilité réduite ou difficultés de santé (1.000)	<ul style="list-style-type: none"> • Oui (1) • Non (0.3333)
Activités d'accueil (0.2687)	<ul style="list-style-type: none"> • Chambres d'hôte, table d'hôte, location de chambre RBNB (0.412) • Gite(s) (1) • Micro-camping (0.845) • Echange de maison, location RBNB du logement (0.896)
Préparation des personnes (0.3252)	
Existence d'un plan communal de sauvegarde (PCS) ou d'un plan d'urgence ? (0.420)	<ul style="list-style-type: none"> • Oui (0) • Non (1)
Informations sur le risque (0.6111)	<ul style="list-style-type: none"> • Oui (0) • Non (1)
Connaissez-vous le Document d'Information Communal sur les Risques Majeurs(DICRIM) ? (0.6547)	<ul style="list-style-type: none"> • Oui, correctement (0.1) • Non, insuffisamment (0.99)



		<ul style="list-style-type: none"> DICRIM non disponible ou non diffusé (1)
	Pensez-vous disposer d'informations suffisantes sur les obligations et interdictions légales pour éviter les incendies (0.8541)	<ul style="list-style-type: none"> Oui (1) Non (1.9)
	Pensez-vous disposer des informations suffisantes sur les bonnes pratiques permettant d'éviter les incendies (0.7889)	<ul style="list-style-type: none"> Oui (0) Non (1)
	Pensez-vous disposer des informations suffisantes sur la conduite à tenir en cas d'incendie (1.0)	<ul style="list-style-type: none"> Oui (0.4) Non (1)
Pratiques relatives au risque incendie (0.567)		
Fréquence d'entretien du site (0.480)		
	Fréquence d'entretien des bâtiments, de nettoyage du toit et des gouttières, etc. (0.3990)	<ul style="list-style-type: none"> Plus d'une fois par an (0.347) Une fois par an environ (0.546) Moins d'une fois par an (1)
	Fréquence d'entretien de la végétation du jardin et des abords des bâtiments (0.601)	<ul style="list-style-type: none"> Plus d'une fois par an (0.22) Une fois par an environ (0.5698) Moins d'une fois par an (1)
Pratiques du feu (1.000)		
	Brûlez-vous vos rémanents et déchets verts (0.7890)	<ul style="list-style-type: none"> Jamais (0) Parfois hors saison (0.358) Oui, hors saison (0.5423) Oui, en toutes saisons (1)
	Faites-vous des barbecues dans le jardin ou sur la terrasse (1.000)	<ul style="list-style-type: none"> Jamais (0) Parfois hors saison (0.3547) Oui, hors saison (0.5468) Oui, en toutes saisons (1)
	Arrive-t-il à quelqu'un résidant avec vous (ou parmi vos visiteurs) de fumer à l'extérieur de la maison (0.8990)	<ul style="list-style-type: none"> Jamais (0) Parfois hors saison (0.5412) Oui, hors saison (0.9874) Oui, en toutes saisons (1)

Tab 2. Le modèle VULN'INTERMED (hiérarchie et poids)



CRITERI DE VULNERABILITA

I. Esposizione contestuale, infrastrutture di difesa (0.6906)	
Prossimità un centro di soccorso o antincendio (0.32100)	<ul style="list-style-type: none"> • >30km (1) • 10-30km (0.525) • 3-10km (0.245) • <3km (0.126)
Importanza del massiccio forestale che minaccia l'interfaccia (0.848000)	<ul style="list-style-type: none"> • >100ha (1) • 1-100ha (0.824) • <1ha (0.215)
Qualità dei infrastrutture antincendio del massiccio (1.0000)	<ul style="list-style-type: none"> • Buona (0.13) • Media (0.56) • Insufficiente (0.933) • Assente (1)
Typo de interfaccia (0.8540)	
Continuità e struttura della vegetazione circostante (1.000)	
Continuità orizzontale (0.96040)	<ul style="list-style-type: none"> • Forte (1) • Media (0.4493) • Bassa (0.22783)
Struttura verticale (1.000)	<ul style="list-style-type: none"> • Misto: strati arborei e arbustivi (1) • Strata arborea principalmente (0.54167) • Strata arbustiva principalmente (0.83333) • Strata erbacea principalmente (0.268)
Struttura e densità dei edilizia e posizione del edificio nell interfaccia (0.834)	
Struttura e densità dei edilizia (0)	<ul style="list-style-type: none"> • Isolata (1) • Diffuso (0.69526) • Ragrupate (0.21829) • Ragrupate denso (0.124)
Posizione del edificio nell interfaccia (1.000)	<ul style="list-style-type: none"> • Isolata (1) • Periferica (0.9987) • Interna (0.546)

II. Organizzazione micro-locale dell'unità fondiaria (1.000)	
Accessibilità (0.7118)	
Tipo di accesso (0.6364)	<ul style="list-style-type: none"> • Strada (0.3) • Camino (1)
Larghezza di accesso (1.0000)	<ul style="list-style-type: none"> • >6m (0.368) • 4m - 6m (0.404036) • <4m (1)
Cancellazione (1.0000)	
Larghezza di cancellazione (0.80680)	<ul style="list-style-type: none"> • > 50m (0.204238) • 30m - 50m (0.21089) • <30m (0.2615) • Non cancellato (1)
Qualità del cancellazione (1.0000)	<ul style="list-style-type: none"> • Buono (strati erbacei, arbustivi e arborei) (0.25) • Medio (strati erbacei e arbustivi, potatura, ecc.) (0.3125) • Insufficiente (0.5825) • Non cancellato (1)
Idranti, apparecchiature antincendio locali (0.8287)	
Idranti dedicati (posto di fuoco ad alto flusso o riserva dedicata di grande volume, inclusa la cisterna antincendio) a prossimità (1.0000)	<ul style="list-style-type: none"> • > 100m (0.73047441) • 50m - 100m (0.527449) • 25m - 50m (0.345141) • < 25m (0.1) • Nessun idrante dedicato a prossimità (1)
Altro idrante non dedicato utilizzabile a prossimità (0.6350)	<ul style="list-style-type: none"> • Piscina (0.3296) • Riserva non dedicata accessibile da grandi volumi, cisterna privata, ecc. (0.254) • Flusso permanente ad alto flusso (0.18546) • Grande specchio d'acqua permanente (0.11) • Nessun idrante non-dedicato a prossimità (1)
Elenco degli elementi esterni o delle apparecchiature da installare. rischio (stoccaggio, allegati...) (0.7344)	<input type="text" value="0 élément"/> - <input type="button" value="▼"/>
Natura dell'elemento da essere rischio (0.912)	
<ul style="list-style-type: none"> • Elementi a rischio, stoccaggio, attrezzature importanti (1) • Edifici aggiuntivi (0.7695) • Mobili, piccole installazioni (0.35) 	<ul style="list-style-type: none"> • Stock di legno (0.71248) • Cilindro del gas (0.84) • Serbatoio di gas (0.51989) • Serbatoio idrocarburi (esterno) (1) • Veicolo parcheggiato solitamente, roulotte (0.8268) • Annesso rigido, garage separato, pool house, piccola stalla... (0.37788) • Depandance in legno, casetta in legno, casa mobile, piccola stalla in legno... (0.757)



		<ul style="list-style-type: none"> • Attrezzature o costruzioni ricoperte di tela o molto leggere (tenda, yurta, tendone, ecc.) (1) • Sistema di irrigazione (0.2654) • Mobili da giardino in PVC/legno (1) • Giochi per bambini, struttura per arrampicata, trampolino... (1) • Piscina fuori terra (0.8792)
	Distanza dell'elemento a rischio per l'edificio principale (1.000)	<ul style="list-style-type: none"> • < 3m (1) • 3m - 10m (0.65) • > 10m (0.2966)
	Elenco degli elementi di vegetazione ornamentale o semi-spontanea del giardino (0.8954)	<input type="text" value="0 élément"/> - <input type="button" value="v"/>
	Natura dell'elemento di vegetazione ornamentale (0.3775)	<ul style="list-style-type: none"> • Siepe (1) • Letti ornamentali (0.56413) • Boschetti di alberi o arbusti (0.806389) • Alberi ornamentali isolati (0.61495) • Frutteti di alberi o arbusti (compresi olivi, viti, altri frutti, ecc.) (0.48402)
	Distanza tra edificio e vegetazione (1.000)	<ul style="list-style-type: none"> • Contatto (1) • < 3m (0.79452) • 3m - 10m (0.4351) • > 10m (0.2477)
	Elemento de vegetazione a strapiombo sul tetto (0.888)	<ul style="list-style-type: none"> • Puntuale (0.809) • Ampio, coprente o massiccio (1) • Elemento de vegetazione non strapiombo (0)
Recinzioni (0.2909)		
	Tipo de ricenzione la più chiuso (1.000)	<ul style="list-style-type: none"> • Nessun recinto (0.2478) • Rete metallica o plastica (0.674) • Palizzata (lenho, canisso...) (1) • Muretto basso (anche se sormontato da un rete) (0.754) • Muro (indipendentemente dal fatto che sia sormontato da un rete) (0.89)
	Distanza tra la casa e la recinto più lontana (0.4091)	<ul style="list-style-type: none"> • < 3m (0.654) • 3m - 10m (0.8745) • > 10m (1) • Nessun recinto (0.2478)
Rete elettrica (0.4685)		
	Rete elettrica locale a bassa tensione (0.75600)	<ul style="list-style-type: none"> • In testa a fili scoperti (1) • Interrato o aereo inguainato (0)
	Prossimità da una linea elettrica di media o alta tensione (a fili scoperti) (0.9054)	<ul style="list-style-type: none"> • Sì (1)



	<ul style="list-style-type: none"> No (0)
--	--

III. Topografia (0.83312)	
Pendenza media stimata del terreno (0.79570)	<ul style="list-style-type: none"> < 10% (0.2115) 10 à 20% (0.4916) 20 à 30% (0.7373) > 30% (1)
Orientamento del terreno (0.60612)	<ul style="list-style-type: none"> Sud (1) Este (0.38527) Oveste (0.8176) Nord (0.31683) Piano (0.4234)
Esposizione al vento (1.0000)	<ul style="list-style-type: none"> Sopravento o piano (1) Intermediao (0.46089) Sottovento (0.2664)
Posizione topographica (0.85352)	<ul style="list-style-type: none"> Cesta (1) Pendio (0.90676) Thalweg (0.29379) Altopiano o pianura (0.23079)

IV. Proprietà costruttive della casa (0.8725)	
Materiali (0.6725)	
Materiali dei muri (0.9215)	<ul style="list-style-type: none"> Calcestruzzo (0.012) Calcestruzzo con rivestimento in legno (0.66) Legno, legno e paglia (1) Metallico (0.02)
Materiali di aperture, finestre (0.9657)	<ul style="list-style-type: none"> Legno (0.424) PVC (1) Aluminio (0.418)
Materiali di chiusura per aperture, persiane (1.0000)	<ul style="list-style-type: none"> Legno massiccio (0.224) Persiane con lucernario in legno (0.405) PVC (0.96) Aluminio (0.118) Nessuna persiane (1)
Vetratura (più debole) (0.564)	<ul style="list-style-type: none"> Semplice (1) Doppio (0.854) Triplo o più (0.547)



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



MED-Star



INTERMED

La cooperazione al cuore del Mediterraneo
La coopération au coeur de la Méditerranée

	Materiali di grondaie (0.2716)	<ul style="list-style-type: none"> • Zinco (0.273) • Alluminio (0.239) • PVC (1) • Nessuna grondaia (0)
Grandi aperture (0.460)		
	Finestre a bovindo (1.000)	<ul style="list-style-type: none"> • Una (0.645) • Due o tre (0.873) • Più di tre (1) • Nessuna finestra a bovindo (0)
	Occultamento di finestre a bovindo (0.9574)	<ul style="list-style-type: none"> • Legno massiccio (0.224) • Finestra a bovindo con lucernario in legno (0.6521) • PVC (0.9856) • Alluminio (0.154) • Nessuno occultamento di finestre a bovindo (1)
Attrezzature periferiche de l'edificio principale (0.55)		
	Veranda (tutti i materiali) (0.30)	<ul style="list-style-type: none"> • Una veranda (0.847) • Due o più verande (1.09) • Nessuna veranda (0)
	Terrazze in legno (1.0)	<ul style="list-style-type: none"> • Una terrazza in legno (0.745) • Due o più terrazze in legno (1) • Nessuna terrazza in legno (0)
	Terrazza coperta con struttura in legno, pergola in legno o materiali organici (0.45)	<ul style="list-style-type: none"> • Una terrazza coperta o pergola (0.745) • Due o più terrazze coperta or pergola (1) • Nessuna terrazza coperta o pergola con struttura in legno o in materiali organici (0)
	Tendalino in tela o canisse su ferro battuto (0.845)	<ul style="list-style-type: none"> • Uno tendone da sole (0.8601) • Due o più tende da sole (1) • Nessuna tenda da sole (0)
	Giunzione tetto-parete (0.460)	<ul style="list-style-type: none"> • Quadro a vista (1) • Nessun materiale combustibile visibile (0)



V. Fattori umani di vulnerabilità (0.5921)		
Tipo di residenza (0.1529)		<ul style="list-style-type: none"> • Principale (0.68) • Seconda casa (1)
Elenco delle persone che risiedono stabilmente nella casa (1.0000)		
		0 élément <input type="text"/> - <input type="button" value="▼"/>
	Età (0.846)	<ul style="list-style-type: none"> • Dai 0 agli 3 anni (0.9784) • Dai 4 agli 12 anni (0.8946) • Dai 13 agli 17 anni (0.3487) • Dai 18 agli 65 anni (0.2348) • Dai 66 agli 85 anni (0.954) • Oltre 85 anni (1)
	Genere (0.10)	<ul style="list-style-type: none"> • Uomo (0.9) • Donna (1)
	Mobilità ridotta o difficoltà di salute (1.000)	<ul style="list-style-type: none"> • Sì (1) • No (0.3333)
Attività di ospitalità (0.2687)		<ul style="list-style-type: none"> • Pernottamento e prima colazione, tavola per gli ospiti, affitto di camere RBNB (0.412) • Cottage (1) • Microcampeggio (0.845) • Scambio di casa, affitto di alloggi RBNB (0.896)
Preparazione delle persone (0.3252)		
	Esistenza di un piano di salvaguardia comunale o di un piano di emergenza? (0.420)	<ul style="list-style-type: none"> • Sì (0) • No (1)
	Informazioni sui rischi (0.6111)	<ul style="list-style-type: none"> • Sì (0) • No (1)
	Conosci il Documento Informativo Comunale sui Grandi Rischi naturali ? (0.6547)	<ul style="list-style-type: none"> • Sì, correttamente (0.1) • No, insufficientemente (0.99) • Documento sui rischi naturali non disponibile o non diffuso (1)
	Ritieni di avere informazioni sufficienti sugli obblighi legali e sui divieti per prevenire gli incendi (0.8541)	<ul style="list-style-type: none"> • Sì (1) • No (1.9)
	Pensi di avere informazioni sufficienti sulle buone pratiche per prevenire gli incendi (0.7889)	<ul style="list-style-type: none"> • Sì (0) • No (1)



	Pensi di avere informazioni sufficienti su cosa fare in caso di incendio? (1.0)	<ul style="list-style-type: none"> • Sì (0.4) • No (1)
Pratiche relative all rischio incendio (0.567)		
Frequenza di manutenzione del sito (0.480)		
	Frequenza della manutenzione dell'edificio, pulizia del tetto e delle grondaie, ecc. (0.3990)	<ul style="list-style-type: none"> • Più di una volta all'anno (0.347) • Circa una volta all'anno (0.546) • Meno di una volta all'anno (1)
	Frequenza di manutenzione della vegetazione del giardino e dei dintorni degli edifici (0.601)	<ul style="list-style-type: none"> • Più di una volta all'anno (0.22) • Circa una volta all'anno (0.5698) • Meno di una volta all'anno (1)
Pratiche del fuoco (1.000)		
	Brucci la tua barra o rifiuti verdi (0.7890)	<ul style="list-style-type: none"> • Mai (0) • A volte, fuori stagione (0.358) • Sì, fuori stagione (0.5423) • Sì, in tutte le stagioni (1)
	Avete barbecue in giardino o sulla terrazza (1.000)	<ul style="list-style-type: none"> • Mai (0) • A volte, fuori stagione (0.3547) • Sì, fuori stagione (0.5468) • Sì, in tutte le stagioni (1)
	Ci arriva qualcuno che risiede con te (o tra i tuoi visitatori) dal fumo fuori dalla casa (0.8990)	<ul style="list-style-type: none"> • Mai (0) • A volte, fuori stagione (0.5412) • Sì, fuori stagione (0.9874) • Sì, in tutte le stagioni (1)

Tab 2 : Il modello VULN'INTERMED (gerarchia e pesi)

3.3 – Implementation : le webservice VULN'INTERMED

Le modèle est implémenté sur l'application VULN'INTERMED, intégré à la plateforme MEDSTAR par intégration distribuée. Cette intégration permet notamment de déléguer à la plateforme MEDSTAR l'ensemble des solutions pour la gestion des utilisateurs.

Le mode d'emploi du service VULN'INTERMED est proposé ainsi que des éléments architecturaux du développement.

3.3 – Implementazione: il servizio web VULN'INTERMED

Il modello è implementato sull'applicazione VULN'INTERMED, integrata nella piattaforma MEDSTAR mediante integrazione distribuita. Questa integrazione permette in particolare di delegare tutte le soluzioni per la gestione degli utenti alla piattaforma MEDSTAR.

Le istruzioni per l'uso del servizio VULN'INTERMED sono proposte e gli elementi architettonici dello sviluppo.

4. Evaluation multicritères du risque à l'échelle des interfaces basée sur la simulation du feu

L'évaluation multicritère des risques à l'échelle de l'interface basée sur la simulation d'incendie est une méthodologie basée sur l'identification des critères qui déterminent la pénétration du feu dans l'interface et l'exposition des éléments urbains individuels au sein des zones d'étude.

Une méthodologie multi-étapes et multicritères a été conçue, développée, testée et mise en œuvre. La démarche se décompose en trois volets principaux : la caractérisation des sources de danger, la caractérisation de la vulnérabilité du paysage et enfin le calcul du risque en fonction de l'exposition.

L'échelle d'application de la méthode est l'échelle d'interface, dite « échelle méso », entre l'échelle de l'unité foncière bâtie (« microéchelle ») et l'échelle du paysage ou du territoire (échelle macro).

4. Valutazione del rischio multicriterio su scala dell'interfaccia basata sulla simulazione dell'incendio

La valutazione del rischio multicriterio alla scala dell'interfaccia basata sulla simulazione del fuoco è una metodologia basata sull'identificazione dei criteri che determinano la penetrazione del fuoco nell'interfaccia e l'esposizione dei singoli elementi urbani dentro delle aree di studio.

È stata progettata, sviluppata, testata e implementata una metodologia a più fasi e a più criteri. L'approccio si articola in tre sezioni principali: la caratterizzazione delle fonti di pericolo, la caratterizzazione della vulnerabilità del paesaggio e, infine, il calcolo del rischio in funzione dell'esposizione.

La scala di applicazione del metodo è la scala di interfaccia, detta "scala meso", tra la scala dell'unità fondiaria costruita ("microscala") e la scala del paesaggio o del territorio (scala macro).



Fig 6. La méthode proposée se focalise sur l'échelle de l'interface (échelle moyenne), c'est à dire l'échelle de la communauté ou du quartier, composé de voies de communication avec différentes propriétés chacune ayant leurs propres caractéristiques - Il metodo proposto si focalizza sulla scala dell'interfaccia (scala media), ovvero la scala della comunità o del quartiere, composta da canali di comunicazione con proprietà diverse, ciascuna con le proprie caratteristiche.

La première partie a consisté à traiter les données nécessaires à la simulation, notamment la topographie, les cartes de carburant et les scénarios météorologiques. Les cartes de carburant sont calculées à très haute résolution (<1m), ce qui est nécessaire pour l'évaluation des zones WUI. Cela comprend à la fois l'identification de toute la végétation brûlable et les discontinuités des surfaces non combustibles. De plus, les combustibles à usage résidentiel sont également pris en compte dans l'échelle de la propriété. L'approche expérimentale initiale s'est concentrée sur l'utilisation des données LiDAR, mais ces données ne sont pas disponibles/accessibles dans tous les pays. Ce travail de recherche a exploré la faisabilité d'utiliser les ensembles de données de l'ESA à de telles fins, car ceux-ci sont disponibles pour l'ensemble de l'Europe.

De plus, d'autres sources d'information ont été utilisées en complément de la classification des combustibles forestiers. Une carte des points déclencheurs a été élaborée en fonction du réseau routier et de la répartition des logements dans la zone d'étude, ainsi que d'autres activités humaines.

La méthodologie explore également l'utilisation de la propagation probabiliste du feu sur des modèles de combustibles non uniformes, et en particulier sur des modèles inégaux WUI qui alternent des matériaux combustibles et non combustibles. De plus, la probabilité de combustion est calculée pour chaque cellule raster, comprise comme la proportion entre les temps d'attente prévus pour le feu et le nombre total de feux simulés. Le potentiel de développement de feux ponctuels dans la zone WUI doit être lié à la présence de combustibles fins, en particulier l'herbe séchée, telle qu'identifiée dans les cartes de combustibles. Enfin, au niveau immobilier, il faut caractériser la présence de combustibles non végétaux, indicateur du potentiel de développement de la combustion post-frontale après le passage des incendies.

La prima sezione ha comportato l'elaborazione dei dati richiesti dalla simulazione, in particolare la topografia, le mappe dei combustibili e gli scenari meteorologici. Le mappe del combustibile sono calcolate ad una risoluzione molto elevata (<1m), necessaria per la valutazione delle aree WUI. Ciò comprende sia l'identificazione di tutta la vegetazione bruciabile sia delle discontinuità delle superfici non combustibili. Inoltre, nella scala della proprietà sono considerati anche i combustibili per uso residenziale. L'approccio iniziale sperimentale puntava sull'uso dei dati LiDAR, ma questo dato non è disponibile/accessibile in tutti i paesi. Il presente lavoro di ricerca ha esplorato la fattibilità dell'utilizzo di set di dati dell'ESA per tali scopi, poiché questi sono disponibili per l'intera Europa.

Inoltre, altre fonti di informazione sono state utilizzate come complemento per la classificazione dei combustibili forestali. Una mappa dei punti di innesco è stata sviluppata in base alla rete stradale e alla distribuzione delle abitazioni nel area di studio, nonché da altre attività umane.

La metodologia esplora anche l'uso della propagazione probabilistica del fuoco su modelli di combustibili non uniformi, e in particolare sui patchy patterns caratteristici delle WUI che alternano materiali combustibili e non combustibili. Inoltre si calcola la probabilità di combustione per ciascuna cella raster, intesa come proporzione tra i tempi di attesa previsti per l'incendio e il numero totale di incendi simulati. Il potenziale di sviluppo di incendi spot nell'area WUI deve essere correlato alla presenza di combustibili fini, in particolare erba stagionata, come identificato nelle mappe dei combustibili. Infine, a livello immobiliare deve essere caratterizzata la presenza di combustibili non vegetali, indicatore del potenziale di sviluppo della combustione post-frontale dopo il passaggio degli incendi.

La vulnerabilità delle abitazioni deve essere correlata alla tipologia delle strutture, ai materiali e all'età dell'edificio. Devono essere

La vulnérabilité des habitations doit être liée au type de structures, aux matériaux et à l'âge du bâtiment. Deux hypothèses sont à considérer : avec ou sans fenêtres ouvertes. Enfin, une exposition au passage prévu du feu doit être estimée en fonction de la distance des combustibles aux habitations, en indiquant comme référence 50 m (espace défendable du bâtiment). De plus, un indice topologique (indice WUIX) doit être calculé pour estimer la continuité de la végétation et les frottements entre les habitations et la végétation.

Le risque final est composé des composantes de l'aléa (probabilité de combustion, probabilité de feu ponctuel et probabilité de combustion post-frontale), de la vulnérabilité des habitations et de l'exposition (distances). La décomposition de la méthodologie est présentée ci-dessous :

I. Caractérisation du DANGER (aléa)

I.a Facteurs de danger (aléa)

I.a.1 Combustible dans l'interface

- Combustibles de surface
- Combustibles de la couronne
- Combustibles combustibles non végétaux

I.a.2 Scénarios d'humidité et irrigation

I.a.3 Scénarios de vent

I.a.4 Topographie

I.b Comportement au feu

I.b.1 Propagation du feu (potentiel de percolation)

- Description du schéma d'allumage
- Incendie probabiliste réparti sur des combustibles non uniformes
- Probabilité de brûlage
- Temps de trajet minimum
- Effet moyen sur le taux de propagation et l'intensité linéaire

I.b.2 Potentiel de spotting

I.b.3 Combustion post-frontale

II. Caractérisation de la VULNÉRABILITÉ

- Type de maison
- Présence de fenêtres/ouvertures

considerate due ipotesi: con o senza finestre aperte. Infine, deve essere stimata un'esposizione al passaggio di fuoco atteso in funzione della distanza dei combustibili dalle abitazioni, indicando come riferimento 50 m (spazio difendibile dell'edificio). A complemento deve essere calcolato un indice topologico (indice WUIX), per stimare la continuità della vegetazione e l'attrito tra le abitazioni e la vegetazione.

Il rischio finale si compone delle componenti di pericolo (probabilità di combustione, probabilità di incendio spot e probabilità di combustione post-frontale), della vulnerabilità delle abitazioni e dell'esposizione (distanze). La ripartizione della metodologia è elencata di seguito:

I. Caratterizzazione del PERICOLO

I.a Fattori di pericolo

I.a.1 Combustibili nella WUI

- Combustibili vegetali di superficie
- Combustibili delle chiome
- Combustibili non vegetali

I.a.2 Scenari di umidità e irrigazione

I.a.3 Scenari di vento

I.a.4 Topografia

I.b Comportamento al fuoco

I.b.1 Propagazione del fuoco (potenziale di percolazione)

- Descrizione dello schema di accensioni
- Probabile propagazione dell'incendio su combustibili non uniformi
- Probabilità di combustione
- Tempo di percorrenza minimo
- Effetto medio sul tasso di diffusione e sull'intensità lineare

I.b.2 Potenziale di spotting

I.b.3 Combustione post-frontale

II. Caratterizzazione della VULNERABILITÀ

- Tipo di edificio
- Presenza di finestre/aperture

- Dispositifs de protection incendie

- Dispositivi di protezione antincendio

III. Caractérisation du RISQUE

- III.a Exposition (distances)
- III.b Classification des risques
(danger/vulnérabilité/exposition -> conséquences)

III. Caratterizzazione del RISCHIO

- III.a Esposizione (distanze)
- III.b Classificazione del rischio
(pericolo/vulnerabilità/esposizione -> conseguenze)

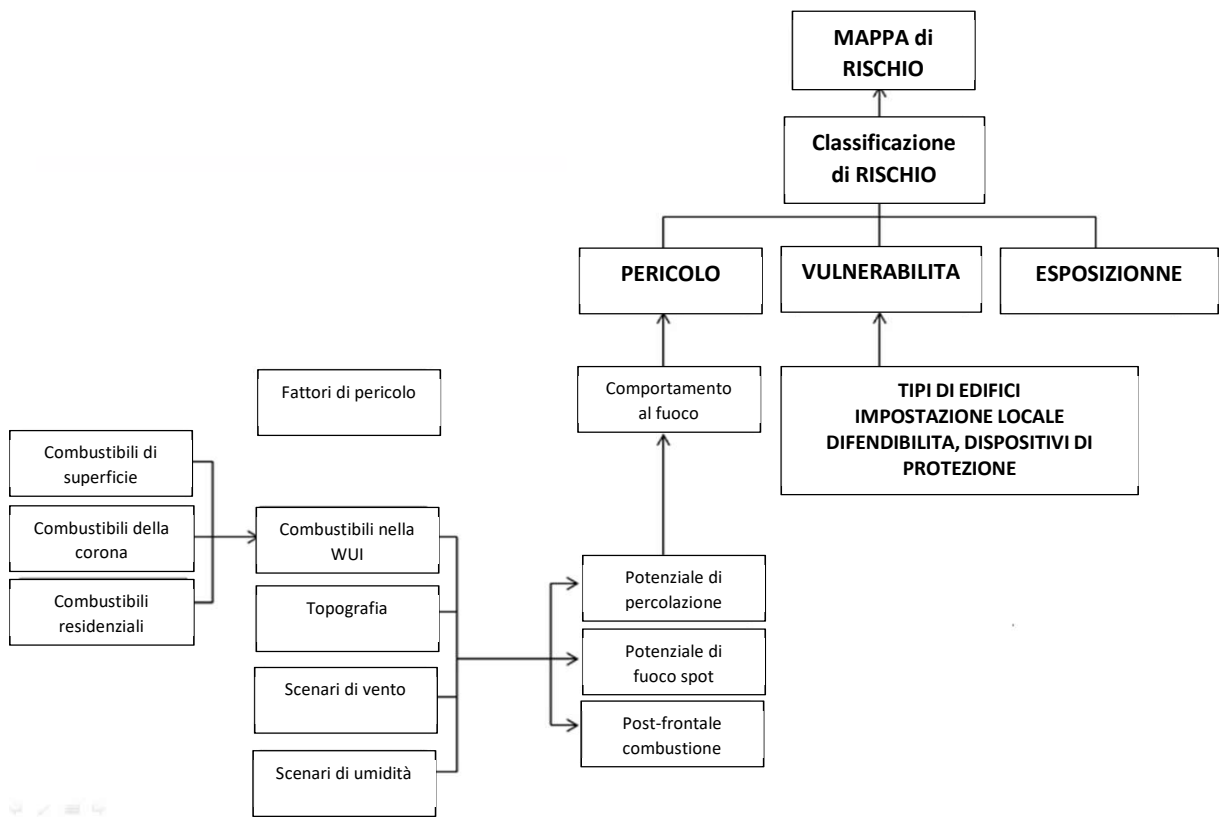


Fig 7. Componenti del quadro di valutazione del WUI rischio

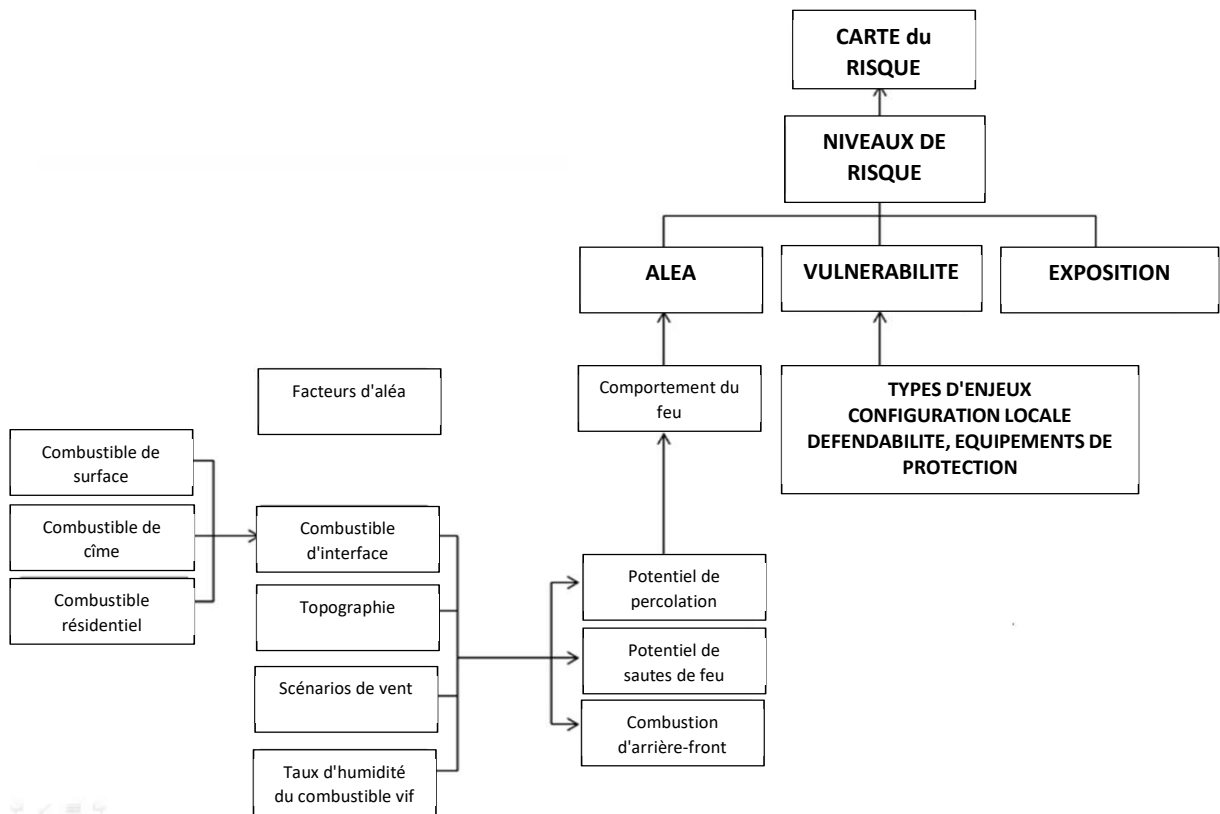


Fig 7. Composantes du cadre d'évaluation du risque aux interfaces

4.1 Collecte, traitement et mise en forme des données

La collecte et le traitement des données ont été l'un des processus les plus chronophages, car des données à jour n'étaient pas disponibles pour les zones d'étude de cas. Le processus suivi était :

- Images satellites multispectrales. Un ensemble de données d'imagerie satellitaire multispectrale à très haute résolution a été obtenu auprès de l'Agence spatiale européenne (ESA). De nombreux processus d'amélioration de la qualité d'image ont été réalisés. Il en est résulté un produit de base consistant en une orthophoto aérienne multispectrale. Par la suite, les indices de végétation ont été obtenus pour une classification plus facile et plus précise de la végétation.
- Orthophoto. Pour compléter la classification des combustibles, et pour la validation des produits satellitaires, une orthophoto mise à

4.1 Raccolta, elaborazione e formattazione dei dati

La raccolta e l'elaborazione dei dati è stato uno dei processi più dispendiosi in termini di tempo, dato che dei dati aggiornati non erano disponibili per le aree dei casi di studio. Il processo seguito è stato:

- Immagini satellitari multispettrali. Un set di dati di immagini satellitari multispettrali ad altissima risoluzione è stato ottenuto dall' Agenzia Spaziale Europea (ESA). Sono stati eseguiti numerosi processi miglioramento della qualità dell'immagine. Ciò ha ottenuto un prodotto di base consistente in un'ortofoto aerea multispettrale. Successivamente sono stati ottenuti gli indici di vegetazione per una più facile e precisa classificazione della vegetazione.
- Ortofoto. A complemento della classificazione dei combustibili, e per la validazione dei prodotti

jour a été utilisée (fichier RVB visible, pas d'IR disponible).

- Cadastre et documents techniques. Ces informations ont été utilisées pour extraire les emplacements et les empreintes des maisons et pour les limites des propriétés. Cependant, compte tenu de la mauvaise qualité des informations (les marges ne correspondaient pas aux caractéristiques identifiées dans l'orthophoto), un processus de refonte et de correction est nécessaire.

- Autres niveaux thématiques. Les données sur les incendies récents, la gestion forestière et l'utilisation des terres ont été utilisées pour la définition et la validation des combustibles et des propriétés.

- Informations RADAR. Un ensemble de données d'informations RADAR de l'ESA était nécessaire pour dériver un modèle d'élévation à haute résolution et à partir de celui-ci pour extraire le modèle numérique de végétation (hauteurs) et les hauteurs des bâtiments.

De plus, un modèle numérique de surface a été obtenu à partir d'images satellites stéréoscopiques. Ces données ont été utilisées pour la classification des combustibles forestiers en fonction de la hauteur de la végétation et ont été particulièrement utiles pour identifier et cartographier les modèles irréguliers dans les zones WUI. Les trois principales extractions réalisées sont donc :

- Extraction du modèle numérique d'élévation
- Extraction du modèle numérique de terrain
- Extraction du modèle numérique de végétation.

4.2 Elaboration de la carte de la végétation des interfaces et de la carte du combustible dérivée

Une carte détaillée (résolution de 2 m) des zones d'interface dans les zones d'étude sélectionnées a été réalisée. La classification et l'identification des types de combustibles ont fait appel aux

satellitari, è stata utilizzata un'ortofoto aggiornata (file RGB visibile, nessun IR disponibile).

- Catasto e carte tecniche. Queste informazioni sono state utilizzate per l'estrazione delle posizioni e delle impronte delle case e per i confini delle proprietà. Tuttavia, data la scarsa qualità delle informazioni (i margini non corrispondevano alle caratteristiche individuate nell'ortofoto), è necessario un processo di ridisegno e correzione.

- Altri livelli tematici. I dati sugli incendi recenti, la gestione delle foreste e gli usi del suolo sono stati utilizzati per la definizione e la convalidazione sia dei combustibili che delle proprietà.

- Informazioni RADAR. È stato richiesto un set di dati di informazioni RADAR dell'ESA per derivare un modello di elevazione ad alta risoluzione e da questo per estrarre il modello digitale della vegetazione (altezze) e le altezze degli edifici.

Inoltre, è stato ottenuto un digital surface model da immagini satellitari stereoscopiche. Questi dati sono stati utilizzati per la classificazione dei combustibili forestali in base all'altezza della vegetazione ed è stato particolarmente utile per l'identificazione e la mappatura dei pattern irregolari all'interno delle aree WUI. Le tre principali estrazioni effettuate sono quindi :

- Estrazione del modello di elevazione digitale
- Estrazione del modello digitale del terreno
- Estrazione del modello di vegetazione digitale.

4.2 Elaborazione della mappa de la vegetazione dell'interfaccia e della mapa di combustibile derivata

données satellitaires, à l'orthophotographie et aux couches thématiques complémentaires, comme expliqué ci-dessus.

4.2.1 Segmentation

La première phase de traitement est une segmentation du paysage prenant comme référence l'indice de végétation différentiel normalisé. Cela permet de tracer les contours de polygones homogènes vis-à-vis de leur signature spectrale et d'autres critères, produisant notamment une première différenciation entre espaces végétalisés et espaces incombustibles.

4.2.2 Extraction et classification de la végétation par des seuils de l'indice de végétation standard NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)

La deuxième étape repose sur la définition de seuils NDVI afin de distinguer différents types d'espaces végétalisés.

Au final, ces deux étapes permettent l'extraction de:

- Zones boisées
- Arbustes
- Agriculture
- Routes
- Bâtiments
- Masses d'eau

Étant donné que certains bâtiments, routes et autres infrastructures sont situés sous la cime des arbres, une correction des zones combustibles/non combustibles doit être effectuée, en utilisant des couches thématiques complémentaires, telles que le cadastre, pour acquérir des informations sur le bâtiment et les routes. Ceci est particulièrement important pour la couche de combustible de surface car les données sans corrections correspondent à la couverture de la canopée.

4.2.3 Création du masque de végétation

À partir du seuil de NDVI identifié dans les étapes précédentes, un masque de végétation a été extrait (0 = pas de végétation, 1 = végétation) permettant d'appliquer les étapes ultérieures du processus uniquement sur les zones végétalisées.

È stata prodotta una mappa dettagliata (<1 m) delle aree WUI nei casi di studio selezionati. La classificazione e l'identificazione dei modelli di combustibile si è basata su dati satellitari, ortofoto e strati tematici complementari, come accennato in precedenza.

4.2.1 La segmentazione

La prima fase di elaborazione è una segmentazione del paesaggio prendendo come riferimento l'indice di vegetazione differenziale normalizzato. Ciò consente di tracciare i contorni dei poligoni omogenei rispetto alla loro firma spettrale e ad altri criteri, producendo in particolare una prima differenziazione tra gli spazi vegetati e gli spazi non combustibili.

4.2.2 Estrazione e classificazione della vegetazione per soglie del indice di vegetazione standard NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)

Il secondo passaggio si basa sulla definizione di soglie NDVI al fine di distinguere diversi tipi di spazi vegetati.

Alla fine, questi due passaggi consentono di estrarre:

- Aree boschive
- Arbusti
- Agricoltura
- Strade
- Edifici
- Corpi idrici

Poiché alcuni edifici, strade e altre infrastrutture si trovano sotto le cime degli alberi, deve essere eseguita una correzione delle aree combustibili/non combustibili, utilizzando strati tematici complementari, come il catasto, per acquisire le informazioni sull'edificio e le strade. Ciò è particolarmente importante per lo strato superficiale di combustibile perché i dati senza correzioni corrispondono alla copertura della chioma.

4.2.4 Classes de hauteur de végétation

Dans les cellules raster identifiées comme végétation (utilisation du masque de végétation), une classification a été effectuée selon les classes de hauteur. Les classes de hauteurs distinguées sont les suivantes :

- Couche de végétation basse : hauteur < 0,5 m
- Couche 1 : de 0,5 à 2,0 m
- Couche 3 : de 2,0 à 4,0 m
- Couche 4 : > 4,0 m

4.2.5 Traitement de la couche de végétation basse

La végétation inférieure à 0,5 m doit être retraitée en raison d'une erreur inhérente au DSM. Les surfaces inférieures à ce seuil incluses dans le masque végétal doivent être classées à l'aide d'orthophotos pour extraire les parcelles herbacées.

Pour l'identification des combustibles herbacés, une classification de l'orthophoto a été réalisée en plus de celle obtenue par satellite. Toutes les zones herbeuses doivent être entièrement identifiées dans les simulations de propagation du feu. Celles-ci correspondent donc aux cellules de la classe de végétation basse identifiées à l'étape précédente et qui donnent une réponse radiométrique correspondant aux zones herbacées sur les orthophotos.

4.2.6 – Utilisation de données exogènes

Pour affiner à partir de la carte de végétation, différents jeux de données peuvent être utilisés.

4.2.6.1 Cartes thématiques

En cas de classification peu claire des terres agricoles et autres types de végétation, des cartes thématiques complémentaires peuvent être utilisées pour vérifier et valider le type identifié. Pour cela, les informations existantes obtenues auprès du service forestier peuvent être d'une grande aide.

4.2.3 Creazione delle macchie di vegetazione

Dalla soglia NDVI individuata nei passaggi precedenti è stata estratta una maschera di vegetazione (0 = nessuna vegetazione, 1 = vegetazione) consentendo di applicare le fasi successive del processo solo sulle aree vegetate.

4.2.4 Classi di altezza della vegetazione

All'interno delle celle raster identificate come vegetazione (uso della maschera vegetale), deve essere effettuata una classificazione per classi di altezza. Le classi di altezza definite sono le seguenti:

- Basso strato di vegetazione : altezza < 0,5 m
- Strato 1: da 0,5 a 2,0 m
- Strato 3: da 2,0 a 4,0 m
- Strato 4: > 4,0 m

4.2.5 Trattamento dello strato vegetale inferiore

La vegetazione inferiore a 0,5 m dovrebbe essere rielaborata a causa di un errore intrinseco nel DSM. Le aree al di sotto di questa soglia inclusi nella maschera vegetale devono essere classificati mediante ortofoto per estrarre appezzamenti erbacei.

Per l'identificazione dei combustibili erbacei è stata effettuata una classificazione dell'ortofoto oltre a quella ottenuta via satellite. Tutte le aree erbose devono essere completamente identificate nelle simulazioni di propagazione degli incendi. Questi corrispondono quindi alle celle della classe di vegetazione bassa individuata nel passaggio precedente e che danno una risposta radiometrica corrispondente alle zone erbacee sulle ortofoto.

4.2.6.2 Données d'enquête sur le terrain

Pour valider et compléter la classification de la végétation, des relevés de terrain peuvent être conçus et proposés, incluant les points suivants:

- Vérifier la hauteur de la végétation (erreur d'estimation)
- Évaluer la présence et le type de sous-bois forestier
- Estimer la densité de végétation
- Décrire la structure de la végétation (espèces)

Ceci est particulièrement utile pour la classification et l'attribution précises des modèles de combustible dans les WUI, qui incluent les haies vertes et d'autres éléments ornementaux dans les jardins.

4.2.6 – Utilizzo di altri dati

Per perfezionare dalla mappa della vegetazione, possono essere utilizzati diversi set di dati.

4.2.6.1 Mappe tematiche

In caso di classificazione poco chiara dei terreni agricoli e di altri tipi di vegetazione, possono essere utilizzate mappe tematiche complementari per verificare e validare il tipo identificato. Per questo, le informazioni esistenti ricavate del servizio forestale possono essere di grande aiuto.

4.2.6.2 Dati delle indagini sul campo

Per convalidare e completare la classificazione della vegetazione, possono essere progettate e proposte indagini sul campo, inclusi i seguenti punti:

- Controllare l'altezza della vegetazione (errore di stima)
- Valutare la presenza e il tipo di sottobosco forestale
- Stimare la densità della vegetazione
- Descrivere la struttura della vegetazione (specie)

Questo è particolarmente utile per la classificazione e l'assegnazione accurata dei modelli di combustibile nelle WUI, che includono siepi verdi e altri elementi ornamentali nei giardini.

4.2.7 Elaboration de la carte du combustible

Le passage des types de végétation aux modèles de combustibles s'effectue au travers d'une table d'affectation, basée sur les résultats des phases précédentes, notamment la hauteur de la végétation et la structure de la végétation. Les types de combustibles herbacés sont directement associés aux plaques d'herbe identifiées à l'étape précédente, quelle que soit la hauteur de la végétation (<0,5 m).

En outre, une série de mesures de la population moyenne d'arbres peut être dérivée de la hauteur de la végétation et du type de végétation, comme indiqué dans les niveaux thématiques. Ceux-ci comprennent la hauteur de base de la canopée (CBH), la densité apparente de la canopée (CBD), la hauteur de la canopée (CH) et la fraction de couverture de la canopée (CCF). Ces données permettent ensuite de :

- Estimer la hauteur de la base de la canopée pour les végétations de hauteur supérieure à 4 m selon le type de végétation ;
- Estimer la densité apparente de la canopée, en fonction de la hauteur et du type de végétation
- Attribuer les propriétés des combustibles dichoma et des parcelles de végétation identifiées

On obtient ainsi une carte unique des combustibles de surface telle que spécifiée dans les catalogues BEHAVE et Scott & Burgan. La résolution de cette carte est <1 m et reflète bien la nature irrégulière des zones WUI, y compris les effets des jardins, des bâtiments et du réseau routier.

4.2.7 Elaborazione della mappa del combustibile

Il passaggio dai tipi di vegetazione ai modelli di combustibile avviene tramite una tabella di assegnazione, sulla base dei risultati delle fasi precedenti, in particolare l'altezza della vegetazione e la struttura della vegetazione. I tipi di combustibile erbaceo sono direttamente associati alle macchie erbose identificate nel passaggio precedente, indipendentemente dall'altezza della vegetazione (<0,5 m).

A complemento, una serie di metriche del popolamento arboreo medio possono essere ricavate dall'altezza della vegetazione e dal tipo di vegetazione, come indicato nei livelli tematici. Questi includono l'altezza della base della chioma (CBH), la densità apparente della chioma (CBD), l'altezza della chioma (CH) e la frazione di copertura della chioma (CCF). Questi dati consentono poi di:

- Stimare l'altezza della base della chioma per la vegetazione con altezze superiore a 4 m a seconda dal tipo di vegetazione ;
- Stimare la densità apparente della chioma, a seconda dall'altezza e dal tipo di vegetazione
- Assegnare le proprietà dei combustibili dichoma e dei patches di vegetazione individuate

Si ottiene quindi una mappa unica dei combustibili di superficie come specificato nei cataloghi BEHAVE e Scott&Burgan. La risoluzione di questa mappa è <1m e riflette bene la natura irregolare delle aree WUI, inclusi gli effetti dei giardini, edifici e rete stradale.

4.3 Définition des scénarios d'incendie

Un survol rapide des données météorologiques historiques permet d'estimer les conditions moyennes de développement des grands incendies de forêt. À cette fin, l'Indice canadien de climat incendiaire (IFM), calculé pour les jours correspondant aux grands feux de forêt, peut être pris comme référence. Pour ces jours, une valeur moyenne des facteurs suivants est obtenue:

- Vitesse du vent, observée pendant la journée, valeurs maximales.
- Direction du vent, valeurs moyennes diurnes.
- L'humidité du combustible actif, telle que déduite du code de sécheresse (DC) de FWI.
- Inertie de l'eau du combustible mort (1HR, 10HR, 100HR), obtenue à partir des données météorologiques de base.

Les scénarios d'incendie doivent être classés d'abord par la direction du vent, puis par la vitesse du vent et la valeur moyenne de FWI et DC au-dessus d'un seuil. Les valeurs moyennes de la vitesse du vent et de la teneur en humidité du combustible sont ensuite décrites.

4.3 Definizione dei scenari di incendio

Una rapida ricognizione dei dati meteorologici storici serve per stimare le condizioni medie per lo sviluppo dei grandi incendi boschivi. A tal fine, può essere preso come riferimento il Canadian Fire Weather Index (FWI), calcolato per le giornate corrispondenti ai grandi incendi boschivi. Per tali giorni viene ricavato un valore medio dei seguenti fattori:

- Velocità del vento, osservata di giorno, valori massimi.
- Direzione del vento, valori medi diurni.
- Umidità del combustibile vivo, come dedotto dal Drought code (DC) di FWI.
- Inerzia idrica del combustibile morto (1HR, 10HR, 100HR), ottenuta dai dati meteorologici di base.

Gli scenari di incendio devono essere classificati prima in base alla direzione del vento e poi alla velocità del vento e al valore medio di FWI e DC al di sopra di una soglia. Successivamente vengono descritti i valori medi per la velocità del vento e il contenuto di umidità del combustibile.

4.4 Simulation probabiliste de la propagation du feu dans les interfaces

Une version simplifiée de cette méthodologie basée sur le logiciel de simulation Flammap a été testée et implémentée. Ces modèles de simulation incluent le calcul des propriétés du feu et de la géométrie des flammes dans chaque cellule des cartes raster, en fonction de la topographie, du modèle de combustible, de l'état du combustible (humidité), de la direction et de la vitesse du vent. Cette approche nécessite des cartes de combustible à haute résolution, qui reflètent le modèle combustible-non combustible dans le WUI à travers lequel le feu se propage.

4.4.1 Calcul de la probabilité de brûlage

L'un des indicateurs est l'indice de probabilité de brûlure. Cet algorithme calcule plusieurs simulations produites par les points d'allumage correspondants et se chevauchent, en tenant compte du nombre total de fois que le feu visite chaque cellule. L'indice de probabilité de combustion fait référence au rapport de ce nombre au nombre total de simulations. Cette activité se compose de deux parties : schémas de points d'allumage et simulations de scénarios.

4.4.1.1 Produire un échantillon de points d'ignition

De la carte du réseau routier et de la carte de distribution des maisons, ainsi que d'autres installations et activités humaines, certains points d'allumage sont extraits, en considérant une zone d'influence de 50 m. Parmi celles-ci, une sous-sélection d'entre elles a été testée pour voir quel nombre de simulations est significatif pour décrire la sensibilité du paysage à la propagation des incendies de forêt. Un minimum de 5000 simulations a été établi.

4.4 Simulazione probabilistica della propagazione del fuoco nella WUI

È stata sperimentata ed implementata una versione semplificata di questa metodologia basata sul software di simulazione Flammap. Questi modelli di simulazione includono il calcolo delle proprietà del fuoco e della geometria della fiamma in ogni cella delle mappe raster, in base alla topografia, al modello di combustibile, allo stato del combustibile (umidità), alla direzione del vento e alla velocità del vento. Questo approccio richiede mappe di combustibile ad alta risoluzione, che riflettono il modello bruciabile-non bruciabile nella WUI attraverso il quale si diffonde il fuoco.

4.4.1 Calcolo della probabilità di combustione

Uno degli indicatori è l'indice di probabilità (burn probability). Questo algoritmo calcola simulazioni multiple prodotte dai punti di accensione corrispondenti e si sovrappone l'una all'altra, tenendo conto del totale delle volte in cui il fuoco visita ciascuna cella. L'indice di probabilità di combustione si riferisce al rapporto tra questo numero e il numero totale di simulazioni. Questa attività si compone di due parti: schemi di punti di accensione e simulazioni di scenari.

4.4.1.1 . Schemi di punti di accensione

Dalla mappa della rete stradale e dalla mappa della distribuzione delle case, oltre ad altre installazioni e attività umane, sono estratti alcuni punti di accensione, considerando una zona di influenza di 50 m. Di questi, una sottoselezione di essi è stata testata per vedere quale numero di simulazioni è significativo per descrivere la sensibilità del paesaggio alla propagazione degli incendi boschivi. È stato stabilito un minimo di 5000 simulazioni.

4.4.1.2 Simulazioni di scenari

4.4.1.2 Exécuter les simulations des scénarios

Pour chaque scénario météorologique, une série de simulations peut être effectuée, une pour chaque point de déclenchement et le nombre de passages du feu sur chaque cellule est calculé. De plus, des calculs classiques de comportement au feu ont été effectués, notamment l'intensité linéaire du feu développé et la longueur de la flamme.

4.4.2 Estimation de l'effet moyen de l'interface sur le taux de propagation du feu

Une analyse complémentaire peut être effectuée sur l'effet sur le taux de propagation du feu à travers les zones WUI. Pour ce faire, deux cartes de combustible peuvent être utilisées, l'une correspondant au monde réel dans lequel les zones WUI ont des modèles combustibles-non combustibles et une autre dans laquelle on suppose qu'il n'y a pas de points non combustibles, en attribuant le type de combustible plus proche disponible. Deux points de référence sont ensuite sélectionnés dans la WUI, chacun à une extrémité de la zone WUI pour dériver la perméabilité au feu en fonction du type d'interface.

4.4.3 Prise en compte du potentiel de sautes de feu

A chacun des types de combustible dans l'interface, il est possible d'associer un indice de probabilité d'émission de braises. En l'absence d'autres références, le module Flammap "lieu d'atterrissage des braises" a été retenu. De plus, le potentiel de susceptibilité au feu par le comportement de détection du feu peut être évalué en évaluant le pourcentage d'espace couvert par le combustible fin, en particulier les zones herbeuses. Un indice de susceptibilité au feu ponctuel peut être calculé comme le rapport de la surface totale à la surface couverte par les combustibles fins, en particulier l'herbe sèche.

Per ogni scenario meteorologico può essere eseguita una serie di simulazioni, una per ciascun punto di innesco e viene calcolato il numero di volte in cui il fuoco passa su ciascuna cella. Inoltre, sono stati eseguiti i tradizionali calcoli del comportamento al fuoco, in particolare l'intensità lineare del fuoco sviluppata e la lunghezza della fiamma.

4.4.2 Stima dell'effetto medio della WUI sulla velocità di propagazione degli incendi

Può essere eseguita un'analisi complementare sull'effetto sulla velocità di propagazione del fuoco attraverso le aree WUI. Per ottenere questo, possono essere utilizzate due mappe di combustibile, una corrispondente al mondo reale in cui le aree WUI presentano schemi bruciabili-non bruciabili ed un'altra in cui si presume che non vi siano punti non combustibili, assegnando il tipo di combustibile più vicino disponibile. Vengono quindi selezionati due punti di riferimento nella WUI, ciascuno in un estremo dell'area WUI per ricavare la permeabilità al fuoco in base al tipo di interfaccia.

4.4.3 Considerazione del potenziale di fuoco spot

Ad ogni una delle tipologie di combustibile nella interfaccia è possibile associare un indice di probabilità di emissione di embers. In assenza di altri riferimenti è stato adottato il modulo "embers landing location" di Flammap. Inoltre, può essere valutato il potenziale di suscettibilità ad incendiarsi tramite comportamento spotting dell'incendio valutando la percentuale di spazio coperto da combustibile fino, in particolare le aree erbose. Un indice di suscettibilità di incendio da spot può essere calcolato come il rapporto tra la superficie totale e l'area coperta da combustibili fini, in particolare erba secca.



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



MED-Star



INTERMED

La cooperazione al cuore del Mediterraneo
La cooperazione au coeur de la Méditerranée

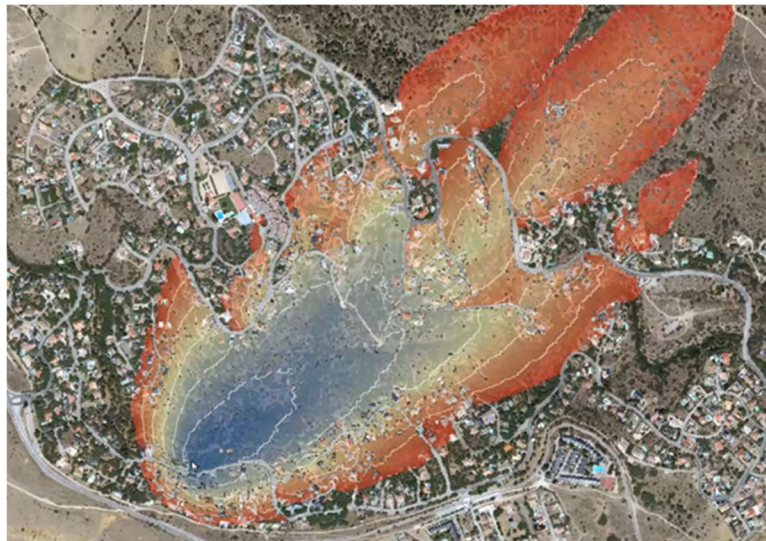


Fig 8. Exemple de simulation de la propagation dans une interface - Esempio di simulazione di propagazione in un'interfaccia



Fig 9. Différents types de zones d'un feu d'interface - Diversi tipi di zone di un fuoco di WUI

4.4.4 Evaluation du potentiel de combustion d'arrière-front

Un relevé des zones résidentielles peut être réalisé pour estimer la présence, la quantité et le type de combustibles résidentiels (matériaux et objets présents dans les jardins et terrains potentiellement combustibles en cas de feu de forêt), en fonction des connaissances locales, du type et de l'âge de la population et de la taille des propriétés. Lorsqu'il est croisé avec la probabilité de combustion, cela fournit une estimation de la probabilité que le combustible résidentiel participe à la combustion locale et à l'altération ou à la destruction des bâtiments.

4.5 Vulnérabilité et exposition des enjeux

La composante vulnérabilité est abordée au travers de l'évaluation de la vulnérabilité interne des bâtis résidentiel et de leur exposition évaluée par l'indice WUIX.

4.5.1 Evaluation de la vulnérabilité de la maison

La vulnérabilité des habitations aux incendies de forêt peut être estimée en fonction des données historiques, du type d'habitations touchées, de l'âge et des matériaux de construction. Quatre degrés de dommages peuvent être définis, à savoir :

1. La maison ne sera pas affectée ou les dommages seront très mineurs
2. Les dommages sont probables à l'extérieur, mais n'affectent pas l'intérieur
3. De graves dommages sont attendus, une ou plusieurs pièces peuvent être endommagées, mais la reconstruction et la réutilisation en tant que maison sont possibles
4. La destruction totale est très probable, la reconstruction est impossible ou déconseillée

La vulnérabilité est ensuite utilisée pour être comparée à l'intensité et à la probabilité de l'incendie, telles qu'exprimées dans la carte de la probabilité de combustion et dans la carte de l'intensité linéaire de l'incendie.

4.5.2 Calcul de l'exposition évaluée par l'indice WUIX

4.4.4 Valutazione del potenziale di combustione post frontale

Puo essere effettuata un'indagine sulle aree residenziali per stimare la presenza, la quantità e la tipologia di combustibili residenziali (materiali e oggetti presenti nei giardini e lotti potenzialmente bruciabili in caso di incendio boschivo), in base alle conoscenze locale, al tipo e all'età della popolazione e la dimensione delle proprietà. Una volta incrociata con la probabilità di combustione, questa fornisce una stima della probabilità che il combustibile residenziale partecipi alla combustione locale e all'alterazione o distruzione degli edifici.

4.5 Vulnerabilità e esposizione delle interesse

La componente di vulnerabilità è affrontata attraverso la valutazione della vulnerabilità interna degli edifici residenziali e la loro esposizione valutata secondo l'indice WUIX.

4.5.1 Valuazione della vulnerabilità della casa

La vulnerabilità delle abitazioni agli incendi boschivi puo essere stimata in base ai documenti storici, al tipo di case colpite, all'età e ai materiali da costruzione. Possono essere definiti quattro gradi di danneggiamento, vale a dire:

1. La casa non sarà interessata o i danni saranno molto lievi
2. I danni sono probabili all'esterno, ma non interessano l'interno
3. Sono previsti gravi danni, una o più stanze possono essere danneggiate, ma è possibile la ricostruzione e il riutilizzo come casa
4. È molto probabile la distruzione totale, la ricostruzione è impossibile o sconsigliabile

La vulnerabilità viene quindi utilizzata per essere confrontata con l'intensità e la probabilità dell'incendio, come espresso nella mappa della probabilità di combustione e nella mappa dell'intensità lineare del fuoco.

L'esposizione peut être estimée en fonction de la distance de l'habitation aux combustibles présents dans une zone tampon autour des bâtiments de 50 m. De plus, l'indice WUIX peut être obtenu (Caballero & Beltran, 2003), en couplant le calcul de la continuité de la végétation dans l'interface et le frottement total entre les maisons et la végétation, en tenant compte de la zone d'influence de 50 m. La carte qui en résulte est utilisée pour la vérification et pour la mise en œuvre des fonctions de risque.

4.5.2 Calcolo dell'esposizione e dell'indice WUIX

L'esposizione può essere stimata in funzione della distanza della casa rispetto ai combustibili presenti in una zona cuscinetto attorno agli edifici di 50 m. Inoltre, può essere ottenuto l'indice WUIX (Caballero & Beltran, 2003), accoppiando il calcolo della continuità della vegetazione nel interfaccia e l'attrito totale tra case e vegetazione, tenendo conto della zona di influenza di 50 m. La mappa risultante è utilizzata come verifica e per l'implementazione delle funzioni di rischio.

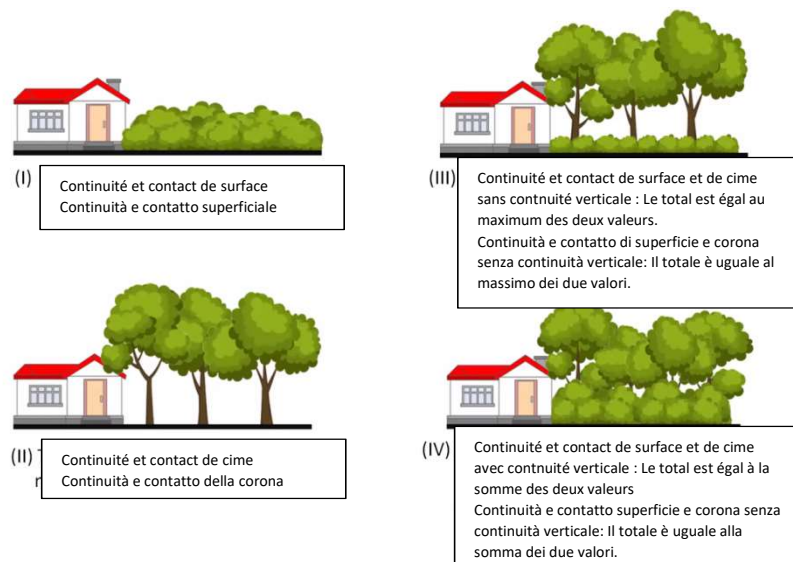


Fig 10. Catégories d'exposition au feu dans les interfaces (bases de calcul de l'indice WUIX)
 - Categorie di esposizione al fuoco nelle interfacce (base per il calcolo dell'indice WUIX)

4.6 Classification et cartographie des risques

La dernière étape consiste en la convolution des indicateurs de danger (probabilité de combustion, potentiel de feu localisé, combustion post-frontale résidentielle), de vulnérabilité et d'exposition pour estimer la probabilité de conséquences indésirables (dommages ou destruction de bâtiments) dans l'estimation finale du risque. Toutes les conséquences indésirables attendues sont résumées dans une carte raster avec cinq classes de risque:

- Aucun risque
- Faible risque
- Risque moyen
- Risque élevé
- Risque très élevé

4.6 Classificazione e mappatura del rischio

La fase finale consiste nella convoluzione degli indicatori di pericolo (probabilità di combustione, potenziale di incendio spot, combustione residenziale post-frontale), vulnerabilità ed esposizione per stimare quale sia la probabilità di conseguenze indesiderate (danno o distruzione di edifici) nella stima finale del rischio. Tutte le conseguenze indesiderate previste sono riassunte in una mappa raster con cinque classi di rischio:

- Nessun rischio
- A basso rischio
- Rischio medio
- Alto rischio
- Rischio molto alto

5. Conclusion

Nous proposons une méthode d'évaluation multicritères du risque aux interfaces fondée sur l'articulation de deux niveaux d'échelle :

- A l'échelle des enjeux bâtis (maisons), ou échelle micro, on cherche principalement à évaluer la vulnérabilité par la spécification d'un modèle multicritères à dire d'experts, implémenté sur la plateforme VULN'INTERMED
- A l'échelle de l'interface (échelle méso), on propose un modèle de risque global fondé sur les résultats de simulations de feu. Ce dernier prend en compte l'aléa et la vulnérabilité des interfaces, estimés sur la base d'informations géographiques disponibles dans des bases de données (géographiques) standards, mais aussi sur le recueil de données de terrain.

L'articulation entre les deux approches est immédiate : les diagnostics de vulnérabilité produits à l'échelle du bâti (échelle micro) sont susceptibles d'être interpolés pour générer une carte de vulnérabilité micro-locale, à l'échelle de l'interface. Cette étape nécessite une acquisition de données par enquête, sur un échantillon dense de maisons. La carte locale de vulnérabilité ainsi produite est alors utilisable comme donnée d'entrée du modèle de risque à l'échelle de l'interface.

Les modèles proposés dans cette méthodologie sont évolutifs et adaptables. Les modèles multicritères à dire d'experts sont en particuliers très contextualisés, et doivent donc être recalibrés pour chacun de leur domaine d'application. Le modèle de risque à l'échelle des interfaces est également évolutif, en ce qu'il est susceptible d'intégrer de nouvelles connaissances produites par la recherche. Par exemple, l'estimateur du potentiel de sautes de feu se concentre dans la version actuelle du modèle sur le potentiel d'ignition du combustible herbacé. Les potentiels d'ignition des autres combustibles et le potentiel d'émission de brandons par les différents types de végétation devront également être intégrés dans les versions ultérieures du modèle.

5. Conclusion

Proponiamo un metodo di valutazione del rischio multicriterio alle interfacce basato sull'articolazione di due livelli di scala:

- Alla scala dei manufatti costruiti (case), o microscala, cerchiamo principalmente di valutare la vulnerabilità specificando un modello multi-criterio basato sull'opinione di esperti, implementato sulla piattaforma VULN'INTERMED
- Alla scala di interfaccia (scala meso), proponiamo un modello di rischio globale basato sui risultati delle simulazioni di incendio. Quest'ultimo tiene conto della pericolosità e della vulnerabilità delle interfacce, stimate sulla base delle informazioni geografiche disponibili nelle banche dati standard (geografiche), ma anche sulla raccolta dei dati di campo.

L'articolazione tra i due approcci è immediata: è probabile che i diagnostici di vulnerabilità prodotte alla scala dell'edificio (microscala) vengano interpolate per generare una mappa di vulnerabilità micro-locale, alla scala dell'interfaccia. Questo passaggio richiede l'acquisizione dei dati tramite rilievo, su un denso campione di case. La mappa della vulnerabilità locale così prodotta può quindi essere utilizzata come dati di input per il modello di rischio alla scala dell'interfaccia.

I modelli proposti in questa metodologia sono scalabili e adattabili. I modelli multicriteri basati sugli esperti sono in particolare molto contestualizzati, e devono quindi essere ricalibrati per ciascuno dei loro campi di applicazione. Anche il modello di rischio interfaccia-scala è evolutivo, in quanto è probabile che integri le nuove conoscenze prodotte dalla ricerca. Ad esempio, lo stimatore del potenziale di oscillazione del fuoco nella versione attuale del modello si concentra sul potenziale di accensione del combustibile da erba. Nelle versioni successive del modello dovranno essere integrati anche i potenziali di ignizione degli altri combustibili e il potenziale di

La méthodologie a été appliquée sur des zones d'études cas réparties sur la zone INTERMED, incluant les communes de Cotignac et de Néoules (Var, France) ainsi que des zones test sur la Corse et la Sardaigne. Un corpus cartographique a ainsi été produit à l'échelle locale, qui constitue le livrable INTERMED 1.2.2. Les perspectives d'extension de la méthode aux échelles régionales et inter-régionales se fondent sur les méthodes de cartographie des interfaces spécifiées dans le cadre de la tâche 2.2.3 du projet stratégique MEDSTAR. Leur mise en œuvre constitue le produit de la tâche INTERMED 1.2.3.

emissioni di tizzoni da parte dei diversi tipi di vegetazione.

La metodologia è stata applicata ad aree di studio di casi distribuite nell'area INTERMED, inclusi i comuni di Cotignac e Néoules (Var, Francia), nonché ad aree test in Corsica e Sardegna. È stato così prodotto un corpus cartografico a scala locale, che costituisce il deliverable di INTERMED 1.2.2. Le prospettive di estensione del metodo a scala regionale e interregionale si basano sui metodi di mappatura dell'interfaccia specificati nell'ambito dell'attività 2.2.3 del progetto strategico MEDSTAR. La loro attuazione costituisce il prodotto della task INTERMED 1.2.3.

6. Références – Riferimenti

CABALLERO, D. BELTRAN, I. (2003) Concepts and ideas of assessing settlement fire vulnerability in the W-UI zone. In proc. of the II International Workshop on Forest Fires in the Wildland-Urban Interface and Rural Areas in Europe. WARM Project, Athens, Greece. 15 th May (available in www.davidcaballero.com)

7. Liste des figures et des tableaux – Elenco di figure e tabelle

FIGURES - FIGUROS

Fig 6. Illustration des 4 niveaux d'échelle - Illustrazione dei 4 livelli di scala

Fig 7. Extrait de l'arborescence de critères de vulnérabilité et niveaux de comparaison - Estratto dalla struttura ad albero dei criteri di vulnerabilità e dei livelli di confronto

Fig 8. Echelle de comparaison des critères à 9 niveaux - Scala di confronto dei criteri con 9 livelli

Fig 9. Interface Web de l'enquête experts - Interfaccia web per sondaggi esperti

Fig 10. Poids associés aux critères et aux modalités (extrait de l'arborescence). Les flèches rouges représentent les comparaisons deux à deux. - Pesì associati a criteri e modalità (estratto dalla struttura ad albero). Le frecce rosse rappresentano confronti a coppie.

Fig 6. La méthode proposée se focalise sur l'échelle de l'interface (échelle moyenne), c'est à dire l'échelle de la communauté ou du quartier, composé de voies de communication avec différentes propriétés chacune ayant leurs propres caractéristiques - Il metodo proposto si focalizza sulla scala dell'interfaccia (scala media), ovvero la scala della comunità o del quartiere, composta da canali di comunicazione con proprietà diverse, ciascuna con le proprie caratteristiche.

Fig 7. Composantes du cadre d'évaluation du risque aux interfaces - Componenti del quadro di valutazione del WUI rischio

Fig 8. Exemple de simulation de la propagation dans une interface - Esempio di simulazione di propagazione in un'interfaccia

Fig 9. Différents types de zones d'un feu d'interface - Diversi tipi di zone di un fuoco di WUI

Fig 10. Catégories d'exposition au feu dans les interfaces (bases de calcul de l'indice WUIX) - Categorie di esposizione al fuoco nelle interfacce (base per il calcolo dell'indice WUIX)

Tableaux - Tabelle

Tab 2. Niveaux d'échelle et principaux éléments méthodologiques de cartographie des interfaces ou d'évaluation du risque aux interfaces spécifiés. - Livelli di scala e principali elementi metodologici della mappatura delle interfacce o della valutazione del rischio alle interfacce specificate.

Tab 2 : Le modèle VULN'INTERMED (hiérarchie et poids) - Il modello VULN'INTERMED (gerarchia e pesi)