tel-00826963, version 1 - 31 May 2013

أطروحة للطالبة **سميرة الملاس** لنيل دكتوراه مزدوجة

من جامعة شعيب الدكالي بالجديدة في تخصص علوم جيولوجيا البحار

و جامعة بول فاليري مونبليه 3 في تخصص الجغرافيا – التهيئة المجالية

تقييم تعرض الساحل الأطلسي المغربي لخطر التسونامي

ملخص مفصل

تحت إشراف:

الأستاذ **بندحو زرارة**، جامعة شعيب الدكالي بالجديدة

الأستاذ **فردريك ليون**، جامعة بول فاليري مونبليه 3

توطئة

هذه الأطروحة تحت إشراف مشترك بين جامعة شعيب الدكالي بالجديدة (المغرب) وجامعة بول فاليري مونبلييه 3 (فرنسا)، تدخل في إطار مشروع البحث MAREMOTI (مقاييس المد والجزر، مراقبة التسونامي، النمذجة ودراسة حساسية شمال شرق المحيط الأطلسي والبحر الأبيض المتوسط الغربي). هذا المشروع تدعمه الوكالة الوطنية للبحث بفرنسا (ANR) و تقوم بتنسيقه مندوبية الطاقة الذرية (CEA)، ويشمل عشرة شركاء، بما في ذلك وحدة البحث UMR GRED (حكامة، مخاطر، بيئة وتنمية) ومختبر العلوم البحرية وعلوم التربة URAC - 45 بالجديدة، لمدة ثلاث سنوات. يهدف إلى إجراء دراسات و بنك للمعلومات التي سيحتاجها المركز الجهوي الجديد للتحذير من موجات التسونامي في غرب البحر الأبيض المتوسط وشمال شرق المحيط الأطلسي، وذلك كجزء من نظام الإنذار الذي ستنسقه اليونسكو.

مساهمة وحدة البحث UMR GRED بشكل رئيسي في المكون " تقييم الحساسيات" من خلال تقييم الحساسية الترابية والبشرية في وجه التسونامي بالمغرب (الساحل الأطلسي و مدينة الجديدة)

tel-00826963, version 1 - 31 May 2013

tel-00826963, version 1 - 31 May 2013

1. مقدمة

في أقل من عقد من الزمن، موجتا تسونامي مدمرة، أحداثها لا تزال عالقة بالأذهان نظرا لعدد الضحايا وحجم الأضرار الناجمة عنها.

في عام 2004، زلزال بالمحيط الهندي، بلغت قوته 9.3 درجة بمقياس ريختر، يحدث تسونامي عنيف أدى إلى مقتل 300000 تقريباً من البشر. وتكبدت اندونيسيا أعلى نسبة من الخسائر في الممتلكات والضحايا.

في 11 مارس 2011، تسونامي يضرب الساحل الشمالي الشرقي لليابان بعلو 10 أمتار بعد زلزال عنيف قوته 8.9 درجة بمقياس ريختر، وفقاً لما ذكرته وكالة المسح الجيولوجي الأمريكية. وتسبب في أكثر من 20000 وفاة و وقوع حادث نووي كبير في فوكوشيما.

يعزى حجم الخسائر إلى ثلاثة عوامل: القوة الاستثنائية للظاهرة، نقص أو عدم وجود وسائل الوقاية من هذا الخطر، ثم نسبة التحضر المرتفعة بالمناطق الساحلية.

تعد المناطق الساحلية موضع تمركز السكان والأنشطة السوسيو- اقتصادية و الأكثر استقطابا لبرامج و مشاريع التنمية العامة أو الخاصة. وظائفها المتعددة تؤدي إلى أنماط متنوعة لاستغلال و تنميتها.

طبيعة ومدى الأضرار الناجمة عن تسونامي ترتبط إلى حد كبير بخصائص كل منطقة ساحلية، أنماط استغلالها ومستوى تحضرها.

في العقود الأخيرة، ارتفعت هشاشة المناطق الساحلية بالمغرب، مع ارتفاع وتنوع مجالات استغلالها، دون الأخذ بعين الاعتبار خطر التسونامي في مخططات التهيئة المجالية.

في حين، المغرب من بين الدول التي تأثرت بتسونامي الذي نتج عن زلزال لشبونة سنة 1755، حيث تسبب في أضرار بليغة في العديد من المدن المغربية، بين طنجة وأكادير، وفقدان حوالي 1000 شخص على السواحل.

في الوقت الحاضر، و في ظل تمركز معظم الرهانات الكبرى للمغرب بالساحل، فإن وقوع تسونامي مماثل، يشكل كارثة، وستنجم عنه خسائر كبيرة سواء في الأرواح البشرية أو في الممتلكات والبنيات التحتية.

الهدف من هذه الدراسة هو تقييم تعرض الساحل الأطلسي المغربي لخطر التسونامي من خلال مقاربة متكاملة، أنجزت على أساس سيناريوهات للخطر، من خلال دراسة محلية على صعيد مدينة الجديدة.

هذه الدراسة تساهم في فهم أفضل لمخاطر التسونامي على السحل الأطلسي المغربي، من خلال تقييم الأضرار المحتملة لتسونامي في المستقبل. الخرائط المنجزة موجهة إلى السلطات المحلية لاستخدامها كأداة تساعد على اتخاذ إجراءات وقائية أولاها تربية و تحسيس المواطنين بخطورة الظاهرة ثم وضع نظام الإنذار و الإفراغ في حال وقوع تسونامي.

2. تعريف الظاهرة

تعتبر ظاهرة التسونامي من أشد الظواهر الطبيعية فتكا عبر التاريخ وتتولد من حركة الدفع الفجائية التي يحدثها الزلزال تحت قاع المحيط نتيجة حركة تصدعية عنيفة من جراء تصادم صفيحتين. وفي بعض الحالات قد تنجم عن ثوران بركاني أو سقوط نيزك أو حدوث انزلاق أرضي تحت الماء. تتميز بمدى طويل جداً قادرة على نقل الطاقة المدمرة من مصدرها في المحيط إلى مسافة تبلغ آلاف الكيلومترات. تمر التسونامي أثناء نشوئها بثلاث مراحل: التولد – الانتشار- الغرق. تتمثل عملية توليد الموجة بأي إزاحة عمودية مفاجئة في قاع البحر نتيجة حركة تصدعية عنيفة. حيث تقوم هذه الحركة بدفع ما فوقها من مياه نحو الأعلى. تنتشر عبر مياه المحيط بسرعة عاليه تصل إلى 700كم/س غير أن ميل هذه الأمواج التي يصل طولها إلى 600 ضعف ارتفاعها يكون من الصعوبة ملاحظتها في عرض البحر.

أصل كلمة التسونامي

إن كلمة تسونامي Tsu-nami هي مصطلح ياباني مكون من كلمتين:"تسو" ومعناها "ميناء" و"نامي" و معناها "موجة" ويعني حرفياً موجة الميناء Harbor Wave ربما لأنها تتسارع بصمت عبر المحيط دون أن يشعر بها أحد لتظهر فجأة أمواج عالية مدمرة. وقد استخدمها اليابانيون القدامى للتفرقة بين موجة المياه العاتية التي تدمر موانئ الصيد وموجات المياه العادية.

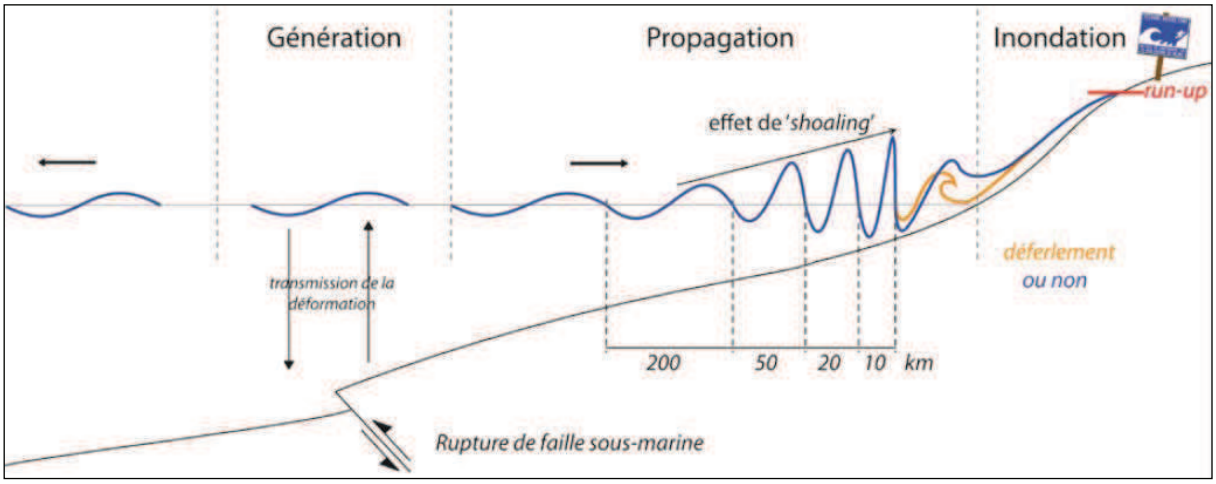
ميكانيكية ظاهرة التسونامي

تتميز أمواج التسونامي العملاقة بمدى طويل جداً فهي قادرة على نقل الطاقة المدمرة من مصدرها في المحيط إلى مسافة تبلغ آلاف الكيلومترات. حيث تندفع في أعماق المحيطات بسرعة تزيد على 700كم في الساعة وعلى الرغم من سرعتها فإنها لا تشكل خطراً في المياه العميقة. فالموجة الواحدة منها لا يزيد ارتفاعها عادة عن متر واحد في وسط المحيط في حين يصل ارتفاعها إلى أكثر من 10 أمتار عند اصطدامها بالشواطىء.

ويمكن حساب سرعة الموجات التسونامية من الجذر التربيعي لقيمة العجلة الأرضية مضروبا في عمق الماء. فإذا كان عمق الماء 5كم فإن السرعة تساوي 800 كم/س. أما طول موجة التسونامي فتبلغ 200 كم إذا كانت الفترة الدورية 15 دقيقة. أي أنه كلما كانت المياه أكثر عمقا وكانت الموجة أكثر طولا كانت الموجة التسونامية ذات سرعة أكبر.

tel-00826963, version 1 - 31 May 2013

tel-00826963, version 1 - 31 May 2013



الشكل 1. مراحل حياة التسونامي الثلاثة : النشأة والانتشار والإغراق

تمر التسونامي أثناء نشوئها بثلاث مراحل فيزيائية متتابعة: التولد والانتشار ثم الغرق. وتتمثل عملية توليد الموجة بأي إزاحة عمودية مفاجئة في قاع البحر نتيجة حركة تصدعية عنيفة. حيث تقوم هذه الحركة بدفع ما فوقها من مياه نحو الأعلى. تنتشر عبر مياه المحيط بسرعة عاليه تصل إلى 700كم/س غير أن ميل هذه الأمواج التي يصل طولها إلى 600 ضعف ارتفاعها يكون من الصعوبة ملاحظتها في عرض البحر. أي أنه كلما كانت المياه أكثر عمقاً وكانت الموجة أكثر طولاً كانت الموجة التسونامية ذات سرعة أكبر. وعندما تصل الموجة إلى المياه الضحلة تتباطأ سرعتها حتى تصل إلى 80كم/س تقريباً. وتؤدي ظاهرة انكسار الموجة وتضحلها إلى حشد طاقة الموجة وتركيزها ومن ثم تبدأ تنضغط طاقة الموجة داخل حجم أصغر أثناء دخولها إلى المياه الضحلة وتتباطأ لتلحق بها الموجة التي تليها أو أنها تلتف حول الشاطئ وتؤدي هذه الزيادة في كثافة الطاقة بدورها إلى زيادة في ارتفاع الموجة والتيارات.

علامات اقتراب التسونامي

في الغالب لاتكون هناك علامات تحذيرية تسبق حدوث التسونامي .ولكن نظرا لأن الزلازل هي أبرز مسببات هذه الظاهرة الخطيرة .فإن أي زلزال يقع بالقرب من أية بقعة مياه يولد تسونامي خاصة إذا وقع على عمق ضحل .وبحجم متوسط أو مرتفع ,وكان حجم وعمق المياه كافيين .إذا كان الجزء الأول من تسونامي الذي يصل إلى الأرض هو موجة تراجع وليس قمة الموجة .فإن المياه على طول الخط الساحلي قد تتراجع بشكل كبير مما يكشف المناطق التي كانت أصلا مغمورة بالمياه .

وهو مايمكن اعتباره إنذارا مبكرا لتسونامي الذي يقترب من الذروة بسرعة شديدة .فإن ملاحظة أي فرض في المناطق الساحلية تراجع البحر فجأة وهو ما أفاد به كثير من الناجيين من التسونامي دجنبر 2004 .تكون الفرصة الوحيدة للنجاة هي أن يلجأ إلى منطقة مرتفعة أويصعد إلى طابق علوي في بناية مرتفعة .

وفي كارثة المحيط الهندي .فإن انحسار مياه الشواطئ بشكل كبير وسريع جدا .والذي يعتبر أخر علامات اقتراب تسونامي من اليابسة قد حرك فضول عدد كبير من الناس الذين لم يتنبهوا إلى أن ذلك التراجع الكبير لمياه البحر كان سابقا بدقائق قليلة للموجات العملاقة .مما جعل عدد القتلى كبيرا جدا.

tel-00826963, version 1 - 31 May 2013

3. ظاهرة التسونامي بالمغرب : الدلائل التاريخية

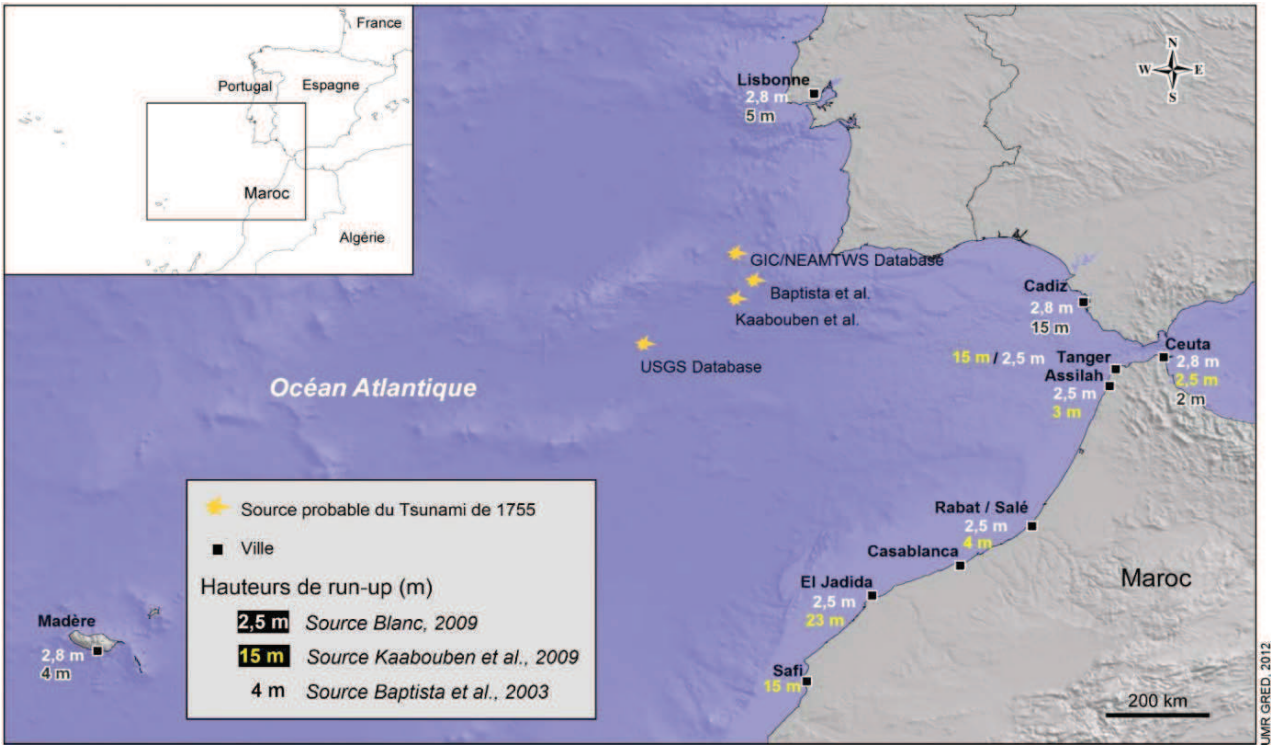
يوجد المغرب بحكم موقعه الجغرافي في بيئة زلزالية تمتد عبر البحر الأبيض المتوسط انطلاقا من جزر الآصور في المحيط الأطلسي غربا إلى حدود جبال الهيملايا شرقا. وهذه البيئة الزلزالية ناتجة عن تقارب القارة الإفريقية باتجاه القارتين الأوربية و الأسيوية.

لهذا فالمغرب معرض لمصدرين اثنين محتملين للزلازل – مصدرين مرتبطين بتسونامي : غرب البحر الأبيض المتوسط وخليج قادس بالمحيط الأطلسي.

3.1. الأدلة الوثائقية

لا توجد أدلة مكتوبة كافية تؤرخ لظاهرة التسونامي بالمغرب باستثناء تسونامي 1755 الناتج عن زلزال قوي ضرب سواحل مدينة لشبونة البرتغالية و الذي يعد من أكثر الزلازل فتكا وتدميرا في التاريخ إذ قتل بين 60 و100 ألف إنسان رغم أن العدد الدقيق غير مؤكد والزلزال أعقبه تسونامي وحرائق .مما أدى إلى تدمير شبه كامل لمدينة لشبونة وكان المغرب من بين الدول التي تأثرت بهذا الزلزال وبأمواج التسونامي الذي ضرب سواحله وأدى إلى مقتل الآلاف حسب بعض الروايات.

تسونامي 1755 يعد الأكثر توثيقا من طرف الغرب وأيضا من طرف بعض المؤرخين المغاربة، غير أن الروايات تختلف بخصوص مصدره الزلزالي، علو الأمواج، غمر اليابسة، الخسائر الناجمة.



الشكل 2. مقارنة بين المصادر والأدلة التاريخية على آثار كارثة تسونامي الفاتح من نونبر سنة 1755

3.2. الأدلة الطبيعية (صخور أحجار ترسبات...)

لم يتم العثور على أدلة طبيعية بالشواطئ التي قمنا بدراستها (الوليدية، سيدي موسى، ومنطقة طنجة- أصيلة) يمكن ربطها بشكل قطعي بأحداث تسونامي قديمة. بالرغم من أنها مناطق جيدة لحماية الترسبات الناتجة عن تسونامي.

هناك دراسة أخرى قامت بها الدكتورة نادية محمدي على منطقة الرباط- أصيلة أظهرت وجود أحجار أجثت من تل صخري لتلقى بواسطة أمواج قوية على اليابسة، حيث وضعت المحمدي فرضية ارتباطها بتسونامي 1755.

tel-00826963, version 1 - 31 May 2013

tel-00826963, version 1 - 31 May 2013

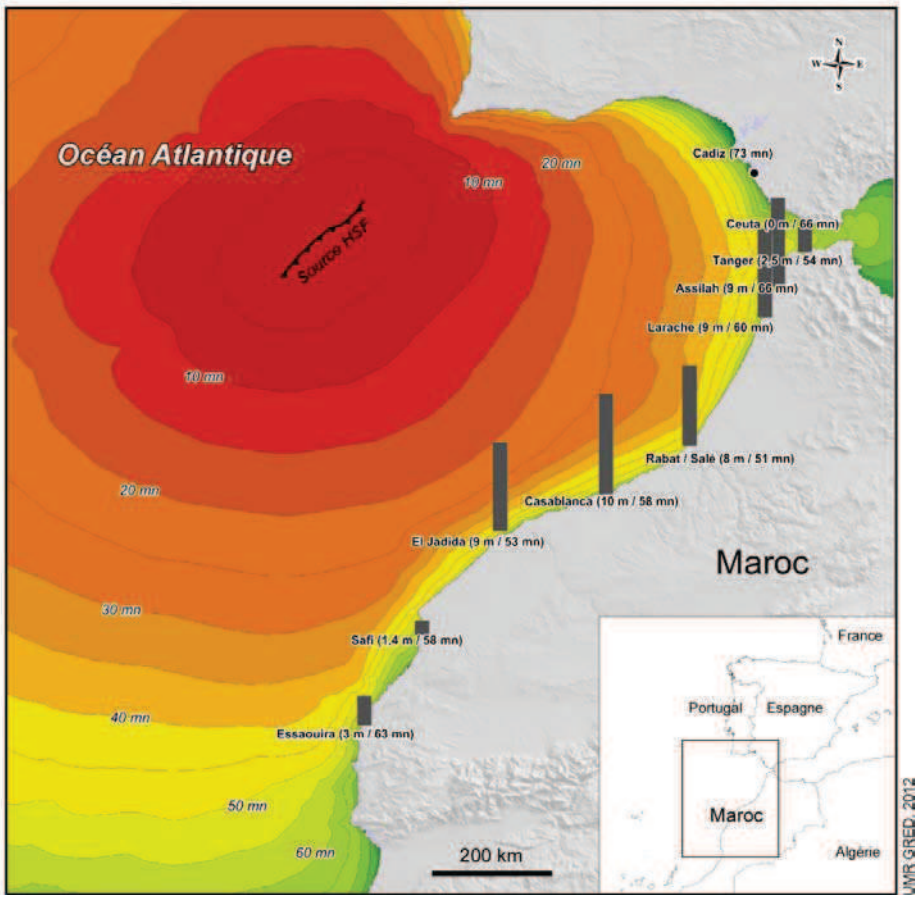
3. المحاكاة الرقمية لتسونامي لشبونة 1755

أجريت عمليات المحاكاة الرقمية باستعمال برنامج COMCOT-Lx . حيث يسمح هذا الأخير بنمذجة نشأة التسونامي نتيجة زلزال، انتشار موجاته في أعالي البحار والفيضانات المترتبة عنه. ولقد اخترنا تسونامي الفاتح نوفمبر سنة 1755 كحدث مرجع تبنى عليه دراستنا وفق مقاربة حتمية. المصدر الزلزالي لهذا التسونامي لازال يشكل موضوع نقاش . وقد تم اختيار المصدر المقترح من طرف الكاتب غارسيا سنة 2003 ويتعلق الأمر بفالق حدوة الحصان(HSF) بخليج قادس.

النمذجة الرقمية لتسونامي 1755 من هذا المصدر(HSF) أسفرت عن تقسيمين اثنين للفيضانات البحرية :

3.2. التقسيم الإقليمي

التقسيم الإقليمي يشمل جميع مناطق الساحل الأطلسي المغربي محور دراستنا بالاعتماد على MNT SRTM (90m).



الشكل 3. زمن سفر الموجة (TTT بالثانية) و ارتفاع الأقصى للموجة بالشاطئ (MWH بالمتر) الناتج عن محاكاة تسونامي 1755 انطلاقا من المصدر HSF.

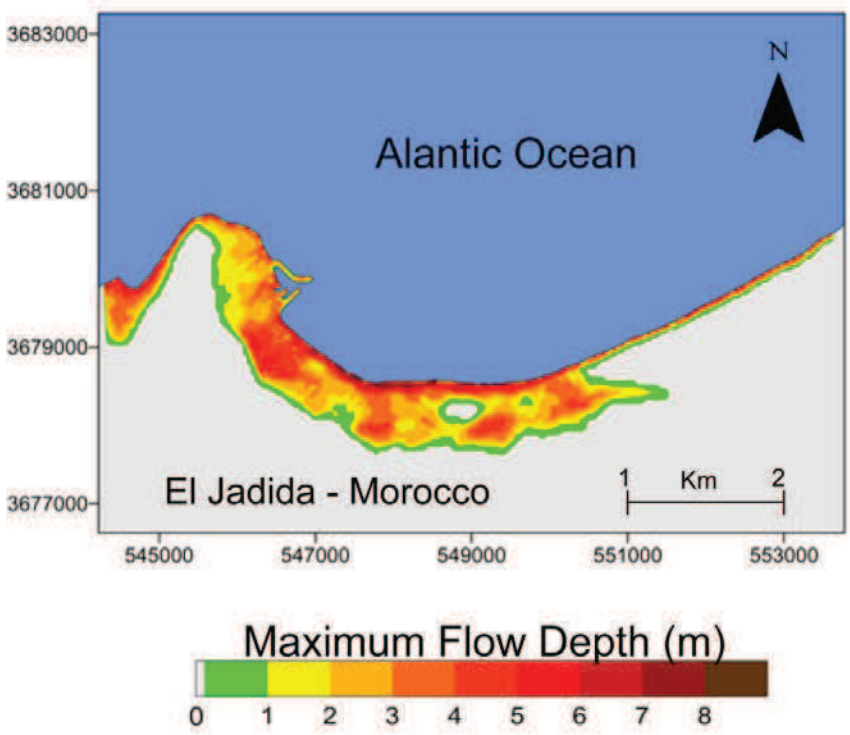
هذا التقسيم الإقليمي المبين في الشكل يعطي أزمنة وصول الموجة متراوحة ما بين 51 دقيقة للرباط و66 دقيقة لسبتة. بحسب نتائج النمذجة الرقمية دائما، فميناء الدار البيضاء ستصله موجة التسونامي في الدقيقة 58 بعد حدوث الزلزال.

أما أكبر مسافات الغمر فقد سجلت في مصبات الأنهار و البحيرات الرئيسية. حيث بلغت6 كيلومترات تقريبا في بحيرة مولاي بوسلهام بالشمال.

مستويات المياه هي أيضا مختلفة من منطقة إلى أخرى. 14.4 مترا قرب شارع الكورنيش بأنفا. والمدن الأكثر عرضة للخطر هي الدار البيضاء والجديدة وأصيلا و الرباط / سلا.

3.3. التقسيم المحلي

التقسيم المحلي تم بالاعتماد على MNT 27m و MNE 1m لسنة 2010 وأخر لسنة 1755، وذلك بدمج المباني والشوارع وهياكل حماية الميناء (الأرصفة، الأسوار البحرية...).



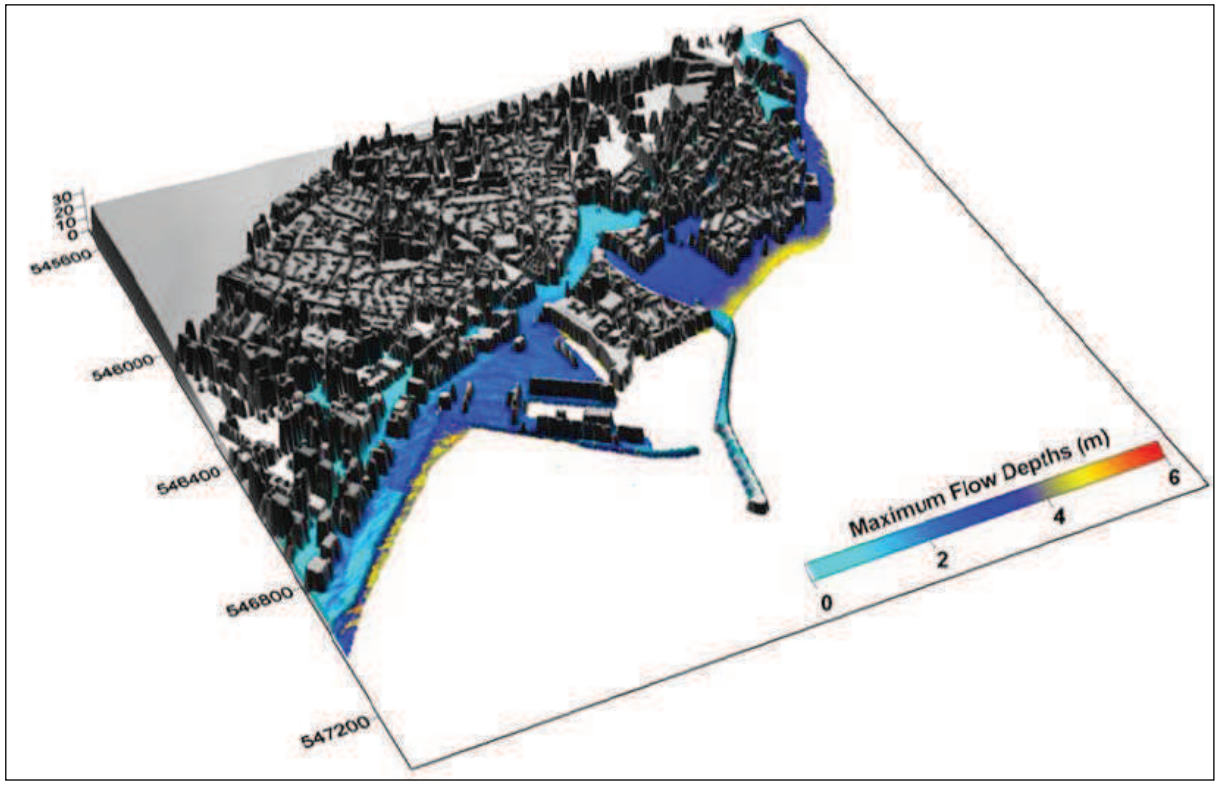
الشكل 4. نموذج غمر مدينة الجديدة بمياه تسونامي شبيه بالذي حدث سنة 1755، سيناريو HSF

تعطينا وقت وصول من الموجة الأولى من 53 دقيقة من مدينة الجديدة

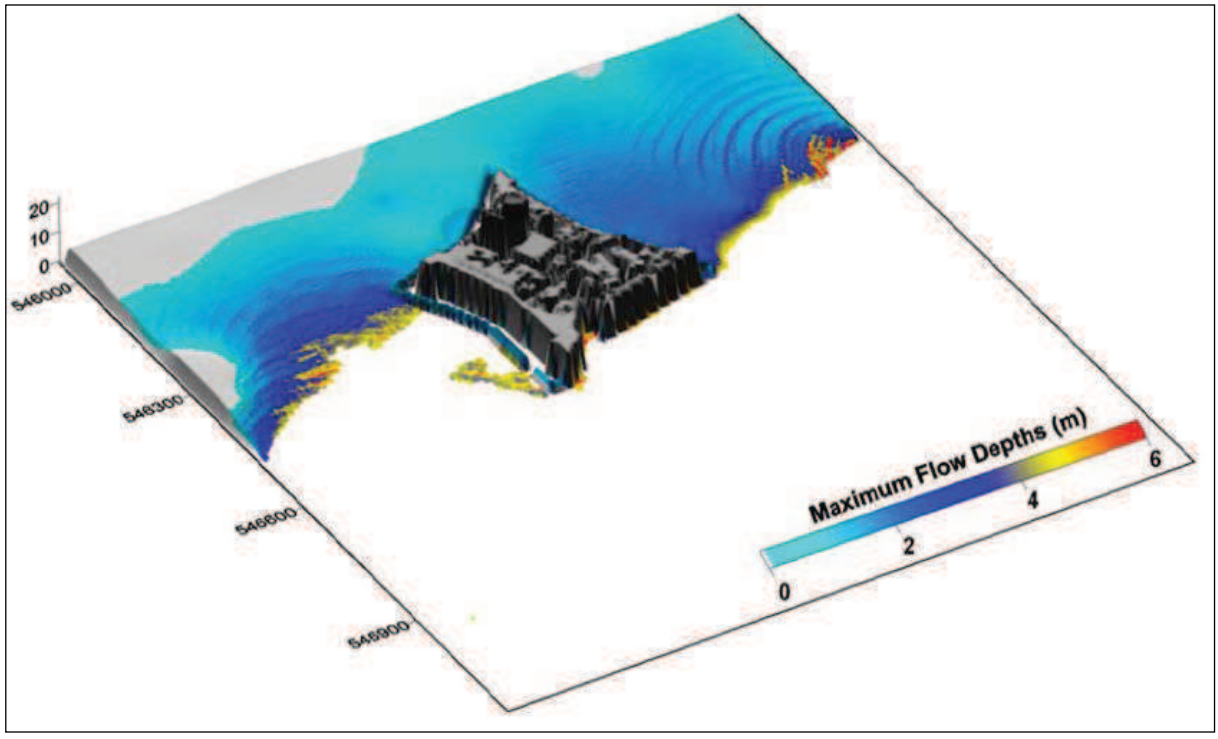
بالإضافة إلى تقسيم المناطق من الأراضي للفيضانات، والمحاكاة تنتج معلمتين حاسمة لفهم عملية تلف على الناس والبنية التحتية: سرعة وعمق الفيضانات. الجديدة، التدرج السرعة من 0 إلى 10 متر / ثانية، بينما مستوى المياه ما بين 0 و 9 م. هذه القيم هي قريبة من بعض الروايات التاريخية للتسونامي 1755 على مدينة مازاغان (الجديدة).

tel-00826963, version 1 - 31 May 2013

tel-00826963, version 1 - 31 May 2013



الشكل5. نمذجة دقيقة لمستوى المياه القصوى بمدينة الجديدة 2010



الشكل 6. نمذجة دقيقة لمستوى المياه القصوى بمدينة مازاغان 1755

tel-00826963, version 1 - 31 May 2013

4. تقييم تعرض المناطق الساحلية الأطلسية المغربية لخطر التسونامي

للقيام بهذه الدراسة قمنا بتطوير منهجية لقياس تعرض الساحل الأطلسي المغربي لخطر التسونامي، تعتمد على خرائط معايير ظاهرة التسونامي التي حصلنا عليها من خلال النمذجة الرقمية لتسونامي شبيه لذلك الذي حدث سنة 1755 ومعطيات إقليمية حول استغلال المجال لم يتم توظيفها من قبل. نخلص إلى مجموعة من المؤشرات الجغرافية تم حسابها بالنسبة للجماعات الساحلية و بالنسبة لوحدات جغرافية مساحة كل منها 25 كم^2، والتعبير عنها بكم^2 و%، الشيء الذي سيمكننا لأول مرة من تحليل مقارن لهذا الخطر عبر المغرب.

تم بناء هذه المؤشرات بالاعتماد على مجموعة من المعطيات الرقمية حول أهم الرهانات البشرية و الاقتصادية الإقليمية الرئيسية والتي تم استنباطها من مصدرين أساسيين وهما:

- قاعدة البيانات MEDGEOBASE حول استخدام الأراضي في المناطق الساحلية التي أنجزها المرصد الوطني للبيئة بالمغرب سنة 1997.
- و قاعدة البيانات العالمية Landscan, 2008 التي من خلالها استخرجنا ساكنة المناطق الساحلية الأطلسية المغربية (http://www.ornl.gov/sci/landscan).

هذه المعطيات هي بالمجان وقد تم التحقق من صحتها ودقتها من طرف منتجيها. ولقد استعملت من اجل تعزيز بيانات منظومة معلوماتنا الجغرافية SIG.

النتائج

اخترنا هنا النتائج المحصل عليها بالنسبة لثلاثة من الرهانات الرئيسية المعرضة و يتعلق الأمر بالسكان، المناطق الحضرية والمناطق الصناعية، لتحليل التباين المكاني لتعرض المناطق الساحلية الأطلسية لخطر التسونامي (الشكل 7 و 8 و 9)

على مستوى جميع الجماعات الساحلية التي شملتها الدراسة، هناك ما يقرب من 700 434 1 شخص معرض لموجة التسونامي، من بين هؤلاء 000 200 شخص معرضون لأمواج علوها ما بين 8 و 9 أمتار. هؤلاء الأشخاص المعرضون يتمركزون بصفة خاصة في مدينة الدار البيضاء حيث ذكرت خمس من جماعاتها الساحلية في TOP 10 هذا المؤشر. القيمة النسبية (٪ من السكان الطائفية)،الجماعات الأكثر تعرضا لخطر التسونامي متفرقة، ولكن معظمها ينتمي إلى المحور الرابط بين الرباط و الجديدة، باستثناء أصيلة وبوخالف بالشمال.

المناطق الحضرية تعكس تعرض الإنسان مع تمركزها هي الأخرى على نفس المحور الساحل الأطلسي.

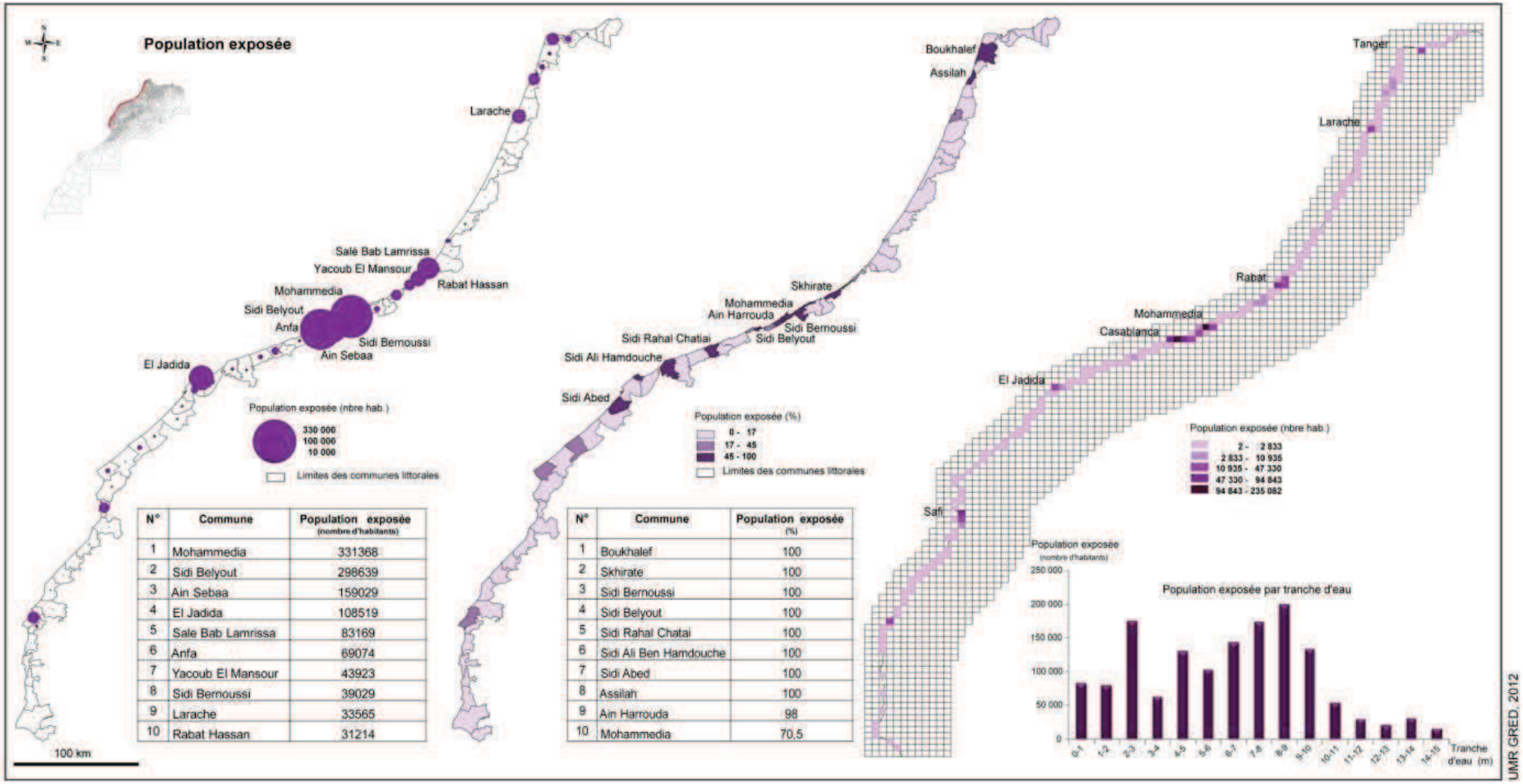
هذا هو عين السبع بلدة التي لديها أعلى معدل للتعرض النسبية في المناطق الحضرية (70.7٪). يختلف هذا الحكم أفضل على الشبكة الخريطة. درس في الكلية، ما يقرب من 46،21 كلم ² من المناطق الحضرية التي تتعرض على الجزء الساحلي. لا يدخر المناطق الصناعية والحاضر جدا على ساحل المحيط الأطلسي المغربي، (6.13 كم ² التعرض). المواقع الأكثر تعرضا أيضا في الدار البيضاء، تليها أسفي والجديدة في الجنوب و جماعة بوخالف بالشمال.

في اتصال مع هذه المواقع، وهدد كل البنى التحتية الميناء على الرغم من الدفاعات الساحلية الحالية التي تظل أقل من الأسوار البحرية ارتفاع الأمواج على غرار.

وفي الختام، وهذا هو محور الحضرية منتصف الأطلسي التي لديها أعلى من التعرض الإقليمية المطلقة. ويرتبط هذا منطقيا نظرا لتمركز الرهانات الكبرى الحالية ولكن أيضا حد قوية المكاني للفيضانات التي يمكن أن تبلغ محليا أكثر من 2 كم. جماعتا المحمدية وعين السبع الأكثر ورودا في TOP 10 المؤشرات التسعة التي تم انجازها.

tel-00826963, version 1 - 31 May 2013

tel-00826963, version 1 - 31 May 2013

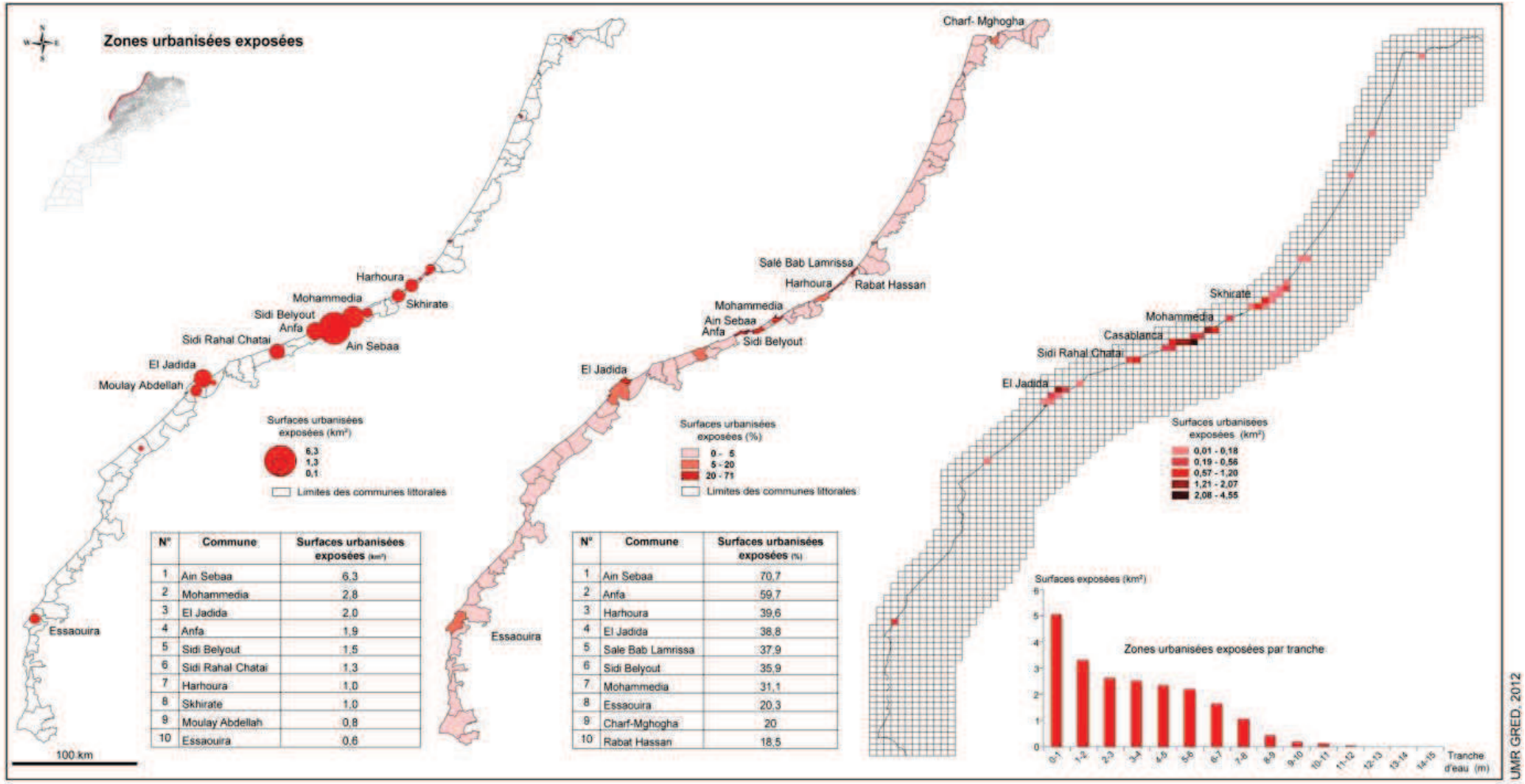


N°	Commune	Population exposée (nombre d'habitants)
1	Mohammedia	331368
2	Sidi Belyout	298639
3	Ain Sebaa	159029
4	El Jadida	108519
5	Sale Bab Lamrissa	83169
6	Anfa	69074
7	Yacoub El Mansour	43923
8	Sidi Bernoussi	39029
9	Larache	33565
10	Rabat Hassan	31214

N°	Commune	Population exposée (%)
1	Boukhalef	100
2	Skhirate	100
3	Sidi Bernoussi	100
4	Sidi Belyout	100
5	Sidi Rahal Chatai	100
6	Sidi Ali Ben Hamdouche	100
7	Sidi Abed	100
8	Assilah	100
9	Ain Harrouda	98
10	Mohammedia	70,5

الشكل7. مؤشرات تعرض الأشخاص لفيضانات ناجمة عن تسونامي شبيه بالذي حدث سنة 1755، سيناريو HSF

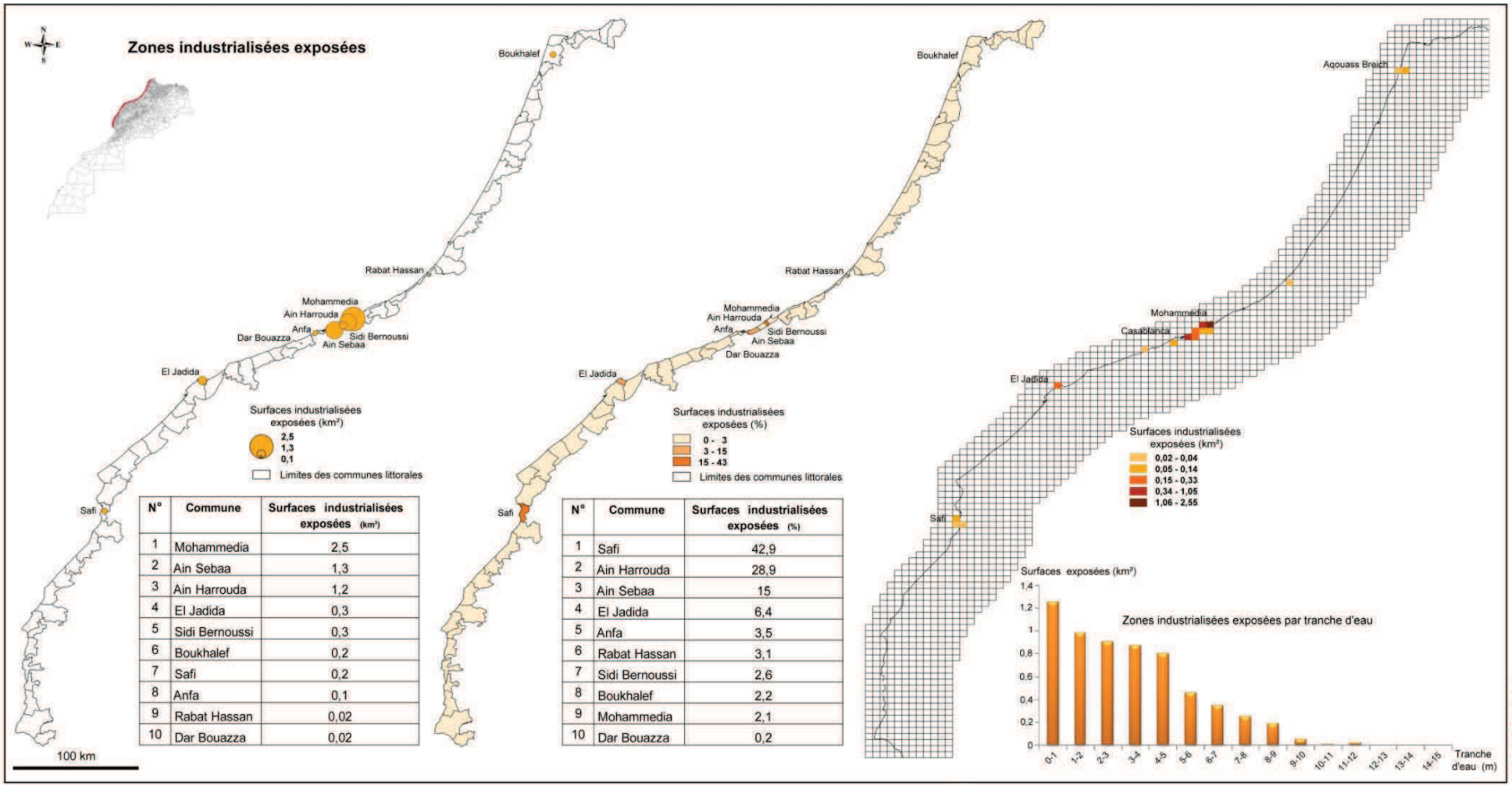
tel-00826963, version 1 - 31 May 2013



N°	Commune	Surfaces urbanisées exposées (km²)
1	Ain Sebaa	6,3
2	Mohammedia	2,8
3	El Jadida	2,0
4	Anfa	1,9
5	Sidi Belyout	1,5
6	Sidi Rahal Chatai	1,3
7	Harhoura	1,0
8	Skhirate	1,0
9	Moulay Abdellah	0,8
10	Essaouira	0,6

N°	Commune	Surfaces urbanisées exposées (%)
1	Ain Sebaa	70,7
2	Anfa	59,7
3	Harhoura	39,6
4	El Jadida	38,8
5	Sale Bab Lamrissa	37,9
6	Sidi Belyout	35,9
7	Mohammedia	31,1
8	Essaouira	20,3
9	Charf-Mghogha	20
10	Rabat Hassan	18,5

الشكل8. مؤشرات تعرض المناطق الحضرية لفيضانات ناجمة عن تسونامي شبيه بالذي حدث سنة 1755، سيناريو HSF



الشكل 9. مؤشرات تعرض المناطق الحضرية لفيضانات ناجمة عن تسونامي شبيه بالذي حدث سنة 1755، سيناريو HSF

5. تقييم الخسائر البشرية في حال تعرض مدينة الجديدة لموجات تسونامي

في هذا الجزء من دراستنا سنقوم بتقييم هشاشة ساكنة مدينة الجديدة في حال تعرض هذه الاخيرة لتسونامي من حجم 1755.

المرحلة الأولى من العمل تتعلق بالتشخيص الميداني هذا المجال ومعرفة المزيد من معايير الهشاشة GIS قاعدة بيانات المباني والناس في الداخل أو خارج المباني: مقاومة البناء (5 أقسام حسب درجة الحساسية)، عدد الطوابق، وجود الفتحات الكبيرة، وكثافة الأشياء التي من المحتمل جرفها بمياه التسونامي كالسيارات المتحركة أو الواقفة.

Type de bâtiment	Isolé			Accolé	
Classes	A	B	C	D	E
Critère d'identification terrain	Auto-construit en pierre sèche ou matériaux de récupération, Construction légère de plein pied, bâti non rigide ou semi-rigide,	Auto-construction, de plein pied ou 1 étage, bâti maçonné (briques) à structure légère comportant des poteaux ≤20 x 20 cm	Structure calculée et renforcée (poteaux > 20cm), architecture sophistiquée très souvent étage	Auto-construction, de 1 à 2 étages, structure moyennement renforcée, plusieurs poteaux ≤ 20x20 cm, géométrie simple	Structure calculée et renforcée (poteaux > 20cm), géométrie simple, bâtiments de grande taille multi-étages
Vue terrain					
Exemple de bâtiments (adapté de la nomenclature du RGPH, 2004)	En périphérie : construction précaire (bidonville, douar, habitat rural périphérique), en ville : kiosques, ateliers	maison marocaine traditionnelle	villa moderne ou ancienne villa coloniale restaurée, parfois service privée (école privée, banque...)	maison marocaine traditionnelle et médina, maison marocaine moderne, anciens équipements publics, petites et anciennes mosquées	Immeuble, équipements publics, locaux de bureaux, de l'hôtellerie ou industriels récent, ancienne grande mosquée et mosquée récente

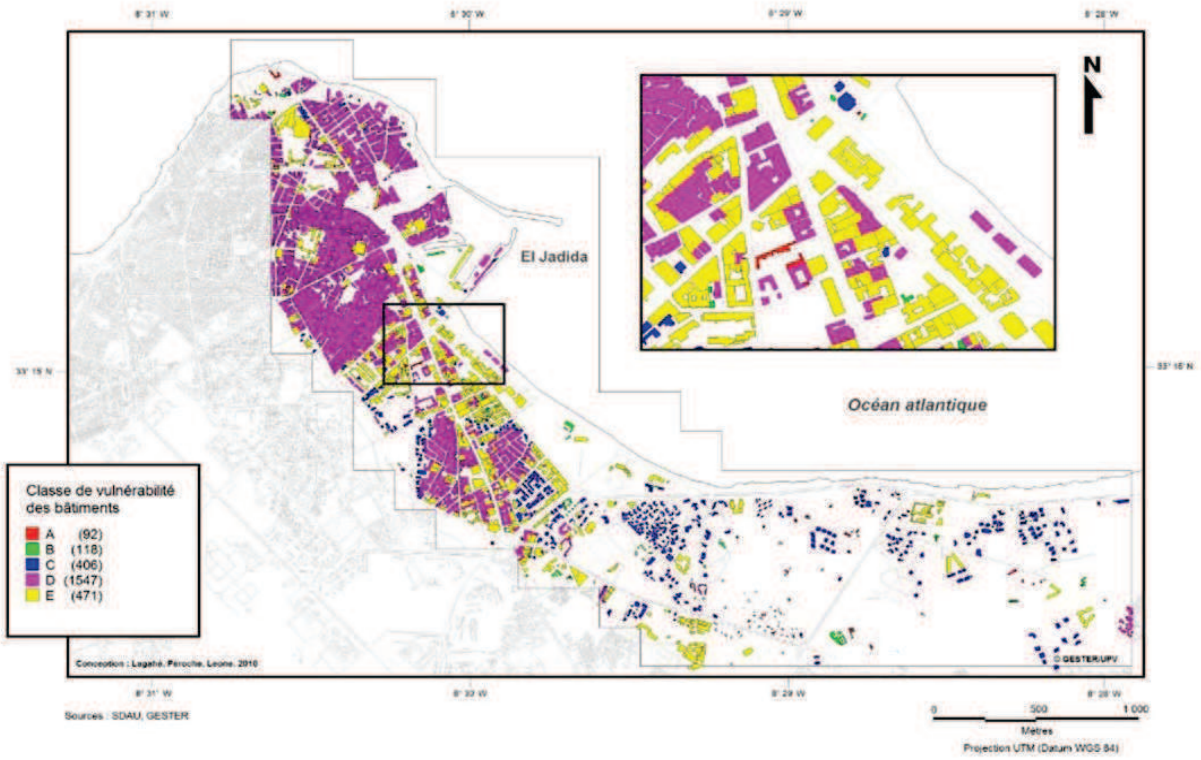
الشكل10. تنصيف بنيوي للمباني بمدينة الجديدة حسب مستوى الهشاشة

تم تحديد هذه المعايير بناء على الملاحظات الميدانية التي أجريت في إندونيسيا أثناء دراسة تسونامي 2004، دراسات أخرى وعدة أشرطة فيديو تظهر تأثير تسونميات حديثة. إجمالا تم تشخيص 2634 مبنى و 688 فضاءا خارجيا على مساحة 6 كم ² التي تشكل منطقة دراستنا المحتمل غمرها بالمياه.

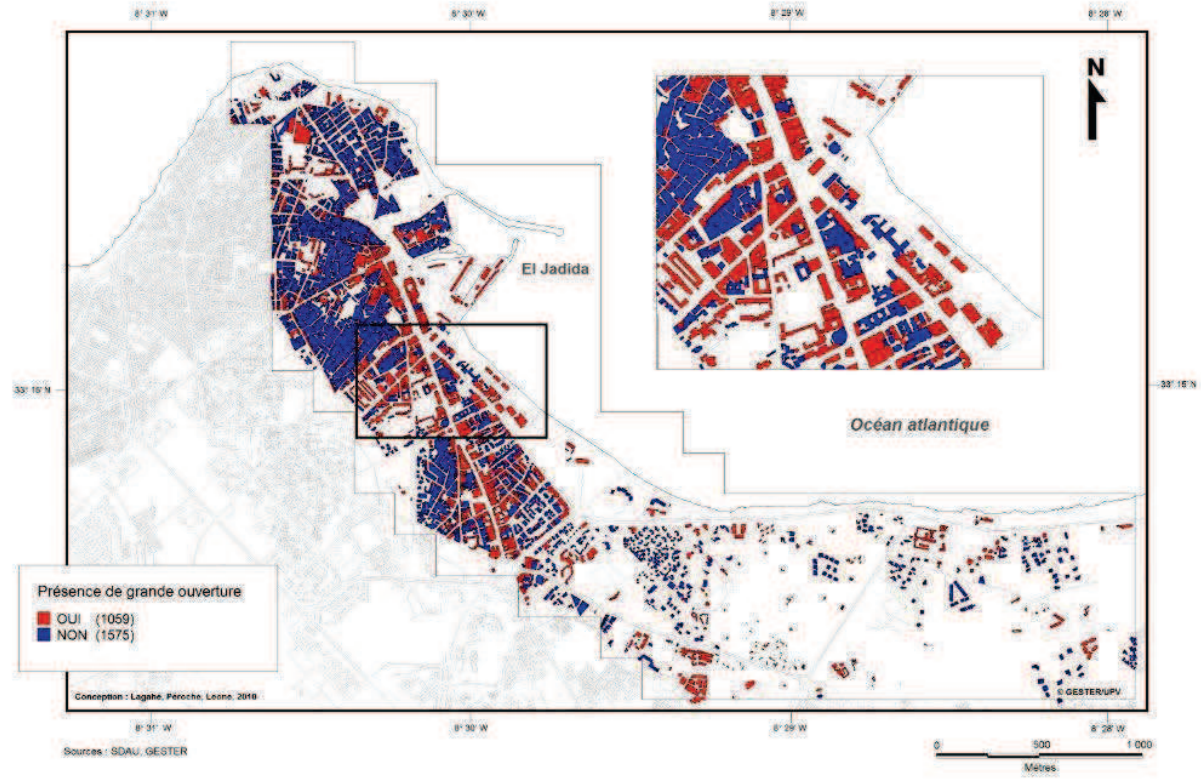
دعامة هذا التشخيص المدمجة في نظام المعلومات الجغرافية SIG صورة القمر الصناعي التقطت في 15 يوليوز 2009 وقاعدة بيانات SDAU لسنة 2004 لمدينة الجديدة.

tel-00826963, version 1 - 31 May 2013

tel-00826963, version 1 - 31 May 2013

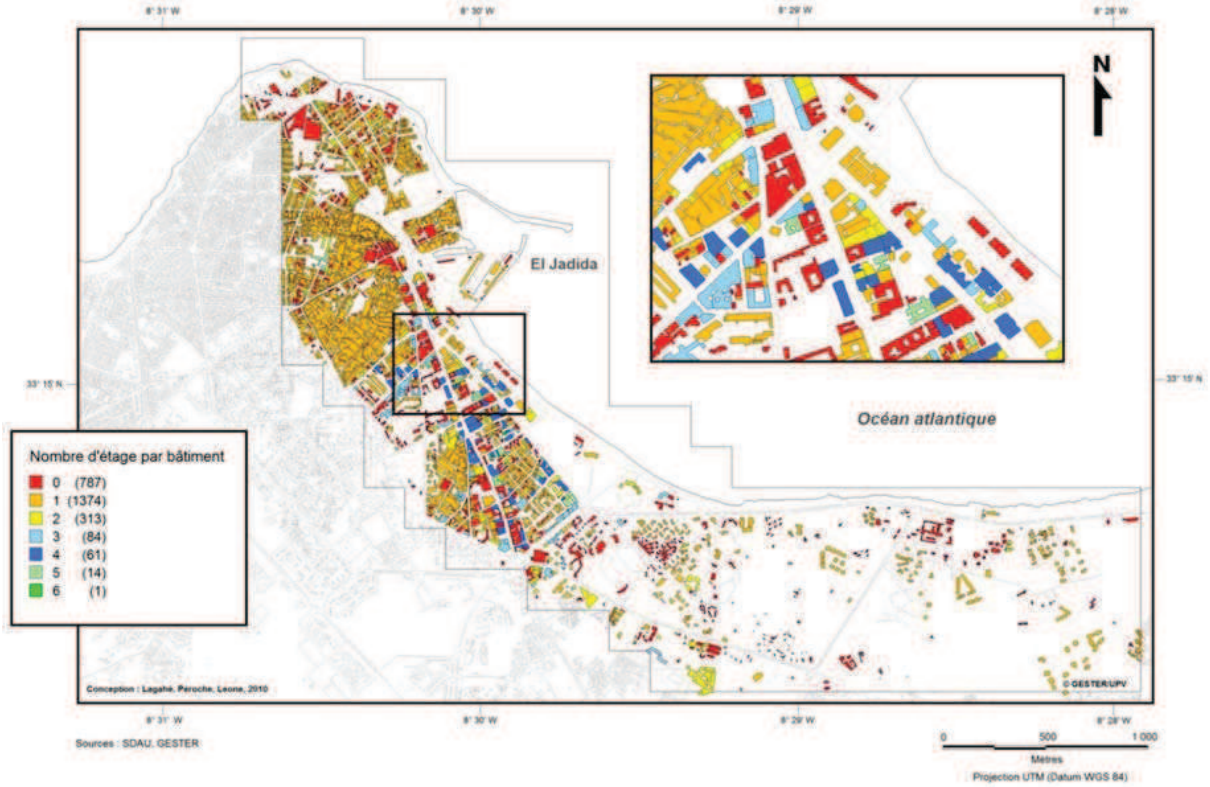


الشكل11. اقسام حساسية المباني بمدينة الجديدة

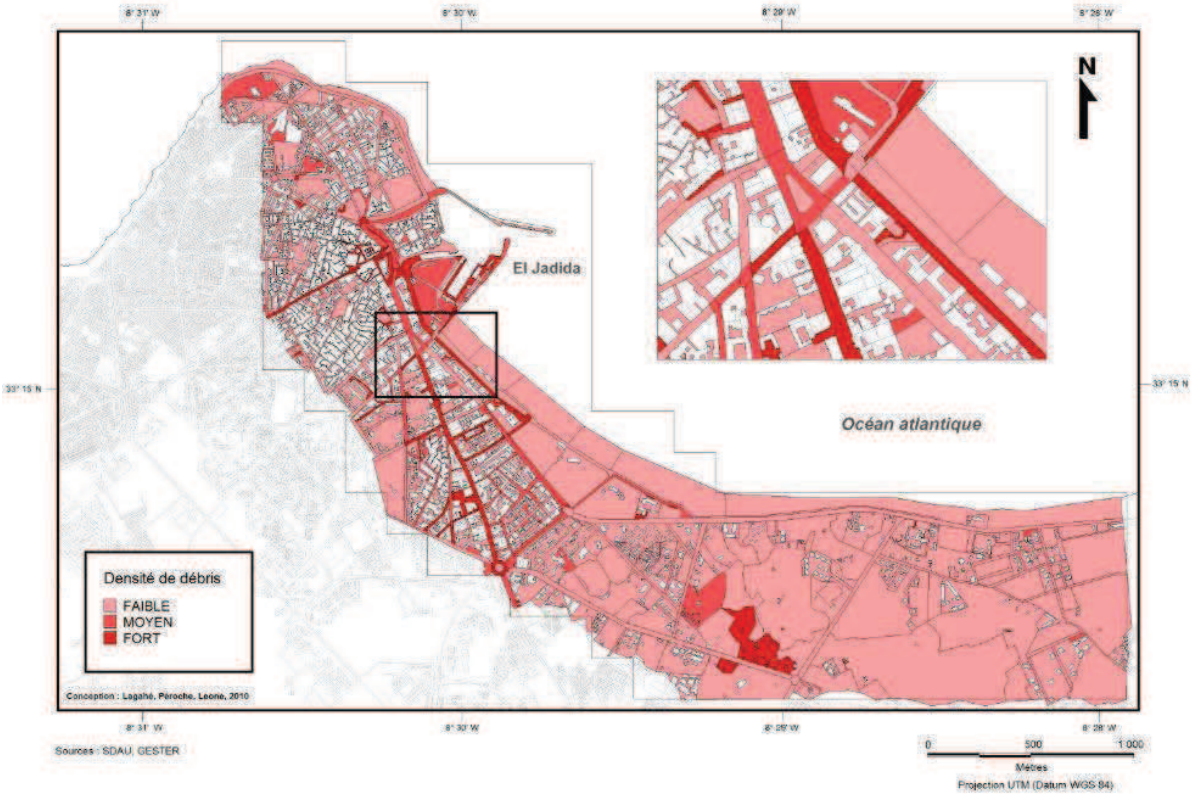


الشكل12. تحديد المباني التي تحتوي على فتحات كبيرة

tel-00826963, version 1 - 31 May 2013



الشكل13. عدد الطوابق بكل بناية



الشكل 14. كثافة الحطام العائمة

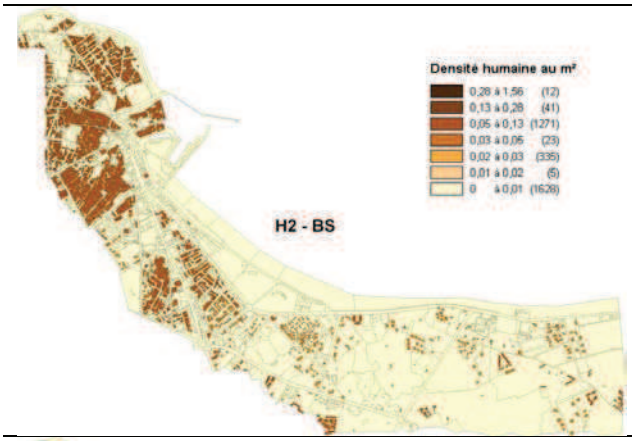
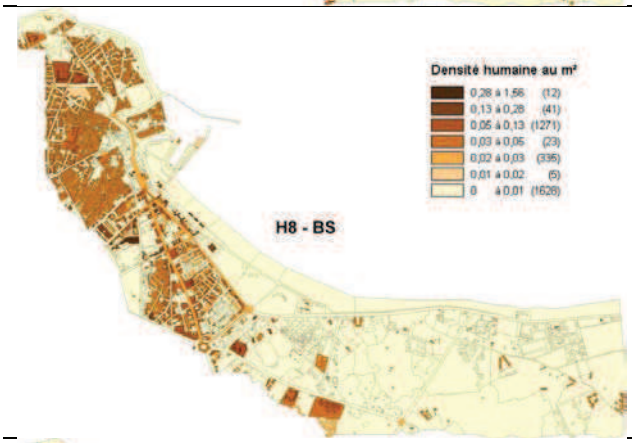
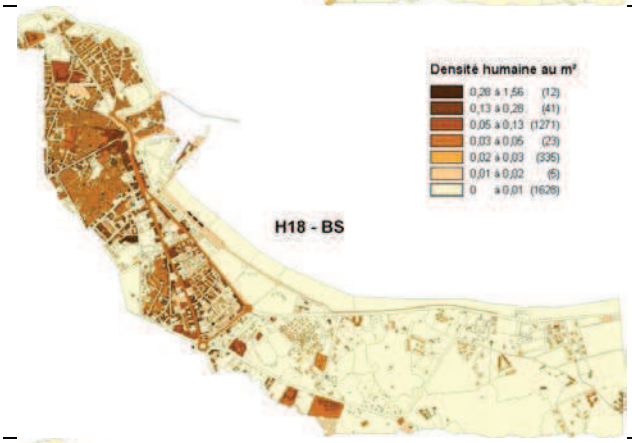
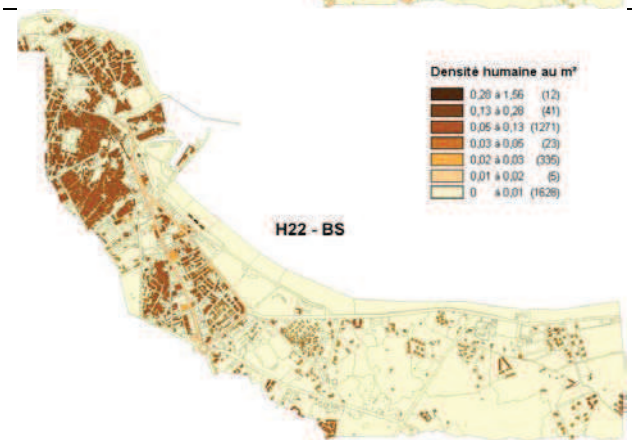
في المرحلة الثانية، تم اغناء السيناريو بتحليل للإيقاع الحضري والتنقلات المكانية والزمانية داخل المدينة. بالإضافة إلى تغذية نظام المعلومات الجغرافية بالوظائف الأساسية والثانوية لكل موقع (المباني والفضاءات الخارجية)، مع التمييز بالنسبة للمباني بين وظائف الطابق الأرضي و الطوابق العلوية. وقد تم تحديد 49 وظيفة (28 للمباني و 21 للمساحات في الهواء الطلق).

الشكل15. الوظيفة الأولى للطابق السفلي للمباني

بعد ذلك تم ربط كل وظيفة بمنحنى تواجد الإنسان بين 0 و 24 ساعة، وللموسمين السياحيين (المرتفع و المنخفض). هذه المعلومة تم الحصول عليها إما بالعد المباشر، أو عن طريق الاستقراء أو من الإحصاءات المتاحة من السلطات المحلية. وبالإضافة إلى ذلك، قدرت السعة القصوى لكل طابق الأرض أو فضاء مفتوح (بما في ذلك الشوارع) بحسب وظيفيته وموقعه. وقد مكنت هذه البيانات الديموغرافية من تطوير نموذج للتواجد، أفضى بدوره إلى خرائط الكثافة البشرية في كل ساعة، تقدير دقيق للرهانات البشرية المعرضة لتسونامي محتمل.

tel-00826963, version 1 - 31 May 2013

tel-00826963, version 1 - 31 May 2013

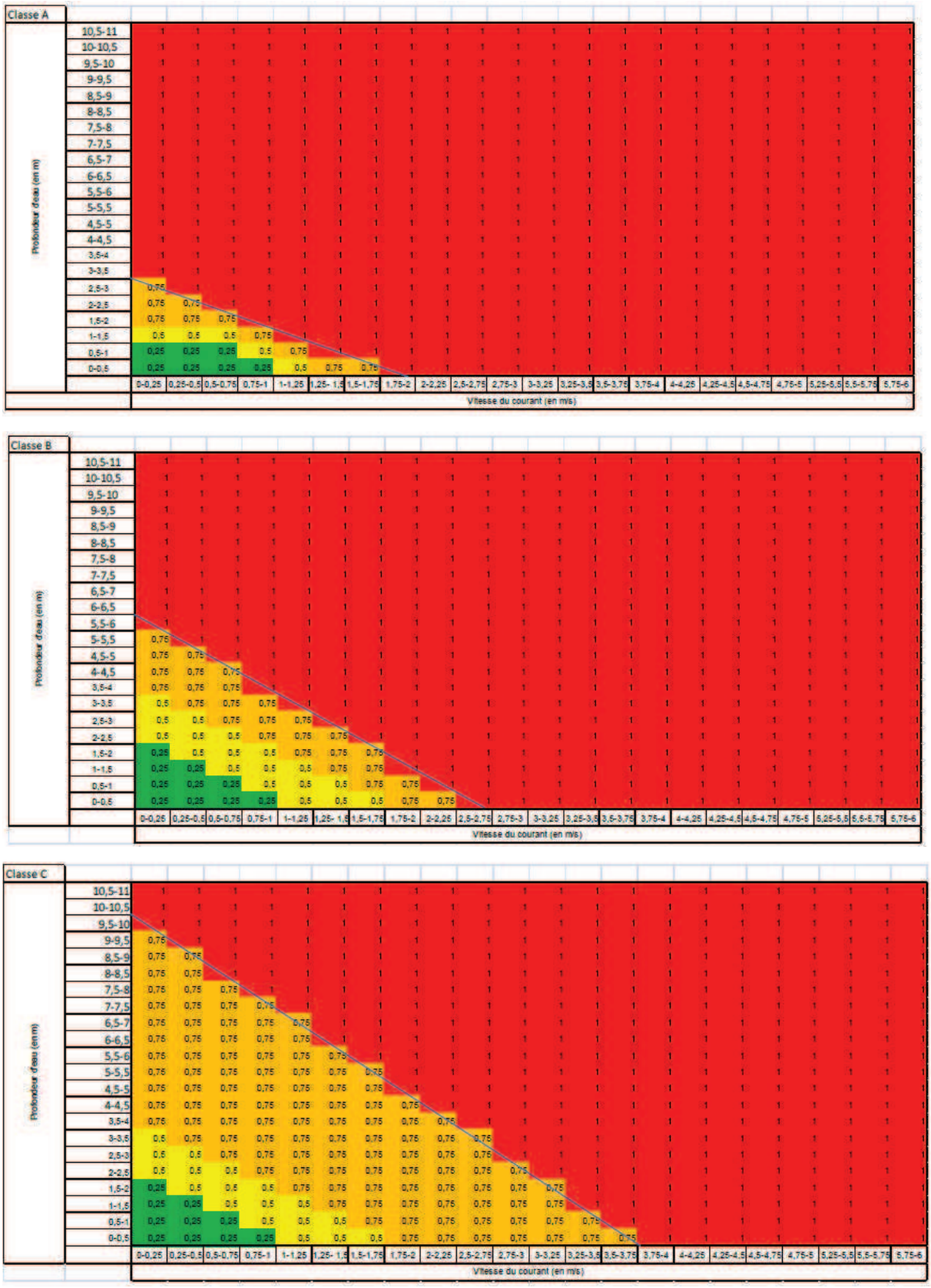
	**الساعة الثانية صباحا** **مجموع الساكنة متمركز في الأحياء السكنية. المدينة القديمة، الحي البرتغالي وأيضا الحي الشعبي بشمال المدينة تتميز بكثافة سكانية مرتفعة.** **معظم الفضاءات الخارجية فارغة.**
	**الساعة الثامنة صباحا** **ساعة الذهاب إلى العمل والمدارس، تفتح فيها الادارات، المتاجر والمقاهي، حيث نلاحظ أن بعض المساكن تقل كثافتها السكانية لصالح بعض الازقة.**
	**الساعة السادسة مساءا** **الإدارات و بعض المصالح الخاصة أغلقت منذ أكثر من ساعة. هي خروج الأطفال من المدارس. اكبر كثافة سكانية هي متمركزة في الأزقة، بالمحلات التجارية الصغيرة و بالسوق.**
	**الساعة العاشرة ليلا** **السكان هم بمنازلهم.** **في وسط الأسبوع، الأزقة وفضاءات الاستجمام تكون شبه خالية في هذا الوقت.** **وحدها الأزقة الرئيسية تعرف بعض الأنشطة. أيضا اغلب المقاهي تغلق حوالي العاشرة و النصف.**

الشكل16. مقارنة الكثافة السكانية للطابق السفلي للمباني خلال أربعة فترات مختلفة من اليوم ابان الفصل المنخفض.

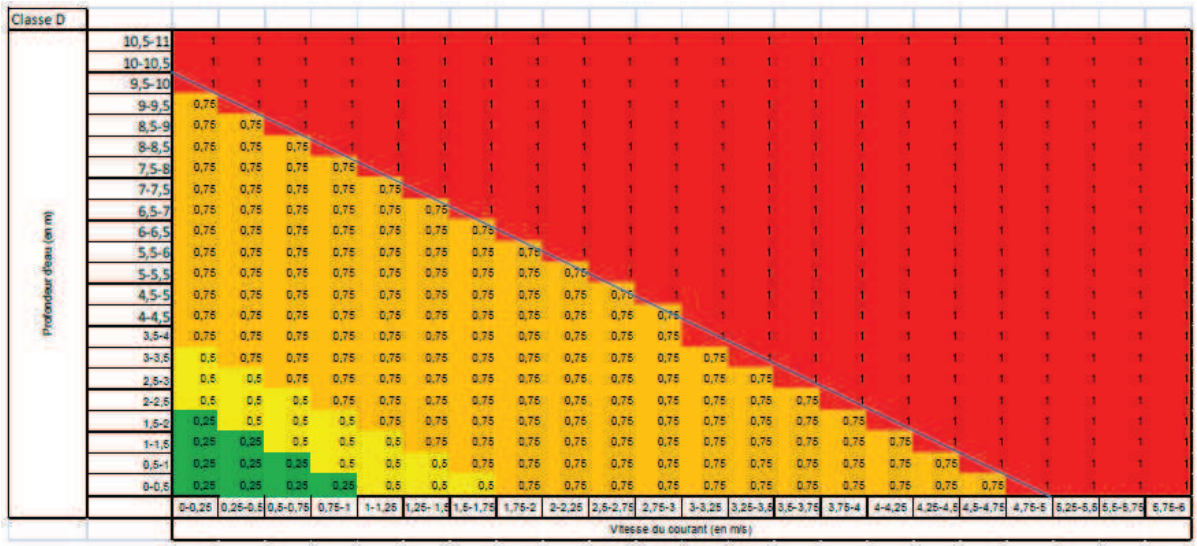
المرحلة الثالثة من الدراسة تحقق الأهداف المسطرة : تقييم وقياس خطر فقدان الأرواح البشرية في حالة وقوع كارثة تسونامي بمدينة الجديدة، بواسطة مؤشرات المخاطر (مؤشرات جغرافية). وتستمد هذه المؤشرات من مصفوفات احتمال الوفاة المبنية على البيانات الخاصة بسرعة وعمق غمر المدمجة مع الكثافة البشرية في كل ساعة. وتم تكييف كل مصفوفة مع بيئة الأشخاص من خلال دمج عوامل الضعف الخارجية (مثل هشاشة المبنى، وكثافة الحطام العائمة، الخ.) ... النتائج تمكن من تصور مستوى الخطر بالنسبة للبشر، وتغيراته المكانية والزمانية داخل مدينة سياحية.

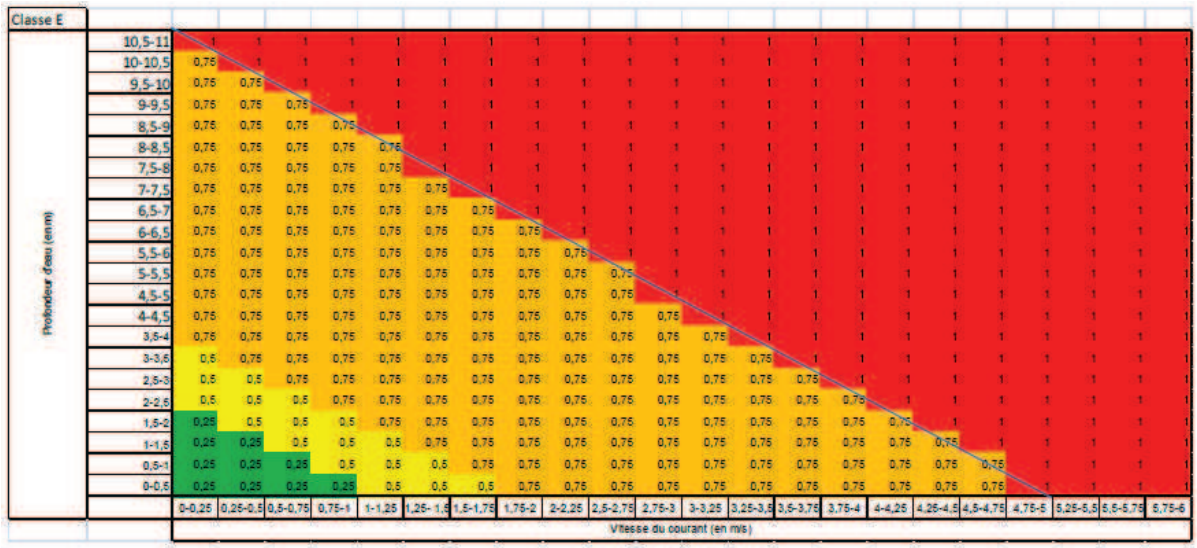
tel-00826963, version 1 - 31 May 2013

الجدول 1. مصفوفات احتمال الوفاة بالنسبة للأشخاص المتواجدين داخل المباني



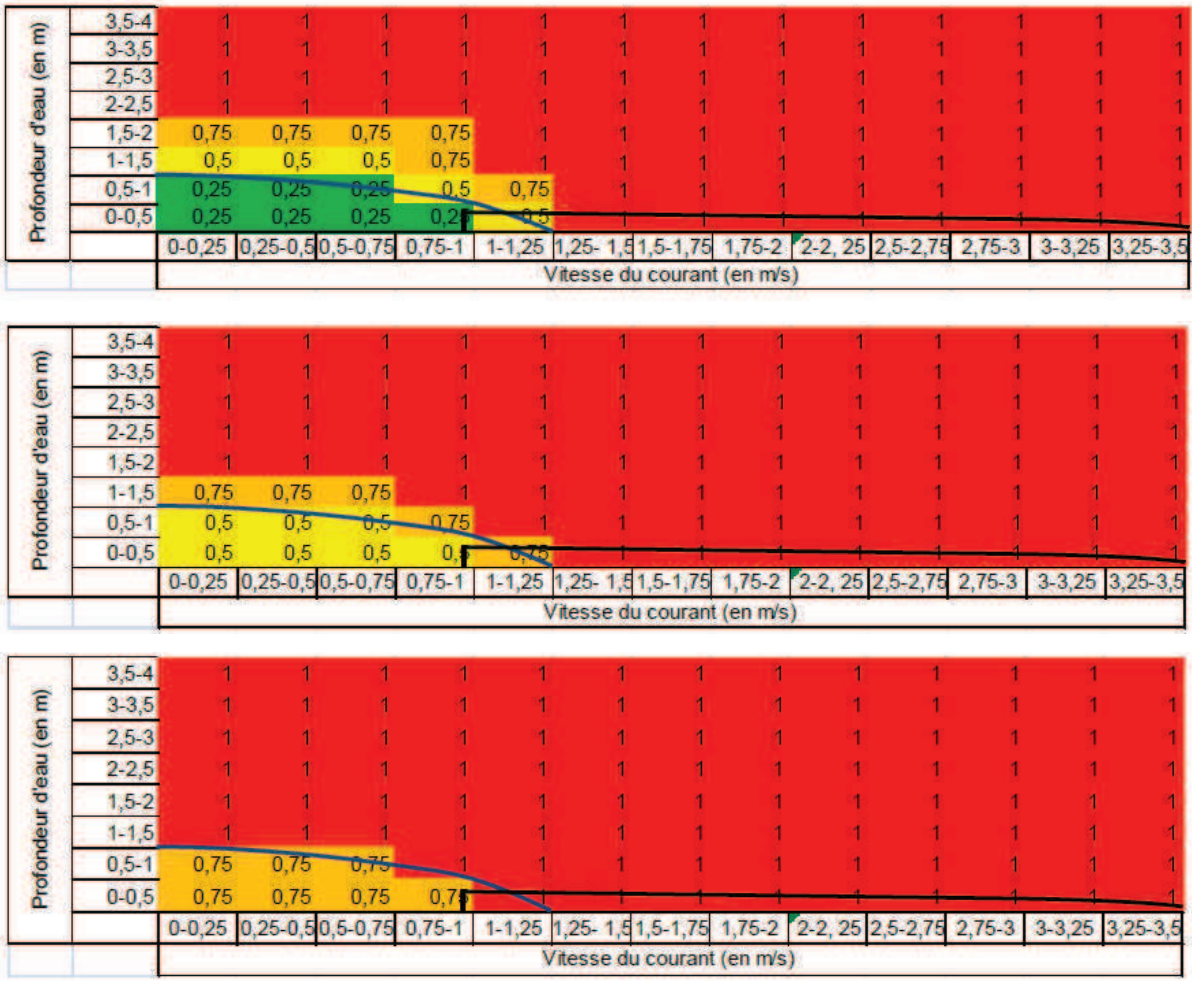
tel-00826963, version 1 - 31 May 2013





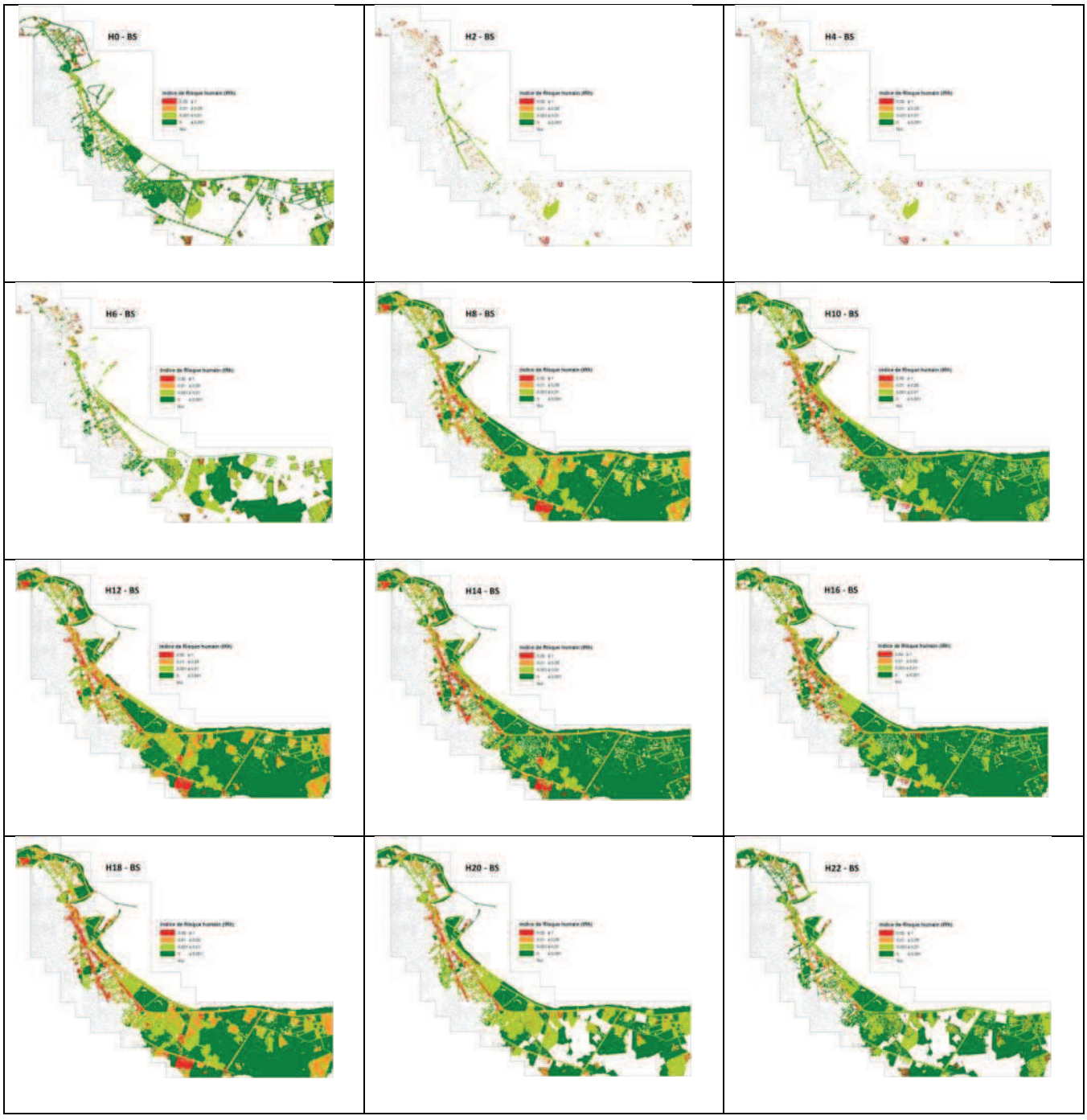
tel-00826963, version 1 - 31 May 2013

الجدول 2. مصفوفات احتمال الوفاة بالنسبة للأشخاص المتواجدين خارج المباني

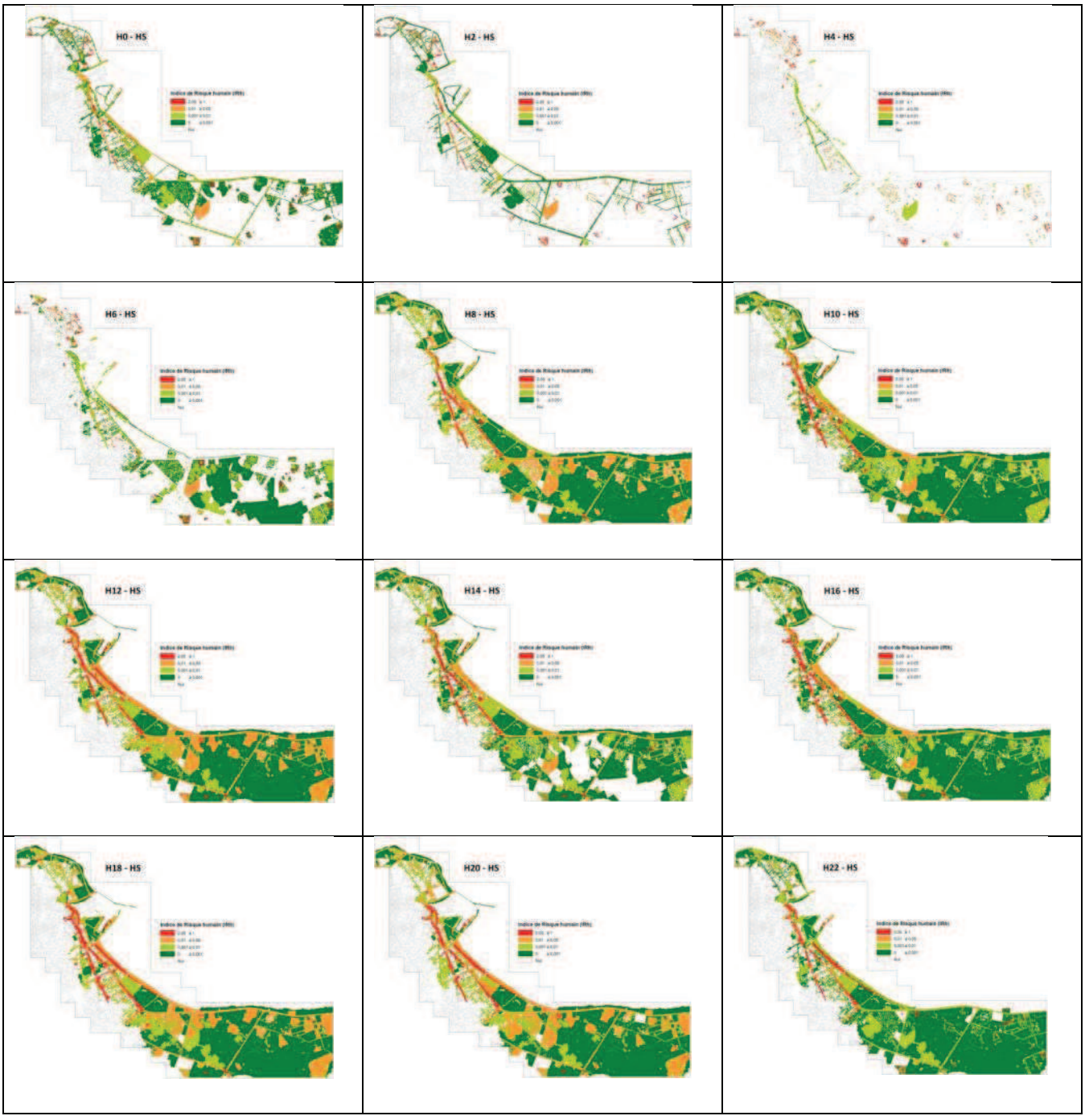


tel-00826963, version 1 - 31 May 2013

tel-00826963, version 1 - 31 May 2013



الشكل 17. مؤشر خطر فقدان الأرواح البشرية (لكل ساعتين وللموسم المنخفض)



الشكل 17. مؤشر خطر فقدان الأرواح البشرية (لكل ساعتين وللموسم المرتفع)

tel-00826963, version 1 - 31 May 2013

tel-00826963, version 1 - 31 May 2013

6. خلاصات وتوصيات الأطروحة

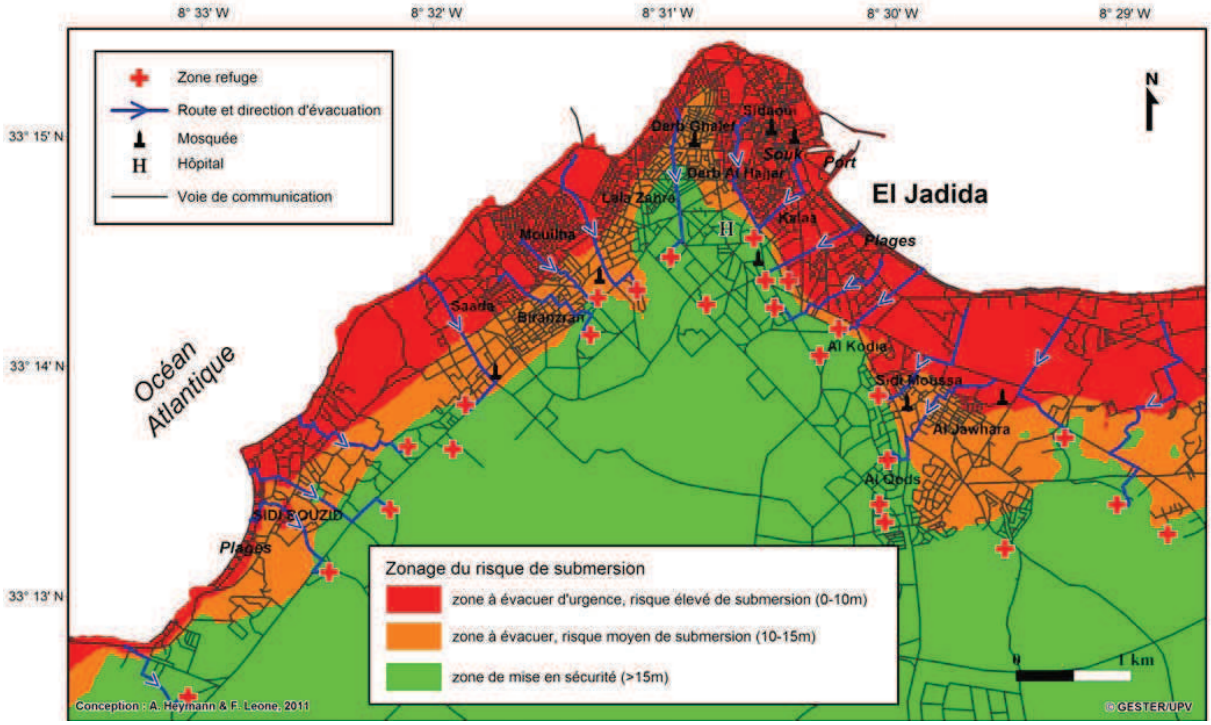
الأعمال المقدمة في هذه الأطروحة تدخل في إطار مقاربة متكاملة لتقييم خطر التسونامي على ساحل المحيط الأطلسي المغربي، حيث تشمل: دراسة تاريخ التسونامي بالمغرب، البحث على الأدلة الطبيعية في الميدان، النمذجة الرقمية لسيناريو مرجعي واقتراح منهجية لتقييم أخطار التسونامي وتطبيقها محليا لغاية التحسيس و الإخبار. الدراسة التاريخية تشير إلى أن الخطر تسونامي محتمل بالساحل الأطلسي المغربي. بيد أن الوثائق القليلة المتوفرة وعدم وجود أدلة طبيعية متبثة لا يمكن من تقييم المخاطر.

النمذجة الرقمية لتسونامي شبيه بالذي حدث سنة 1755 ، تشكل أولى ثمرات هذا العمل.

فقد مكنت نتائجها من تقييم خطرالتسونامي على الساحل الأطلسي للمغرب، من خلال دمجها مع بعض قواعد البيانات حول الرهانات الرئيسية، لإنتاج أول مجموعة من المؤشرات،التي تسمح بقراءة جغرافية وكمية مفيدة لتحسيس السلطات المحلية بمخاطر هذه الظاهرة على بلد في أوج ازدهاره العمراني وخصوصا بالسواحل.
هذه المؤشرات يمكن تطويرها و تحديثها بشكل دوري من خلال تحديث قواعد البيانات الموجودة حول استغلال الساحل، لكي تكون أداة، من بين أخرى، لمراقبة التسيير المندمج للمناطق الساحلية كما هو الشأن بفرنسا في فرنسا بمبادرة من مرصد الساحل.

أما محليا فنتائج هذه النمذجة مكنت من تقييم خطر فقدان الأرواح البشرية بمدينة بالجديدة في حال تعرضها لتسونامي كبير. هذا النموذج الجديد هو الأول من نوعه حيث تم الأخذ بعين الاعتبار التنقلات المكانية والزمانية للأشخاص بانجاز خرائط تحديد الكثافة في كل ساعة و خلال موسمين (المرتفع و المنخفض). المعالجة المكانية للبيانات (المباني والأماكن العامة) مكنت من انجاز مؤشرات الخطر تم تجميعها في نطاقات مكانية مختلفة. هذه المقاربة بواسطة سيناريو تمكن دمج العناصر المتعددة المكونة للخطر وتفضي إلى خرائط مفيدة للتحسيس بالمخاطر، والشروع في نهج وقائي مع السلطات المحلية.
هذا النموذج تم إتمامه بأخر لوقت ومسالك الهروب إلى مناطق الإيواء المتعددة في المدينة. هذا العمل سوف يساهم في التخطيط لإدارة الأزمات المحلية، المرحلة الأخيرة من نظام الإنذار الإقليمي في حالة التسونامي.
هذا النظام الإقليمي للإنذار NEAMTWS (نظام الإنذار بتسونامي في شمال شرق المحيط الأطلسي والبحر الأبيض المتوسط) في طور الانجاز كما أوصت بذالك اليونسكو سنة 2005. غير أن المغرب لا يبدو منخرطا بشكل فعال في فريق التنسيق الدولي NEAMTWS (ICG). مساهمته تبقى محتشمة في اجتماعات اللجنة الدولية لعلوم المحيطات (IOC) التابعة لليونسكو لا يظهر رغبة حقيقية في المشاركة في تطوير هذا النظام.
في حين أن المغرب يتوفر على نظام حديث لكشف الزلزال بسرعة. إضافة إلى مشاركته سنة 2005، بجانب البرتغال، في إنشاء جهاز رصد التسونامي (tsunamimètre) التي تم تثبيتها في غشت 2007 في خليج قادس. إلا أن عدم

وجود مقاييس كافية للمد و الجزر في هذه المنطقة لا يمكن الحصول على تقديرات دقيقة. هذا الجهاز (tsunamimètre) سيمكن من إنذار المغرب، في حال حدوث تسونامي، في غضون 15 دقيقة بعد وقوع الزلزال.
غير أن مثل الأجهزة للرصد والإنذار لا جدوى إن لم تكن مصحوبة بمخططات الوقاية و التأهب والإجلاء في حال وقوع تسونامي بالمغرب.



الشكل18. مقترح لمخطط الإخلاء في حال وقوع تسونامي بمدينة الجديدة

في نهاية هذا الدراسة نوصي بما يلي:

- إنجاز خرائط (باستخدام النمذجة الرقمية) لتقييم مخاطرالتسونامي ووضع مخططات الوقاية و الإخلاء والإغاثة لجميع المدن و الجماعات الساحلية المعرضة، مع استخدام النتائج التي تم الحصول عليها في هذه الدراسة و غيرها.

- إنشاء قاعدة بيانات مشتركة حول خطر التسونامي بالمغرب تحتوي على جميع البيانات التاريخية المتوفرة وطنيا ودوليا وجعلها في متناول الباحثين و صناع القرار في مجال المخاطر. وفي هذا السياق، يجب تشجيع ودعم البحوث حول التسونامي (العثور على أدلة طبيعية ...) وكافة المواضيع المتعلقة بها، لتحسين تدبير المخاطر.

- مراقبة تهيئة المجال أمر بالغ الأهمية: يجب تجنب تشييد منشآت سكنية، صناعية وسياحية قرب الساحل، خاصة في المناطق المنبسطة.

tel-00826963, version 1 - 31 May 2013

- يجب تطبيق المعايير الزلزالية للمباني الجديدة لتقليل الضرر الناجم عن التسونامي؛

- تعزيز شبكة أجهزة مراقبة مستوى البحر (مقاييس المد والجزر، ...) وتحسين جودة الإشارات المنبعثة من اجل الإنذار أو من اجل البحث العلمي.

- وضع برنامج تعليمي لتوعية وتدريب المواطنين، مسيري حالات الطوارئ، وصناع القرار.

- في النهاية، نظرا لخطورة هذا النوع من الظواهر، من المستحسن القيام بتمارين لتنفيذ هذه المخططات للمعنيين بإدارة الأزمات، بما في ذلك المتطوعين.

tel-00826963, version 1 - 31 May 2013