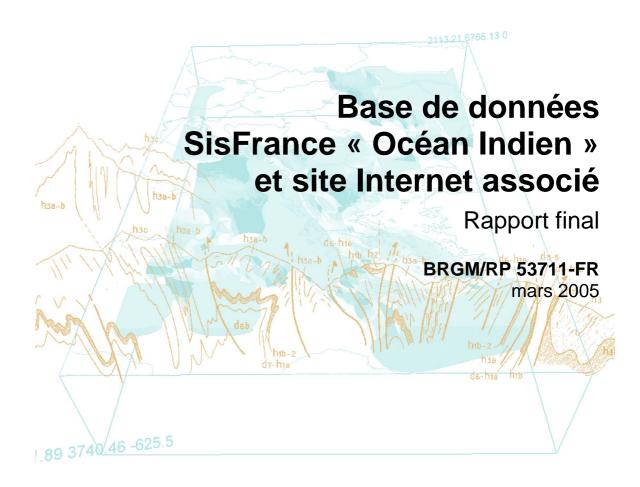


Document Public









Base de données SisFrance « Océan Indien » et site Internet associé

Rapport final

BRGM/RP 53711-FR

mars 2005

Étude réalisée dans le cadre des opérations de Service public du BRGM 2004-ARN-27

J. Lambert

Vérificateur:

Original signé par : E. FOERSTER

Approbateur:

Original signé par : Th. WINTER

Le système de management de la qualité du BRGM est certifié AFAQ ISO 9001:2000.





Mots clés : Sismicité historique, Réunion, Maurice, Mayotte, Comores, Océan Indien, Base de données.
En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :
Lambert J. (2005) – Base de données SisFrance « Océan Indien » et site Internet associé – Rapport final. BRGM/RP-53711-FR, 35 p., 29 fig.
© BRGM, 2005, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

Synthèse

À la demande de la Direction de la Prévention de la Pollution et des Risques du Ministère de l'Écologie et du Développement Durable, et avec son soutien financier, le BRGM, dans le cadre de ses activités de Service public, a réalisé la création d'une base de données informatique sur la sismicité historique de l'Océan Indien et plus particulièrement sur l'archipel des Mascareignes (îles de la Réunion et de Maurice) et sur l'archipel des Comores (Mayotte). À la suite, cette base de données a fait l'objet de la création d'un site Internet spécifique conçu sur un modèle identique aux sites dédiés à la sismicité historique de la France métropolitaine et/ou des Antilles. Ces travaux ont été réalisés dans le cadre de la convention MEDD-BRGM CV0400065, action 3.9, intitulée : BD SisFrance « Océan Indien » et site Internet associé.

Quatre phases principales décrivent les travaux entrepris :

- Le développement sous Oracle 8.1 de la base de données « SisRéunion », comprenant les programmes informatiques et les outils de gestion;
- 2. Le développement sous Mapinfo 7.0 des outils de cartographie des séismes de SisRéunion ;
- 3. Le descriptif du contenu actuel de la base de données sur les caractéristiques de la sismicité du secteur des Mascareignes et des Comores ;
- 4. Le développement et la mise en ligne sur Internet du site « SisFrance-Réunion-Océan Indien ».

Les résultats acquis après cette étude sont :

- l'implémentation d'une nouvelle base de données « SisRéunion » sur les caractéristiques macrosismiques des événements survenus aux îles de La Réunion et de Maurice (archipel des Mascareignes) d'une part, à l'île de Mayotte et à celles formant l'archipel des Comores (Anjouan, Mohéli, Grande Comore) d'autre part.
 - Le contenu actuel (février 2005) de la base recense 133 événements dont 50 'vrais' séismes, survenus en 350 ans d'histoire (1657 à 1998).
- la mise en ligne sur Internet d'un nouveau site consacré à l'histoire des séismes dans le secteur Mascareignes-Comores, accessible à l'adresse www.sisfrance.net/réunion.

Sommaire

1.	Introduction	9
2.	La base de données « SisRéunion »	11
	2.1. LES PROGRAMMES DE GESTION DES DONNÉES (ORACLE)	
	2.1.2.Table OBSIRENE	
	2.1.3.Table LOCALITÉS	13
	2.1.4.Table EPCSIRENE	13
	2.1.5.Table PAYS	
	2.1.6.Table ISOSEISTE	
	2.1.7.Table DOCUMENTS	
	2.1.8.Table BIBLIO	
	2.1.9.Table ARCHIVE	17
	2.2. L'OUTIL DE CARTOGRAPHIE DES DONNÉES (MAPINFO)	18
	2.2.1.Le cadre géographique et le système de projection	19
	2.2.2.L'architecture du logiciel de cartographie Mapinfo	19
	2.2.3.L'affichage des données macrosismiques	
	2.2.4.La détermination des caractéristiques de l'épicentre	21
3.	Contenu de la base « SisRéunion »	23
	3.1. LE FICHIER DOCUMENTAIRE « PAPIER »	23
	3.2. STATISTIQUES DU CONTENU DE « SISREUNION »	23
4.	Création du site Internet SisFrance-Réunion	27
	4.1. ADRESSE DU SITE INTERNET SUR LES SÉISMES À LA RÉUNION	27
	4.2. CARACTÉRISTIQUES DU SITE	27
	4.2.1.Page d'accueil du site	27
	4.2.2.Catalogue général des séismes	
	4.2.3. Accès à la sismicité d'une commune de la Réunion ou de Mayotte	
	4.2.4. Accès à la sismicité des départements de la Réunion et de Mayotte	
	4.2.5. Accès à la sismicité d'une zone géographique	
	4.2.0.Acces aux archives numensees	3∠
5	Conclusion	33

Liste des illustrations

Figure 1 -	Écran d'accueil du serveur Brgm pour la gestion des données relative à la base SisRéunion (écriture et lecture protégées).	11
Figure 2 -	Fenêtre de saisie des caractéristiques événementielles du séisme	12
Figure 3 -	Fenêtre de saisie des observations macrosismiques : localités ayant perçu le séisme et intensités correspondantes accompagnées de leurs indices de fiabilité	13
Figure 4 -	Fenêtre associée au lexique des localités ; ce dernier comprend l'ensemble des communes de la Réunion, de Mayotte, des lieux-dits français et étrangers, des villes étrangères, etc.	13
Figure 5 -	Fenêtre donnant accès aux caractéristiques de l'épicentre ; la date du séisme et son identifiant (Numevt) sont rappelés dans le bloc supérieur	14
Figure 6 -	Aperçu du lexique des pays ; ici, le code 515 correspond au territoire de Maurice, le code 972 à celui de la Martinique, la Réunion quant à elle possède le numéro 974	15
Figure 7 -	Fenêtre de saisie des isoséistes ; SisRéunion ne dispose pas encore de données sur les isoséistes	16
Figure 8 -	Fenêtre de saisie des caractéristiques des références bibliographiques. Le numéro d'index (ici 85) est attribué à celle seule référence. Pour autant, il peut être répété pour d'autres séismes qui seraient décrits par cette même publication.	16
Figure 9 -	Fenêtre de gestion des références documentaires reliées à un événement. Le fait de saisir le chrono (n° 85) appellera automatiquement cette référence à partir de la table « Documents »	17
Figure 10 -	Extrait de la table « archive » détaillant les dates de création, de modification et/ou éventuellement de suppression des observations macrosismiques. Il s'agit d'une table interne et provisoire à l'exploitation de la base	17
Figure 11 -	Modèle relationnel de la base de données SisRéunion sous Oracle 8.1	18
Figure 12 -	Emprise de la fenêtre cartographique destinée à l'affichage des séismes de la base SisRéunion – Océan Indien : latitude Sud : 4°35′ – 35° 15′ ; longitude Est : 35° 00′ – 75° 00′	19
Figure 13 -	Fenêtre de liaison entre le site central (stockage et archivage des données) et le PC de l'opérateur envisageant le calcul des paramètres	20
Figure 14 -	La clef de l'événement sélectionné permet de rapatrier les informations macrosismiques (localités et intensités) reliées au séisme.	20
Figure 15 -	Illustration du report des intensités ponctuelles associées au séisme du 1 ^{er} août 1894 survenu à l'île de la Réunion (Numevt 9740055). L'épicentre vient d'être positionné à l'emplacement de l'étoile rouge. Les chiffres arabes indiquent pour chacune des localités l'intensité macrosismique observée (échelle MSK) ; la mention 'R' signifie 'Ressenti' sans autre précision. Sur cette carte apparaisent les limites de communes	21

Figure 16 -	Menu de validation des données des épicentres sous le logiciel de cartographie Mapinfo. A la réponse OK, le transfert est automatiquement réalisé sur la base de données centrale	22
Figure 17 -	Représentation des épicentres des séismes de la BD SisRéunion – Océan Indien sous le logiciel de cartographie Mapinfo 7.0.	22
Figure 18 -	Synthèse des données informatisées dans la base SisRéunion	24
Figure 19 -	Répartition géographique des épicentres dans la base SisRéunion (état des connaissances : février 2005)	24
Figure 20 -	Tableau des séismes indexés dans la base de données SisRéunion –02-2005)	25
Figure 21 -	Extrait du « dictionnaire » des références bibliographiques associées à la base SisRéunion. La première colonne à gauche correspond à l'index numérique de la référence ; la seconde a un code spécifiant le caractère de la source : « SS » pour scientifique, « SH » pour historique, « MC » pour manuscrit contemporain de l'événement.	26
Figure 22 -	Page d'accueil de SisFrance-Réunion ; les onglets d'accès au contenu du site sont identiques à ceux de SisFrance et SisFrance/Antilles	28
Figure 23 -	Aperçu de la première page du catalogue. Le lien de couleur bleue permet d'atteindre le détail du séisme sélectionné : coordonnées de l'épicentre, intensité épicentrale, liste des observations macrosismiques, bibliographie, carte macrosismique et, le cas échéant, isoséistes	28
Figure 24 -	En indiquant le nom de la commune dans la case correspondante (ici Saint-Denis de la Réunion), et en cliquant sur l'onglet « lister les séismes », on obtient la liste de tous les événements ressentis à Saint-Denis	29
Figure 25 -	Restitution cartographique des épicentres localisés sur la commune de Salazie (limite rouge). Chaque symbole (ronds) est interrogeable pour connaître les caractéristiques de l'événement (date, observations, coordonnées de l'épicentre, bibliographie, carte des effets macrosismiques, etc.)	29
Figure 26 -	Carte macrosismique du séisme du 2 décembre 1993 à Mayotte. La légende sur la description des effets du séisme est interactive avec le contenu des données affichées. L'étoile rouge représente la position de l'épicentre macrosismique.	30
Figure 27 -	Fenêtre de SisFrance-Réunion donnant accès à la recherche des épicentres par coordonnées géographiques	31
Figure 28 -	Restitution des épicentres de la Réunion dans un rayon de 150 km autour des coordonnées de la ville de Saint-Denis (55°27 E, - 20°.53 S)	31
Figure 29 -	Archives numérisées de SisFrance-Réunion ; attestation, d'après le document original, d'un séisme ayant affecté l'île de la Réunion le 4 novembre 1859	32

1. Introduction

À l'initiative de la Direction de la Prévention de la Pollution et des Risques du Ministère de l'Écologie et du Développement Durable, et avec son soutien financier, le BRGM, dans le cadre de ses activités de Service public, a créé une base de données informatique dédiée à la sismicité historique de l'Océan Indien pour les secteurs des îles de la Réunion et de Maurice (archipel des Mascareignes) et pour celui de Mayotte (archipel des Comores). A la suite, cette base de données a été rendue accessible sur le réseau Internet via le développement d'un site spécifique construit à l'image de ceux dédiés à la sismicité de la Métropole et des Antilles.

Ces travaux ont été entrepris dans le cadre de la convention MEDD-BRGM CV0400065, action 3.9 intitulé: « BD SisFrance Océan Indien et site Internet associé ».

Cette étude rend compte des travaux entrepris pour la réalisation de ce projet ; y sont notamment abordés :

- le développement des outils informatiques associés à la création de la base « SisRéunion » (développement des programmes de gestion des données à partir du logiciel Oracle 8.1);
- le développement des outils de cartographie (Mapinfo) associés à la restitution de plusieurs paramètres (programmes de calcul des coordonnées des épicentres, des surfaces isoséistes à partir du logiciel Mapinfo 7.0);
- le contenu de la base de données « SisRéunion » résumant la sismicité historique des îles de la Réunion, de Maurice et de Mayotte et constituée à partir des dossiers documentaires alors disponibles au Brgm ;
- la création du site Internet associé, donnant accès à un site spécifique développé sur un modèle identique à ceux existant pour la Métropole et pour les Antilles, et accessible à l'adresse www.sisfrance.net/Réunion.

2. La base de données « SisRéunion »

La création de la base de données de sismicité historique « SisRéunion-Océan Indien » confiée au BRGM, a nécessité le développement :

- d'une architecture informatique spécifique (tables) ;
- de contraintes d'intégrité liées à la problématique de l'Océan Indien ;
- de programmes de gestion de données utilisant le langage SQL sous Oracle 8.1;
- de lexiques géographiques adaptés au contexte ;
- d'une interface cartographique en relation dynamique avec la base de données.

2.1. LES PROGRAMMES DE GESTION DES DONNÉES (ORACLE)

La création d'une base de données informatique nécessite le développement de programmes spécifiques destinés au traitement de divers types d'information. En matière de données sismologiques, il a fallu créer plusieurs tables constituées ellesmêmes de plusieurs champs. Chaque table recense un type d'information particulier qui doit être nécessairement renseigné. Chacune des tables est ensuite mise en relation avec une autre pour définir l'ensemble des caractéristiques d'un même événement : c'est le mode 'relationnel' utilisé par Oracle (langage Sql).

Dans la pratique, la base de données SisRéunion est accessible sur un serveur central du Brgm (fig. 1), et est protégée en écriture et en lecture par un username, password.



Figure 1 - Écran d'accueil du serveur Brgm pour la gestion des données relative à la base SisRéunion (écriture et lecture protégées).

Comme pour ce qui fut entrepris pour les bases SisFrance et SisDom (Antilles), l'architecture informatique de la BdD SisRéunion a nécessité la création de neuf tables informatiques abritant pour chacune d'entre elles l'information catégorielle relative à un séisme en particulier. Les caractéristiques de ces tables sont résumées et illustrées ciaprès.

2.1.1. Table EVTSIRENE

Elle contient les caractéristiques des événements : date, heure, nature, appellation et région du phénomène (fig. 2). SisRéunion distingue les vrais séismes 'VS' considérés comme ayant une origine tectonique, des séismes douteux 'SD' ou des faux séismes 'FS' ayant une autre origine, par exemple un ouragan, un glissement de terrain ou une éruption volcanique ; dans ces deux derniers cas, il n'existe pas d'épicentre. Figurent aussi associés à ce descriptif les indices de fiabilité de l'information (A : très sûr, B : assez sûr, C : incertain).

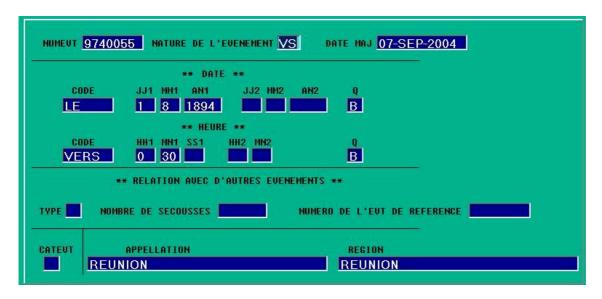


Figure 2 - Fenêtre de saisie des caractéristiques événementielles du séisme.

2.1.2. Table OBSIRENE

Elle abrite les observations macrosismiques reliées à chaque événement : clé d'identification de la localité, intensité macrosismique et effets naturels (mouvement de terrain, tsunami, effets hydrogéologiques, etc.) reliés à la localité (fig. 3). L'intensité macrosismique observée est déterminée par l'opérateur sur les critères de l'échelle macrosismique d'intensité MSK 1964 qui comporte 12 degrés. L'appréciation du niveau de l'intensité observée tente d'être le plus possible homogène. D'une manière générale, les intensités provenant de catalogues ou de données sans aucune justification sont affectées du code C (incertain). Pour les autres cas, le code varie entre A (très sûr), B (assez sûr) et C selon la précision du témoignage et le fait que le témoignage soit contemporain ou non.



Figure 3 - Fenêtre de saisie des observations macrosismiques : localités ayant perçu le séisme et intensités correspondantes accompagnées de leurs indices de fiabilité.

2.1.3. Table LOCALITÉS

Elle correspond au lexique relié à la table OBSIRENE et constitue la liste des localités associées aux observations ponctuelles : clé et nom de la localité, identifiant, coordonnées géographiques exprimées en degrés sexagésimaux et en degrés décimaux (fig. 4).



Figure 4 - Fenêtre associée au lexique des localités ; ce dernier comprend l'ensemble des communes de la Réunion, de Mayotte, des lieux-dits français et étrangers, des villes étrangères, etc.

2.1.4. Table EPCSIRENE

Elle renseigne sur les caractéristiques des épicentres : coordonnées, intensité épicentrale et indices de fiabilité (fig. 5). L'épicentre macrosismique est déterminé sur le barycentre de l'aire pleistoséiste (aire de plus forte intensité).

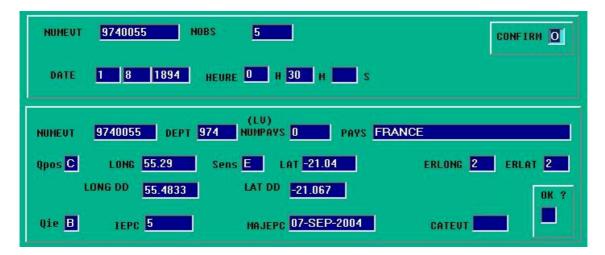


Figure 5 - Fenêtre donnant accès aux caractéristiques de l'épicentre ; la date du séisme et son identifiant (Numevt) sont rappelés dans le bloc supérieur.

Ses coordonnées sont, le cas échéant, accompagnées d'une marge d'incertitude en longitude et en latitude exprimée en kilomètres. L'intensité épicentrale est évaluée en tenant compte de la position de l'épicentre et de la décroissance des intensités avec la distance à l'épicentre. Les indices de fiabilité sur la position de l'épicentre et sur la valeur de l'intensité épicentrale apparaissent obligatoirement renseignés.

La fiabilité des coordonnées épicentrales est établie en fonction des indices suivants :

- code A: (quelques km) localisation précise dans une aire d'intensité maximale bien circonscrite par une isoséiste;
- code B: (autour de 10 km) localisation assez sûre dans une aire d'intensité maximale relativement bien circonscrite par une isoséiste;
- . <u>code C</u> : (entre 10 et 20 km) localisation imprécise dans une aire d'intensité maximale insuffisamment délimitée par une isoséiste ;
- . <u>code D</u>: (de quelques km à 50 km) localisation fortement supposée dans une aire d'intensité macrosismique non limitée par une isoséiste ;
- . <u>code E</u>: (supérieure à 50 km) localisation arbitraire dans une aire macrosismique affichant une grande dispersion des observations ponctuelles ;
- . <u>code l</u> : concerne seulement les séismes signalés par une <u>seule</u> localité ; les coordonnées de l'épicentre correspondent alors aux coordonnées de la localité.

La fiabilité de l'intensité épicentrale est elle-même associée aux indices suivants :

- . **code A**: intensité épicentrale sûre, estimée d'après une distribution serrée et une valeur précise des intensités ponctuelles maximales ;
- . **code B**: intensité épicentrale assez sûre, estimée d'après une distribution moins serrée et une valeur précise des intensités ponctuelles maximales ;
- . <u>code C</u>: intensité épicentrale incertaine, estimée d'après une distribution éparse et une valeur imprécise des intensités ponctuelles ;
- . code K : intensité épicentrale assez sûre, issue d'un calcul fondé sur une loi d'atténuation ;
- . $\underline{\text{code E}}$: intensité épicentrale arbitraire, estimée d'après une distribution très éparse et un éloignement important des intensités ponctuelles ;
- . <u>code l</u> : intensité épicentrale retranscrite d'après l'intensité observée sur une seule et unique donnée ponctuelle.

2.1.5. Table PAYS

Elle correspond à un lexique relié à la table EPCSIRENE et abrite la liste des pays d'appartenance géographique des épicentres, nom du pays et clé associée (fig. 6).

ıméro IC	GN Nom du pays	Sigle 1	lum. P
450	LIBERIA		
455	LIBYE		
460	LUXEMBOURG		
465	MACA0		
470	MADAGASCAR	MDG	
475	MALAISIE		
480	MALAWI		
485	MALDIVES (ILES)		
490	MALI		
495	MALTE		
500	MARIANNES		
505	MAROC		
510	MARSHALL (ILES)		
972	MARTINIQUE	972	(
515	MAURICE (ILE)	MRC	
520	MAURITANIE		

Figure 6 - Aperçu du lexique des pays ; ici, le code 515 correspond au territoire de Maurice, le code 972 à celui de la Martinique, la Réunion quant à elle possède le numéro 974.

2.1.6. Table ISOSEISTE

Elle contient les caractéristiques des courbes isoséistes : degré de l'intensité retenue, indice de fiabilité, distances minimales et maximales au foyer, rayon moyen de perception, surface (fig. 7). Si l'opérateur dispose d'un nombre suffisant de points d'observations répartis de façon homogène, il pourra tracer manuellement les courbes isoséistes et déterminer leurs caractéristiques. Chaque courbe isoséiste est affectée d'un indice de fiabilité ('A' très sûr, 'B' assez sûr, 'C' incertain).

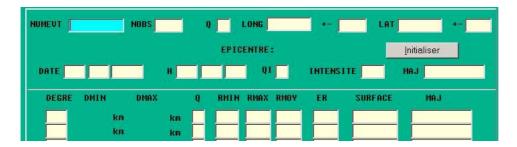


Figure 7 - Fenêtre de saisie des isoséistes ; SisRéunion ne dispose pas encore de données sur les isoséistes.

2.1.7. Table DOCUMENTS

Elle contient l'ensemble des champs nécessaires au libellé des références bibliographiques : auteur, titre, année de publication, etc. (fig. 8). Un indice de fiabilité est attribué à chaque référence en fonction de son degré de contemporanéité. À chaque source distincte est associé un index numérique ou « Chrono » permettant d'individualiser chaque référence : celui-ci est incrémenté automatiquement.

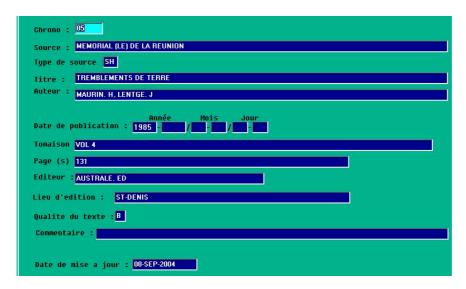


Figure 8 - Fenêtre de saisie des caractéristiques des références bibliographiques. Le numéro d'index (ici 85) est attribué à celle seule référence. Pour autant, il peut être répété pour d'autres séismes qui seraient décrits par cette même publication.

2.1.8. Table BIBLIO

Elle constitue l'index numérique des sources documentaires associées à un événement en particulier (fig. 9).

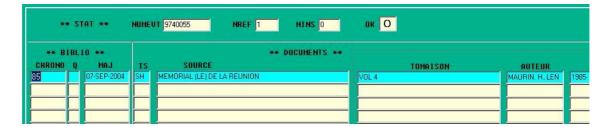


Figure 9 - Fenêtre de gestion des références documentaires reliées à un événement. Le fait de saisir le chrono (n° 85) appellera automatiquement cette référence à partir de la table « Documents ».

2.1.9. Table ARCHIVE

Elle contient le relevé des séismes et des observations modifiées et/ou supprimées (fig. 10).

Numevt	Majevt	Numpos	Majobs	Datsup	Datcre
7000009		3			02-SEP-2004
7000009					02-SEP-2004
7000010		3			02-SEP-2004
7000010					02-SEP-2004
7000011		3			02-SEP-2004
7000011					02-SEP-2004
7000012		3			02-SEP-2004
7000012					02-SEP-2004
7000013		3			02-SEP-2004
7000013					02-SEP-2004
7000014		3		02-SEP-2004	02-SEP-2004
7000014		3	02-SEP-2004	02-SEP-2004	
7000014		4			02-SEP-2004
7000014					02-SEP-2004
7000015		3			03-SEP-2004

Figure 10 - Extrait de la table « archive » détaillant les dates de création, de modification et/ou éventuellement de suppression des observations macrosismiques. Il s'agit d'une table interne et provisoire à l'exploitation de la base.

De l'ensemble des fenêtres de gestion ci-dessus, le traitement des données se fait donc en ordre séquentiel. L'opérateur amené à remplir les tables est soumis à des contraintes d'intégrité destinées à le guider et ou à le corriger en cas d'erreur de saisie.

La clef numérique à 7 chiffres de chaque événement (Numevt) est bâtie sur l'index d'appartenance géographique réelle ou supposée de l'épicentre.

Ainsi, les trois premiers chiffres de cette clef renvoient successivement à :

- 974 : séismes reliés à l'île de la Réunion ;

- 985 : séismes reliés à l'île de Mayotte ;
- 700 : reliés aux autres îles : île Maurice, îles Anjouan, Mohéli, Grande Comore et Océan Indien.

Une fois initiée dans la table Evtsirene, la clef du Numevt est répétée ensuite pour toutes les autres tables qui lui sont associées.

Concrètement, à un événement de la table des événements sont reliés (i) des observations, (ii) un épicentre, (iii) une bibliographie, (iiii) et éventuellement une ou plusieurs isoséistes.

Ci-dessous (fig. 11), l'architecture des tables et des champs de la BdD SisDom qu'on retrouve à l'identique dans la base de données SisRéunion.

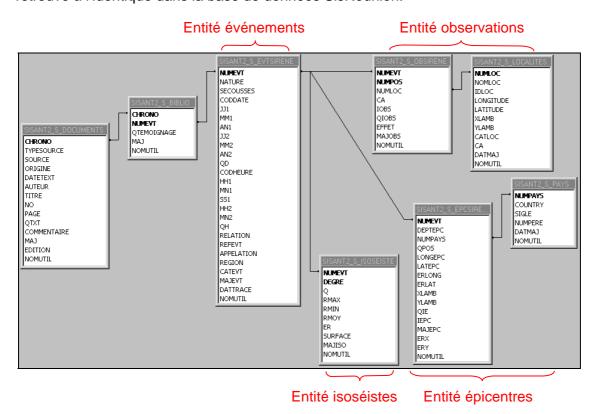


Figure 11 - Modèle relationnel de la base de données SisRéunion sous Oracle 8.1.

2.2. L'OUTIL DE CARTOGRAPHIE DES DONNÉES (MAPINFO)

Pour la détermination des paramètres des séismes - calcul des coordonnées des épicentres et calcul des isoséistes en particulier -, une interface cartographique a été spécialement développée pour la base SisRéunion. Cette interface permet de rapatrier les données macrosismiques et leurs intensités respectives stockées sur le serveur central afin de les afficher ensuite sur l'écran de l'opérateur.

2.2.1. Le cadre géographique et le système de projection

Les informations macrosismiques sont affichées dans un format et une fenêtre géographique préalablement déterminés et référencés (fig. 12).

Le système de projection utilisé correspond au système universel WGS 84 avec un affichage des coordonnées en degrés minutes sexagésimales. Ce système est identique à celui utilisé pour la projection des données relatives aux séismes des Antilles.

Pour la construction de la base SisRéunion, les bornes maximales géographiques de la fenêtre correspondent à : latitude Sud : 4° 35'- 35° 15'; longitude Est : 35° 00' – 75 °00'.

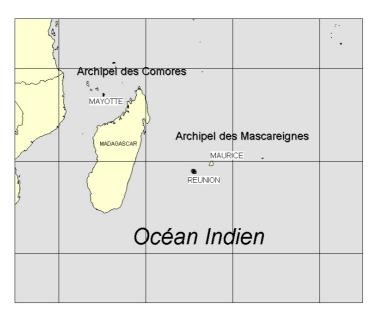


Figure 12 - Emprise de la fenêtre cartographique destinée à l'affichage des séismes de la base SisRéunion – Océan Indien : latitude Sud : 4°35′ – 35° 15′ ; longitude Est : 35° 00′ – 75° 00′.

2.2.2. L'architecture du logiciel de cartographie Mapinfo

L'architecture de cartographie des données utilise le logiciel MapInfo 7.0 ; ce dernier est couplé à un exécutable MapBasic créé dans le cadre de ce projet.

Au lancement du logiciel, l'opérateur dispose immédiatement à l'écran (fig. 13) des adresses de connexion et username/password nécessaires au rapatriement des informations des séismes stockées sur le site central.

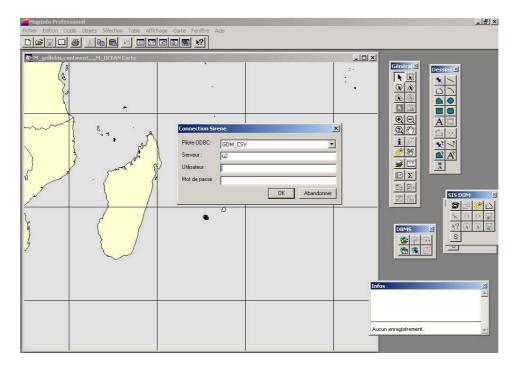


Figure 13 - Fenêtre de liaison entre le site central (stockage et archivage des données) et le PC de l'opérateur envisageant le calcul des paramètres.

2.2.3. L'affichage des données macrosismiques

La saisie de la clef de l'événement (Numevt) dans la fenêtre (fig. 14) permet le rapatriement et l'affichage des informations macrosismiques propres à un séisme.



Figure 14 - La clef de l'événement sélectionné permet de rapatrier les informations macrosismiques (localités et intensités) reliées au séisme.

L'illustration suivante (fig. 15) montre le report des intensités ponctuelles (localités ayant ressenti la secousse) sur une image automatiquement zoomée de l'écran initial. Par le pointage de la souris sur le barycentre (étoile rouge) de l'aire de plus forte intensité, les coordonnées de l'épicentre sont automatiquement calculées. Après validation, celles-ci sont ensuite transférées automatiquement dans la table EPCSIRENE.



Figure 15 - Illustration du report des intensités ponctuelles associées au séisme du 1^{er} août 1894 survenu à l'île de la Réunion (Numevt 9740055). L'épicentre vient d'être positionné à l'emplacement de l'étoile rouge. Les chiffres arabes indiquent pour chacune des localités l'intensité macrosismique observée (échelle MSK) ; la mention 'R' signifie 'Ressenti' sans autre précision. Sur cette carte apparaisent les limites de communes.

2.2.4. La détermination des caractéristiques de l'épicentre

Les caractéristiques macrosismiques de l'épicentre (coordonnées géographiques et intensité épicentrale) sont évaluées par l'opérateur compte tenu des informations dont il dispose au moment de l'analyse et de l'interprétation du séisme.

La détermination des coordonnées épicentrales est exécutée par l'opérateur directement à partir de la carte affichée à son écran ; un clic de la souris enregistre automatiquement la position en latitude et en longitude. Les clics suivants donneront les incertitudes sur la position de l'épicentre en fonction de la densité des données. Cette méthodologie est conforme au Plan de l'Assurance de la Qualité associé aux bases de données sismiques gérées sous la responsabilité du BRGM (PAQ 014).

Pour la validation, l'opérateur dispose enfin d'un menu spécifique (fig. 16) qui synthétise l'ensemble des caractéristiques épicentrales. Sous sa responsabilité, le fait de valider transmettra automatiquement les données saisies dans la table des épicentres stockées sur le site central.

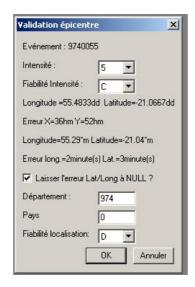


Figure 16 - Menu de validation des données des épicentres sous le logiciel de cartographie Mapinfo. A la réponse OK, le transfert est automatiquement réalisé sur la base de données centrale.

La confection de la base de données SisRéunion et son exploitation sous Mapinfo permettent ensuite l'élaboration de documents de plusieurs types, soit individuellement pour un séisme donné, soit au contraire sous forme de synthèse, pour une sélection de séismes, par exemple (fig. 17) la représentation des épicentres.

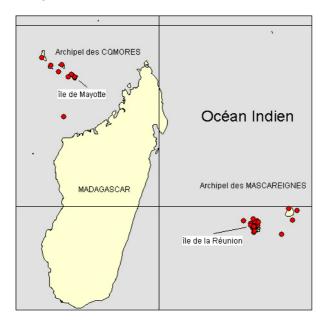


Figure 17 - Représentation des épicentres des séismes de la BD SisRéunion – Océan Indien sous le logiciel de cartographie Mapinfo 7.0.

3. Contenu de la base « SisRéunion »

3.1. LE FICHIER DOCUMENTAIRE « PAPIER »

Pour disposer d'une vue d'ensemble de la sismicité des archipels des Mascareignes et des Comores, les témoignages documentaires sur la sismicité de ces régions ont été préalablement rassemblés dans un seul et même fichier papier.

La présentation des données y est classée chronologiquement sur la date de chaque événement. Ce classement permet une confrontation aisée des sources documentaires et une critique des témoignages descriptifs d'un même événement.

Environ, un millier de pages forment actuellement (début 2005) le patrimoine rassemblé.

Lors de la constitution de ce fichier, les séismes, mais aussi les événements à caractère désastreux (cyclones, fortes tempêtes, houles destructrices et éruptions volcaniques) ont été intégrés aux dossiers de manière à être confrontés avec le contexte des séismes eux-mêmes.

En effet, l'analyse et la critique des documents ont pu montrer que certains événements majeurs non sismiques (ouragan, écroulement de falaises, éruption volcanique et autres) ont été plus ou moins confondus avec des effets sismiques. C'est la raison pour laquelle, on dénombre dans ce fichier papier comme dans la version informatisée de la base quelques dizaines de ces phénomènes.

L'ensemble de cette documentation est de provenance diverse : relations contemporaines publiées, comptes-rendus scientifiques, monographies historiques, extraits de catalogues de sismicité, études et mémoires particuliers, etc.

Cependant, toute la documentation sur les séismes des Mascareignes (Réunion, Maurice) et des Comores (Mayotte) ne peut être aujourd'hui considérée comme définitivement acquise. Le recueil de documents complémentaires devra constituer ultérieurement l'une des étapes importantes de la gestion future de SisRéunion : cette étape devrait conduire à une meilleure définition de la sismicité régionale et locale permettant ainsi une validation plus performante des déterminations épicentrales, condition indispensable aux acteurs de l'évaluation de l'aléa et du risque sismique dans ce secteur.

3.2. STATISTIQUES DU CONTENU DE « SISREUNION »

Dans sa version actuelle (février 2005), la base de données « SisRéunion », recense des événements survenus entre les années 1657 et 1998, soit à peu près 350 ans d'histoire.

Le contenu de la base de données « SisRéunion » fournit les caractéristiques de :

- 133 événements dont 50 'vrais' séismes,
- 83 faux séismes ou séismes douteux [éruptions volcaniques, cyclones],
- 50 épicentres,
- **257 observations macrosismiques** (localités ayant perçu des effets),
- **234 sources documentaires** relatant l'histoire des phénomènes naturels aux Mascareignes et aux Comores.

Le graphique ci-dessous (fig. 18) synthétise le contenu des informations informatisées de la base SisRéunion. La proportion des 'Vrais séismes' est presque moitié moindre (50 à 83) que les faux séismes et séismes douteux pour lesquels, il n'existe pas de détermination épicentrale.

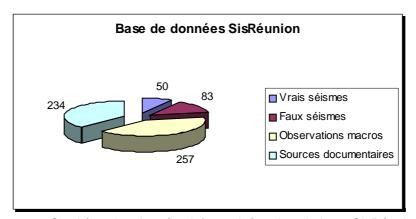


Figure 18 - Synthèse des données informatisées dans la base SisRéunion.

La répartition de la sismicité pour l'ensemble du secteur est indiquée par le graphique ci-dessous (fig. 19) pour la période 1657-1998.

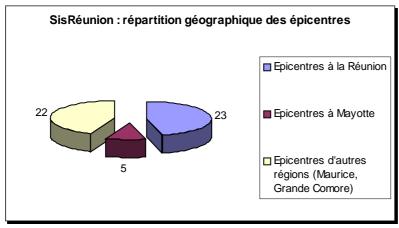


Figure 19 - Répartition géographique des épicentres dans la base SisRéunion (état des connaissances : février 2005).

La chronologie des séismes aujourd'hui affichée dans la base SisRéunion – Océan Indien est représentée par le tableau suivant (fig. 20).

Та	bleau d	des séi	smes as	ssociés à	la base de do	nnées SisRéur	ion-Océan Ind	ien (février 2005)
n° de	jour	mois	année	indice de	intensité	longitude Est	latitude Sud	région de l'épicentre
l'événement	,			fiabilité	épicentrale	0		0 1
9740003	2	11	1707	E	6.5	54.53	-20.46	REUNION
9740004	6	4	1709	В	4	55.33	-20.54	REUNION
9740005	26	8	1751	С	6	55.43	-20.5	REUNION
7000014	8	5	1786			43.16	-11.4	COMORES
7000015	4	8	1786	С	6	57.42	-20.45	MAURICE
9740028	4	7	1791	С	5	55.27	-20.39	REUNION
9740030	4	8	1815	I		55.28	-20.51	REUNION
9740031	15	2	1820	I	4.5	55.17	-21	REUNION
7000024	15	5	1854	С	6	57.58	-20.12	MAURICE
9740039	4	11	1859	С	4.5	55.29	-21.24	REUNION
7000026	25	8	1860			57.38	-20.25	MAURICE
9740044	6	1	1863	E	7	57.04	-21.3	REUNION, MAURICE
9740049	3	2	1876	В	4	55.3	-21.03	REUNION
9740050	13	5	1876	I	3.5	55.27	-20.53	REUNION
9740053	20	1	1885	I	3	55.27	-20.53	REUNION
9740054	21	11	1885	I		55.27	-20.53	REUNION
9740055	1	8	1894	В	5	55.29	-21.04	REUNION
9740056	3	5	1901	ı	4	55.17	-20.55	REUNION
9740057	19	5	1901	I	4	55.28	-21.08	REUNION
9740058	6	10	1911	С	5.5	55.41	-21.01	REUNION
7000033	25	7	1917	I		57.3	-20.09	MAURICE
7000034	26	7	1925	С	4	57.28	-20.06	MAURICE
7000035	18	2	1930		5	44.23	-12.09	COMORES
7000036	10	4	1930	Е	5	43.46	-12.11	COMORES
7000037	7	6	1930	I	3.5	44.24	-12.09	COMORES
7000038	27	12	1932			43.44	-12.16	COMORES
7000039	6	7	1933		4	44.24	-12.09	COMORES
9850009	16	1	1936	С	6	44.57	-12.42	COMORES
9850010	16	1	1936	Ī		45.08	-12.47	COMORES
7000040	29	6	1938	С	5	43.14	-11.45	COMORES
7000041	14	9	1938	C	4.5	44.12	-12.33	COMORES
7000042	17	8	1939	I		43.44	-12.16	COMORES
9850012	11	8	1941	i	3.5	45.08	-12.5	COMORES
9850013	6	11	1941	l	3	45.08	-12.51	COMORES
7000043	3	8	1943	l	4	44.23	-12.09	COMORES
7000045	29	4	1952	Ē	7	44.3	-15.01	CANAL DU MOZAMBIQUE
9740062	13	4	1981	C	4	55.29	-21.07	REUNION
9740063	15	8	1985	C	3	55.27	-21.08	REUNION
9740064	12	9	1988	В	4.5	55.29	-21.05	REUNION
9740065	18	6	1990	C	3.5	55.25	-21.12	REUNION
9740066	13	10	1990	C	5	55.29	-21.05	REUNION
9740067	21	12	1990	E	5	55.31	-21.2	REUNION
9740068	5	11	1991	ī	<u> </u>	55.28	-20.51	REUNION
9740069	6	11	1991	l		55.28	-20.51	REUNION
9740070	13	2	1992	C	5.5	55.39	-20.47	REUNION
9850014	2	12	1993	E	7.5	44.46	-12.5	COMORES
9740071	29	5	1996	E	4	55.31	-20.48	REUNION
9740071	3	6	1997	I	2.5	55.27	-20.53	REUNION
9740072	11	2	1997	C	2.5 4	55.25	-20.53 -21.12	REUNION
3140013	11		1330		4	55.25	- ∠1.1∠	REUNION

Figure 20 - Tableau des séismes indexés dans la base de données SisRéunion-Océan Indien (février 2005).

Comme dans toutes bases de données dédiées à la sismicité historique, le recensement, l'analyse et l'interprétation des séismes proviennent de la recherche et de l'état des sources documentaires ; SisRéunion est constituée de 234 références bibliographiques comme le montre l'extrait suivant (fig. 21).

CHRON	TYP	SOURCE	ORIGINE	DATETEXT	AUTEUR
48 3	SH	ALBUM DE L'ILE DE LA REUNION	ST-DENIS (REUNIO	1863- / - / -	ROUSSIN. A
26	SH	AN HISTORICAL, POLITICAL AND STATISTICAL ACCOUNT OF MAURITIUS	LONDON	1849- / - / -	PRIDHAM, CH
94 5	SS	ANNALES 1936, INST.PHYSIQUE DU GLOBE DE STRASBOURG	MENDE	1939- / - / -	ROTHE, J-P, STAHL, P
95	SS	ANNALES 1937, INST.PHYSIQUE DU GLOBE DE STRASBOURG	MENDE	1940- / - / -	ROTHE, J-P
97 3	SS	ANNALES 1938, INST.PHYSIQUE DU GLOBE DE STRASBOURG	MENDE	1941- / - / -	ROTHE, J-P
98 5	SS	ANNALES 1939, INST.PHYSIQUE DU GLOBE DE STRASBOURG	MENDE	1949- / - / -	ROTHE, J-P
37 5	SS	ANNALES DE CHIMIE ET DE PHYSIQUE	PARIS	1826- / - / -	GAY-LUSSAC, ARAGO
104	SS	ANNALES GEOLOGIQUES DE MADAGASCAR	TANANARIVE	1973- / - / -	BESAIRIE. H
59	SS	ANNALES HYDROGRAPHIQUES	PARIS	1862- / - / -	
72 5	SS	ANNALES HYDROGRAPHIQUES	PARIS	1863- / - / -	GERMAIN
33 5	SS	ANNALES MARITIMES ET COLONIALES	PARIS	1820- / - / -	ANONYME
74 5	SS	ANNE (L') SCIENTIFIQUE ET INDUSTRIELLE	PARIS	1877- / - / -	FIGUIER. L (PUBL.)
83 5	SS	ANNEE (*) SCIENTIFIQUE ET INDUSTRIELLE	PARIS	1893- / - / -	FIGUIER. L (PUBL.)
91 3	SS	ANNUAIRE 1931, INST.PHYSIQUE DU GLOBE DE STRASBOURG	MENDE	1932- / - / -	ROTHE, E, ET J-P
92 3	SS	ANNUAIRE 1932, INST.PHYSIQUE DU GLOBE DE STRASBOURG	MENDE	1933- / - / -	LACOSTE, J
93 3	SS	ANNUAIRE 1933, INST.PHYSIQUE DU GLOBE DE STRASBOURG	MENDE	1934- / - / -	LACOSTE, J
51 3	SS	ANNUAIRE DE LA SOCIETE METEOROLOGIQUE DE FRANCE	PARIS	1862- / - / -	MAILLARD
71 3	SS	ANNUAIRE DE LA SOCIETE METEOROLOGIQUE DE FRANCE	PARIS	1863- / - / -	MAILLARD
52 3	SS	ANNUAIRE DE LA SOCIETE METEOROLOGIQUE DE FRANCE	PARIS	1859- / - / -	
38 5	SH	ASIATIC (THE) JOURNAL AND MONTHLY REGISTER FOR BRITISH INDIA AND ITS DEPE	LONDON	1822- / - / -	ANONYME
96	SS	BULLETIN DE L'ACADEMIE MALGACHE	TANANARIVE	1939- / - / -	POISSON (R.P.)
99 3	SH	BULLETIN DE L'ACADEMIE MALGACHE	TANANARIVE	1942- / - / -	POISSON (R.P.)
100 3	SS	BULLETIN DE L'ACADEMIE MALGACHE	TANANARIVE	1946- / - / -	POISSON, CH (R.P.)
105	SS	BULLETIN DE L'ACADEMIE MALGACHE	TANANARIVE	1954- / - / -	BOULANGER, J
102 3	SS	BULLETIN DE L'ACADEMIE MALGACHE	TANANARIVE	1953- / - / -	POISSON.CH (R.P.)
120 1	MC	BULLETIN MENSUEL DE L'OBSERVATOIRE DE LA FOURNAISE			I.P.G.P
75	SS	C.R. ACADEMIE DES SCIENCES DE PARIS	PARIS	1876- / - / -	VELAIN
77 3	SS	C.R. ACADEMIE DES SCIENCES DE PARIS	PARIS	1876- / - / -	VINSON
76 :	SS	C.R. ACADEMIE DES SCIENCES DE PARIS	PARIS	1876- / - / -	VINSON

Figure 21 - Extrait du « dictionnaire » des références bibliographiques associées à la base SisRéunion. La première colonne à gauche correspond à l'index numérique de la référence ; la seconde a un code spécifiant le caractère de la source : « SS » pour scientifique, « SH » pour historique, « MC » pour manuscrit contemporain de l'événement.

4. Création du site Internet SisFrance-Réunion

À la suite de la construction de la base de données sur la sismicité historique de la Réunion et des Comores, le BRGM a engagé les travaux de création du site Internet associé. Celui-ci se présente dans un modèle identique à ceux de la Métropole et des Antilles. Il s'agit d'un site dédié « SisFrance-Réunion » possédant son adresse et ses caractéristiques propres. Nous les détaillons ci-après.

4.1. ADRESSE DU SITE INTERNET SUR LES SÉISMES À LA RÉUNION

L'adresse du site Internet de la sismicité de la Réunion et des Comores est la suivante : <u>www.sisfrance.net/reunion</u>.

Cette adresse est aussi accessible par les pages d'accueil dédiées à la sismicité :

- de la Métropole : www.sisfrance.net ou www.seismes.fr ;
- des Antilles : www.sisfrance.net/antilles.

4.2. CARACTÉRISTIQUES DU SITE

Nous résumons ci-après les quatre fenêtres principales donnant accès soit aux menus d'interrogation, soit aux résultats.

4.2.1. Page d'accueil du site

Elle a été construite sur un modèle reprenant les caractéristiques des sites dédiés à la Métropole et aux Antilles (fig. 22).

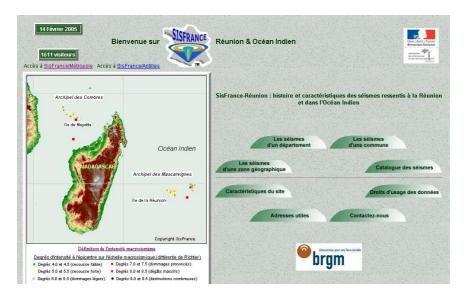


Figure 22 - Page d'accueil de SisFrance-Réunion ; les onglets d'accès au contenu du site sont identiques à ceux de SisFrance et SisFrance/Antilles.

4.2.2. Catalogue général des séismes

Le site SisFrance-Réunion donne accès aux caractéristiques de l'ensemble du catalogue des séismes recensés au moment de la création du site. Les événements sont classés par chronologie (fig. 23) et un lien hypertexte permet d'en connaître le détail.



Figure 23 - Aperçu de la première page du catalogue. Le lien de couleur bleue permet d'atteindre le détail du séisme sélectionné : coordonnées de l'épicentre, intensité épicentrale, liste des observations macrosismiques, bibliographie, carte macrosismique et, le cas échéant, isoséistes.

4.2.3. Accès à la sismicité d'une commune de la Réunion ou de Mayotte

Connaître les séismes ressentis sur une commune de la Réunion ou de Mayotte en particulier, avec l'intensité respective à l'épicentre de chacun d'eux et l'intensité macrosismique observée dans la commune sélectionnée est un des menus de SisFrance-Réunion. (fig. 24).



Figure 24 - En indiquant le nom de la commune dans la case correspondante (ici Saint-Denis de la Réunion), et en cliquant sur l'onglet « lister les séismes », on obtient la liste de tous les événements ressentis à Saint-Denis.

Le même menu existe pour la cartographie des épicentres (fig. 25) associés à une commune.

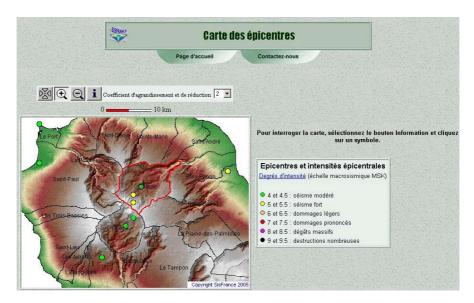


Figure 25 - Restitution cartographique des épicentres localisés sur la commune de Salazie (limite rouge). Chaque symbole (ronds) est interrogeable pour connaître les caractéristiques de l'événement (date, observations, coordonnées de l'épicentre, bibliographie, carte des effets macrosismiques, etc.).

4.2.4. Accès à la sismicité des départements de la Réunion et de Mayotte

Le site SisFrance-Réunion donne la possibilité d'accéder :

- soit au catalogue des séismes ressentis dans l'un des deux départements (Réunion, Mayotte);
- soit à la cartographie des épicentres attribués à l'un des deux départements.

Ci-dessous (fig. 26), après l'interrogation du catalogue des séismes ressentis à Mayotte, nous avons sélectionné le séisme du 2 décembre 1993 pour en dresser la carte.

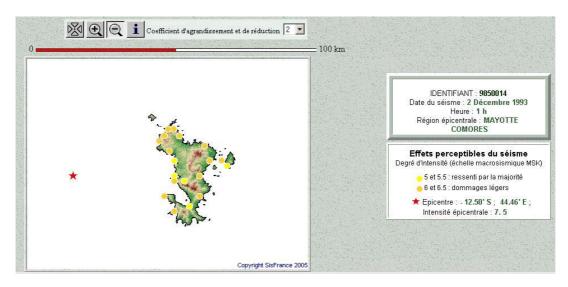


Figure 26 - Carte macrosismique du séisme du 2 décembre 1993 à Mayotte. La légende sur la description des effets du séisme est interactive avec le contenu des données affichées. L'étoile rouge représente la position de l'épicentre macrosismique.

4.2.5. Accès à la sismicité d'une zone géographique

Ce menu permet, à la demande de l'internaute, de cartographier les épicentres d'une zone géographique spécifique (fig. 27). Les épicentres des séismes n'étant pas systématiquement déterminés à terre, mais pouvant se situer en mer, ce programme permet d'indiquer dans les cases correspondantes ses propres coordonnées de recherche (fig. 28).

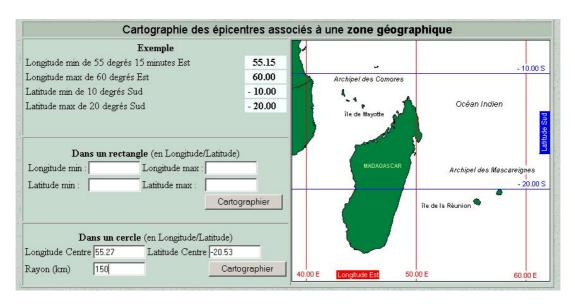


Figure 27 - Fenêtre de SisFrance-Réunion donnant accès à la recherche des épicentres par coordonnées géographiques.

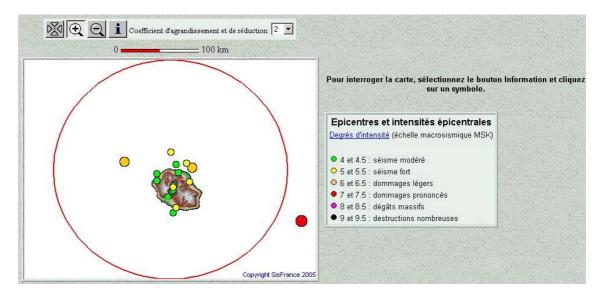


Figure 28 - Restitution des épicentres de la Réunion dans un rayon de 150 km autour des coordonnées de la ville de Saint-Denis (55°27 E, - 20°.53 S).

4.2.6. Accès aux archives numérisées

SisFrance-Réunion détaille de manière systématique la bibliographie recensée pour chaque séisme. De manière à justifier des preuves de la sismicité, le site fournit aussi une image numérisée des documents « source » attestant des témoignages et relations sur les séismes (fig. 29). Dans sa configuration actuelle (février 2005), le site propose 75 pages de documents.

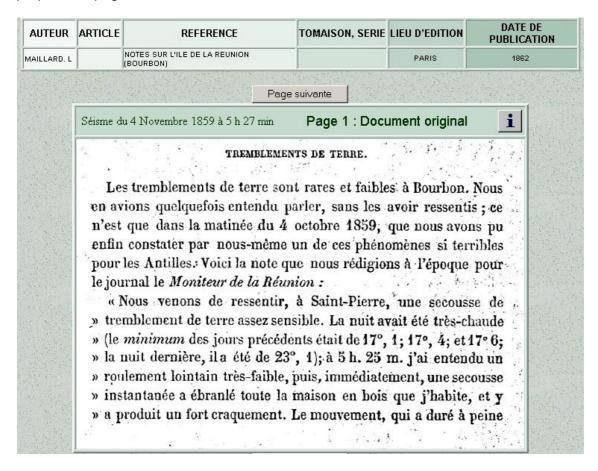


Figure 29 - Archives numérisées de SisFrance-Réunion ; attestation, d'après le document original, d'un séisme ayant affecté l'île de la Réunion le 4 novembre 1859.

5. Conclusion

ette étude décrit l'ensemble des travaux qui ont été entrepris dans le cadre de la convention MEDD-BRGM CV0400065, action 3.9, intitulée « BD SisFrance Océan Indien et site Internet associé ».

Dans un premier temps, le BRGM a assuré le développement de la structure informatique de la base de données devant accueillir les caractéristiques de la sismicité historique de l'archipel des Mascareignes (îles de la Réunion et de Maurice) et de l'archipel des Comores (Mayotte). Cette base de données, baptisée « SisRéunion », est conçue avec le logiciel Oracle 8.1 pour la gestion et la saisie des informations et avec le logiciel Mapinfo 7.0 pour la cartographie des données sismiques.

Dans un second temps, la saisie et l'interprétation des données issues de la documentation papier rassemblée au Brgm ont permis d'alimenter cette banque. Aujourd'hui, plus de 130 événements parmi une cinquantaine de « vrais séismes » ont pu être recensés sur environ 350 ans d'histoire (1657-1998). Environ 230 références documentaires constituent le patrimoine des archives aujourd'hui disponible.

Enfin, le Brgm a développé le site Internet SisFrance/Réunion associé à cette base de données. Sa conception a été réalisée sur le modèle des sites existant pour la Métropole et pour les Antilles. Ce site nouveau est consultable à l'adresse www.sisfrance.net/réunion.



Centre scientifique et technique Service Aménagements et risques naturels 3, avenue Claude-Guillemin BP 6009 – 45060 Orléans Cedex 2 – France – Tél. : 02 38 64 34 34