

DEMARCHE D'IMPLEMENTATION DE PROTOTYPES GEODECISIONNELS APPLIQUES A LA PROBLEMATIQUE

Ce chapitre a pour objet de présenter la démarche d'« Implémentation » de prototypes géodécisionnels exploratoires conçus et développés dans le cadre de la problématique. Cette phase fait suite à la phase de « Modélisation » présentée dans le chapitre précédent. A partir des modèles conceptuels et logiques de données obtenus suite à la démarche de modélisation spatiale multidimensionnelle, il est possible de mettre en place une chaîne de traitements et d'ingénierie pour construire un prototype géodécisionnel.

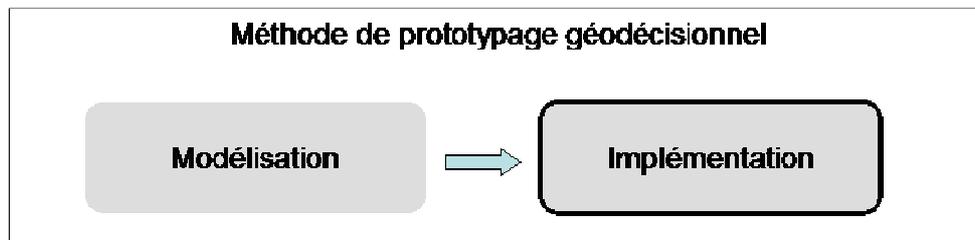


Figure 57 – Positionnement de la phase d'Implémentation dans la démarche globale de prototypage

L'objectif de ces traitements est d'aboutir à la réalisation de premiers prototypes autour des cas d'étude modélisés dans le chapitre précédent. Tandis que la méthode de modélisation permet de s'assurer que les « Dimensions »¹ s'accordent bien avec la représentation mentale que se fait l'utilisateur du problème, l'interface de restitution géodécisionnelle doit garantir à l'utilisateur final qu'il pourra facilement explorer les indicateurs sur ces différents axes et ce sur plusieurs supports d'analyses possibles : graphiques, tableaux mais aussi et surtout cartographies.

Les prototypes SOLAP ont été réalisés autour des modèles logiques décrits dans le chapitre précédent à savoir l'« Evaluation de la Pertinence des mesures préventives », l'« Evaluation de l'Efficacité des mesures préventives » et enfin l'« Evaluation de l'exposition financière des portefeuilles d'assurés. ». Il est important de préciser que les Cubes de données n'ont été que partiellement remplis au cours du travail de thèse pour des raisons de temps de traitement lourds et de manque d'outils adaptés à ces traitements au stade de la réflexion. Ceux-ci méritent d'être enrichis et améliorés dans la continuité du travail de thèse (point évoqué dans le chapitre de Conclusion). Pour pallier à ce manque dans la démonstration, l'auteur présente des illustrations des prototypes réalisés en ajoutant des exemples de navigation possibles dans les mêmes Cubes SOLAP complètement remplis sur tout le territoire national.

La démarche d' « Implémentation » proposée se décompose en trois étapes :

- 1) « **S'approprier la technologie** » : cette phase consiste à s'approprier la technologie géodécisionnelle choisie pour concevoir les prototypes. Dans le cadre de la thèse, le choix s'est porté sur JMAP-SOLAP ; le fonctionnement de cette technologie sera décrit au cours de ce chapitre.
- 2) « **Réaliser les traitements** » : cette phase consiste à mettre en place la chaîne d'ingénierie de traitements informatiques permettant de charger la structure de données spatiale multidimensionnelle (« Cube » de données). Ces traitements correspondent à ceux exécutés par les outils ETL (Extract, Transform, Load) dans l'informatique décisionnelle. Ces structures de données sont l'implémentation physique des modèles logiques présentés dans le chapitre III. Etant donné que la technologie choisie est SOLAP, on parle dans ce chapitre de « Cube SOLAP »
- 3) « **Restituer les résultats** » : cette étape consiste à paramétrer l'interface de restitution pour permettre une exploration et une analyse efficace des indicateurs stockés dans le « Cube » SOLAP. Le paramétrage se fait à la fois par l'administrateur depuis la console web d'administration de JMAP-SOLAP et par l'utilisateur lui-même depuis l'interface web de restitution.

La figure 59 montre les étapes principales de la démarche.

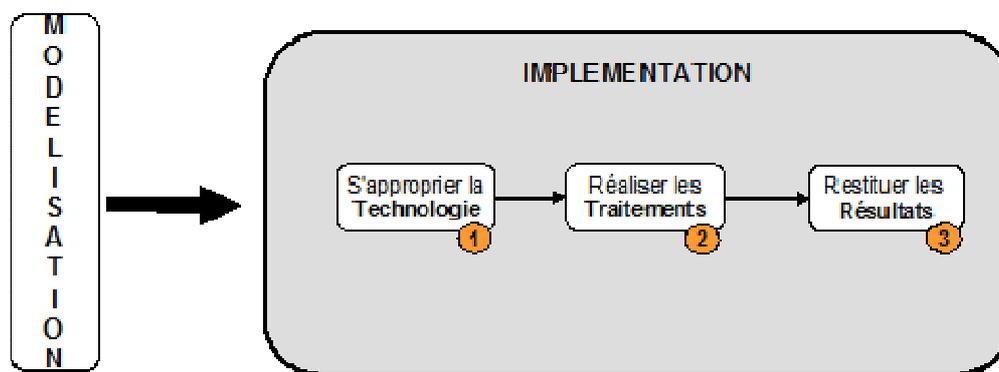


Figure 58 – Schéma des étapes de la démarche d'Implémentation

Ce chapitre s'attache à présenter la démarche d'implémentation à partir d'illustrations des travaux d'ingénierie menés autour des cas d'étude.

- La première partie présente l'étape d'« Appropriation technologique » de la technologie géodécisionnelle JMAP-SOLAP codéveloppé par le CRG et la société Kheops. Un partenariat avec le CRC a pu faciliter l'acquisition de licences et d'assistance tout au long du travail de thèse. L'architecture technique et applicative est décrite.

- La deuxième partie présente l'étape de « Réalisation des traitements » permettant de charger les données dans les « Cubes SOLAP ». Ces traitements sont le résultat d'opérations combinées de type requêtes topologiques, requêtes SQL de bases de données et opérations mathématiques. On présente l'architecture de la chaîne de traitements mise en œuvre pour parvenir à restituer les indicateurs à l'utilisateur final. Des exemples de traitements réalisés autour de chaque modèle viennent illustrer cette partie.
- La troisième partie présente l'étape de « Paramétrage » et de « Restitution » à partir des extraits de résultats obtenus sur des portions de territoire pour chacun des cas d'étude. Des exemples de navigation possibles au travers de l'interface SOLAP sont décrits pour donner un aperçu du potentiel en termes d'analyse et d'exploration des indicateurs. On montre les actions concrètes possibles à partir des combinaisons de vues cartographiques, graphiques et tabulaires de chaque problématique.

IV.1. Appropriation technologique de JMAP-SPATIAL OLAP

L'outil JMAP-SOLAP permet de configurer des interfaces utilisateurs à partir des connexions faites sur des structures de données Spatiales Multidimensionnelles appelées couramment des cubes. La plateforme JMAP-SOLAP permet de publier en ligne des projets ou interfaces SOLAP pour explorer les Mesures, Faits et Dimensions à partir de cartes, tableaux et graphiques.

Le choix s'est porté sur cette technologie car il s'agit d'un outil résultant d'un travail de recherche et d'expertise effectué depuis 1997 au Centre de Recherche en Géomatique : le produit fait l'objet d'un processus d'amélioration continue via de nombreuses itérations entre les utilisateurs opérationnels (pour l'essentiel issus des ministères du Québec au Canada) et les ingénieurs de recherche, informaticiens et géomaticiens des équipes spécialisées du CRG.

Les principaux atouts de cette technologie résident :

- dans sa capacité à intégrer facilement des données géographiques et non géographiques compatibles avec la plupart des formats du marché : fichiers vectoriels, rasters, bases de données spatiales, bases de données relationnelles;
- dans sa capacité à paramétrer l'ensemble des données dans un environnement Internet interactif : toutes les configurations se font depuis une console d'administration web sans avoir à utiliser de langage de programmation;
- dans sa souplesse d'interface utilisateur pour explorer les modèles spatiaux multidimensionnels : l'interface permet de naviguer dans les données grâce à des opérateurs de type SIG, des opérateurs spécifiques de type SOLAP, des opérateurs de navigation temporelle, des générateurs de combinaisons thématiques d'états cartographiques, graphiques et tabulaires.

De nombreux projets témoignent de la diversité des champs d'application possibles de SOLAP. On distingue notamment des applications dans le domaine de la santé pour le suivi du virus du Nil Occidental [Gosselin et al., 2005], dans le domaine des transports pour l'analyse des transports de matières dangereuses sur les tronçons routiers [Rivest et al. 2005], dans le domaine des risques concernant l'analyse de l'érosion des berges [Ms Hugh et al., 2005] ou encore dans le domaine du sport pour l'analyse en temps réel de la performance des sportifs de haut niveaux [Veilleux et al., 2004].

La figure 60 situe l'étape d'appropriation technologique à l'intérieur de la Démarche d'Implémentation.

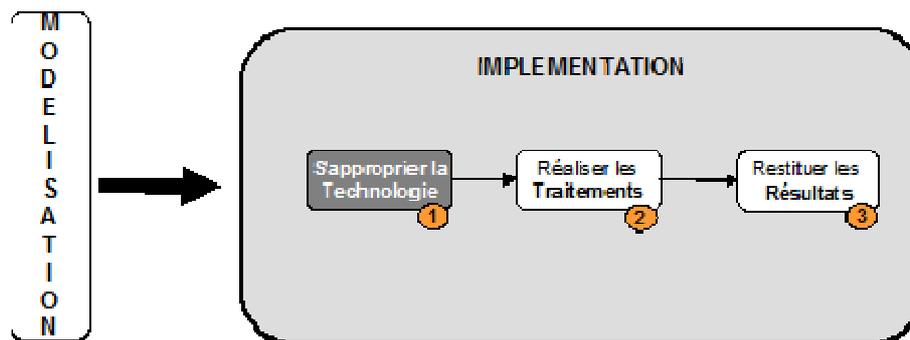


Figure 59 – Etape d'appropriation technologique dans la démarche d'Implémentation

IV.1.1. Architecture de jmap-solap

IV.1.1.i. Description générale

La version de l'outil SOLAP utilisée dans la thèse a été développée comme une extension du logiciel de cartographie en ligne JMAP (conçu et commercialisé par la société Kheops Technology). La réalisation de l'extension SOLAP résulte du partenariat technologique entre le CRG en charge de la conception fonctionnelle, technique et de la réalisation informatique du produit et Kheops en charge d'assurer la commercialisation et le support auprès des clients. SOLAP a été intégré au sein de l'outil JMAP sous forme d'une extension. Ainsi il est utile d'expliquer le fonctionnement général de JMAP et son architecture.

Architecture technique de JMAP

L'installation de SOLAP nécessite d'avoir au préalable installé le logiciel JMAP. Celui-ci repose sur un serveur applicatif JAVA. Un serveur web y est intégré de façon à donner la possibilité de déployer les applications clientes sur des navigateurs Internet. Tous les modules d'administration et les applications sont accessibles via un navigateur web. JMAP a été conçu pour publier des applications exploitant des données géographiques et non géographiques dans un ensemble cohérent pour les utilisateurs visés. Il est possible de paramétrer la sémologie des couches d'informations géographiques le gestionnaire des styles (contours,

trame de fond, transparence, etc.), l'arborescence logique des couches d'informations, la gestion des attributs des objets géométriques et la jointure avec des attributs externes ou encore les niveaux de zoom pour l'affichage de chaque couche. Afin de rendre encore plus interactif l'interface des extensions ont été développées pour réaliser en ligne des opérations topologiques (extractions d'objets géométriques, intersections, inclusions), configurer des moteurs de géocodage (interrogation de référentiels routiers à partir d'une ou plusieurs adresses pour obtenir les coordonnées géographiques) ou encore pour intégrer des éléments multimédia aux objets géométriques tels que des images, des liens URL vers des pages Internet ou des applications externes.

L'intégration de SOLAP dans la technologie JMAP permet aux utilisateurs finaux de bénéficier de tous les avantages technologiques liés à la publication web d'applications cartographiques. JMAP est relativement transversal car compatible avec les principaux formats standards SIG disponibles sur le marché aussi bien vectoriel (shape, midmif, dwg, dxf) que raster (tiff, géotiff) ou encore des bases de données spatiales comme ORACLE Spatial mais aussi la compatibilité aux standards de l'OGC en termes d'interopérabilité : il n'y a pas d'exclusivité sur un format propriétaire unique de données. Le déploiement des applications cartographiques, paramétrées depuis le module d'administration, peut se faire sur plusieurs types de supports web : clients purement HTML, client intégrant du Java (applet) ou encore des clients mobiles (palm, pocket pc, etc.). Les prototypes déployés reposent sur des clients web contenant une applet JMAP.

La figure 61 illustre l'architecture générale de JMAP incluant de fait l'architecture de JMAP-SOLAP. L'architecture de JMAP est une architecture trois tiers avec :

- Les serveurs existants du ou des systèmes d'informations sources qui vont être intégrées dans les applications JMAP ; des connecteurs (JDBC ; Java DataBase Connectivity) permettent d'accéder à ces sources et les sources de données ne sont pas altérées.
- Le serveur applicatif JMAP (reposant sur la technologie JAVA) qui contient l'ensemble des configurations faites sur les projets JMAP destinés à être déployés sur les postes clients. Le serveur applicatif est doté de fonctions avancées de gestion du cache pour fluidifier les échanges de données vers les postes clients ; ces fonctions sont particulièrement utiles pour les transferts de données raster et les données géométriques fortement consommatrices en bande passante.
- Les postes clients web se connectant via le web au serveur JMAP ; ceux-ci sont soit des clients web HTML soit des clients web contenant une APPLLET JAVA offrant plus d'interactivité et de fonctionnalités. Les fonctionnalités de gestion du cache côté client web sont utilisées pour pré-stocker les objets géométriques ayant déjà été demandés par l'utilisateur dans le but d'améliorer le temps de réponse.

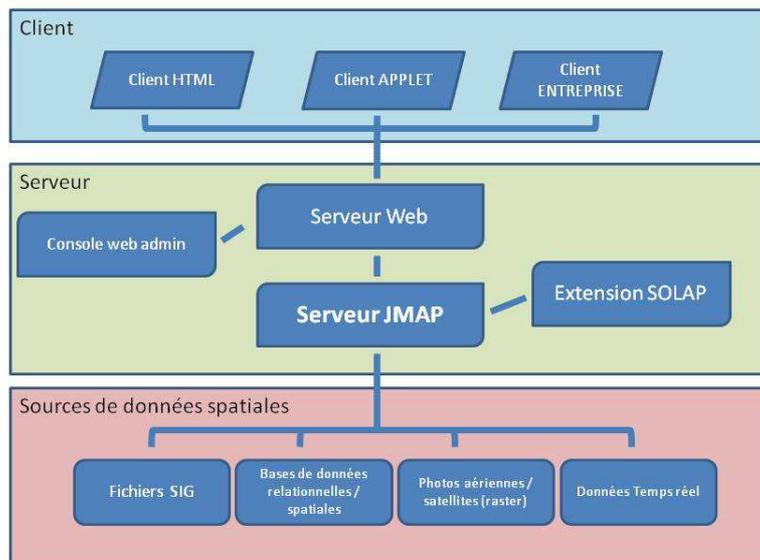


Figure 60 – Schéma d'architecture technique de JMAP

L'outil est composé de deux modules d'interface :

- un « Module d'administration »
- un « Module de visualisation »

Le « Module d'administration » permet de paramétrer les connecteurs physiques aux bases de données (ROLAP) et aux sources d'informations géographiques (fichiers vectoriels, raster, BD géographiques), de configurer les composantes multidimensionnelles (Dimensions, Mesures, Cubes), mais aussi de paramétrer les règles de représentation des données cartographiques au travers de la gestion des couches d'informations géographiques : gestion des styles (trame de fond, couleur, transparence en fonction d'intervalles de valeurs), gestion des thématiques (variation des styles en fonction des intervalles de valeurs sur les mesures), arborescence des couches.

Le « Module de visualisation » permet de restituer les données aux utilisateurs finaux sous forme de diagrammes (diagrammes à barres verticales et horizontales, camemberts, diagrammes de points), de tableaux et de cartes dynamiques simples, complexes, multi-échelles, multi-époques et directement compatibles avec l'environnement de production SIG. Il existe des clients JMAP de type web SIG et d'autres JMAP-SOLAP intégrant les opérateurs de navigation SOLAP. L'intérêt des interfaces JMAP-SOLAP de visualisation est d'offrir à l'utilisateur final la possibilité de construire lui-même les états relatifs à l'analyse qu'il souhaite générer à partir des Cubes conçus spécifiquement pour la problématique. L'utilisateur peut définir les modalités d'affichage des colonnes, des lignes, des tableaux ou encore les axes, les courbes des graphiques ou bien les éléments cartographiques. Ce sont les combinaisons de ces trois modes de représentation qui offrent l'interactivité nécessaire pour analyser et diagnostiquer chaque problématique.

IV.1.1.ii. Le Module d'administration de JMAP-SOLAP

Le « Module d'administration » de JMAP-SOLAP (JMAP WebAdmin) intègre à la fois les fonctionnalités propres à l'administration de JMAP et les fonctionnalités propres à SOLAP. Ce module est important puisqu'il permet de relier dans un ensemble cohérent les résultats des traitements, les structures de stockage des « Cubes » et les sources des données géographiques.

On distingue la partie classique d'administration de JMAP et la partie spécifique à SOLAP. Ces deux parties sont interdépendantes puisque chaque cube SOLAP configuré doit être relié à un projet géographique créé dans JMAP.

La partie d'administration JMAP est décomposé en quatre sous modules :

- le sous-module « Bases de données »
- le sous-module « Sources de données spatiales »
- le sous-module « Configuration des projets géographiques »
- le sous-module « Configuration des cubes »

Ces sous-modules sont repris et décrits ci-dessous.

Le sous module « Bases de données »

Ce sous-module permet de configurer l'ensemble des connexions aux bases de données. Il s'agit de définir les liaisons physiques entre JMAP-SOLAP et les bases de données relationnelles manipulées dans les projets. Ainsi on définira par exemple les connexions vers les bases de données contenant les cubes ROLAP, celles contenant les données non géographiques comme par exemple la BD GASPARG sur l'avancement des procédures administratives sur les risques naturels ou la BD SITADEL sur l'avancement des permis de construire sur tout le territoire. Les données stockées dans ces bases vont être jointes dynamiquement à des données géographiques. Il n'y a pas de transfert de données sur le serveur d'application ; les sources de données restent dans leur espace de stockage d'origine.

Ainsi depuis ce module il sera possible de paramétrer les connexions à la BD GASPARG pour l'avancement des procédures administratives sur les risques naturels, la base de données SITADEL contenant les données sur l'avancement des permis de construire ou encore les bases de données « Contrats » et « Sinistres » à l'intérieur du système d'information d'une société d'assurance.

Les bases de données paramétrées dans ce module vont permettre d'intégrer des données non géographiques (sous forme d'attributs) avec des objets géométriques stockés dans des sources de données géographiques.

Le sous module « Sources de données spatiales »

Ce sous-module permet de configurer les paramètres de connexion aux données spatiales soit en chargeant les fichiers SIG de type ShapeFile ou Mid-Mif ou Raster directement sur le serveur applicatif JMAP soit en se connectant à des bases de données spatiales de type ORACLE Spatial. Cela permet de définir le type d'objet géométrique (point, ligne, polygone), les attributs associés à chaque objet géométrique et les paramètres de gestion des transferts de données vers les clients JMAP du « Module de visualisation » de façon à garantir un temps de réponse le plus réduit possible pour la navigation spatiale dans un des clients JMAP. Cela concerne notamment la capacité à généraliser les contours des polygones sur certains niveaux de zoom pour rendre la donnée moins volumineuse mais aussi le « tuilage » visant à découper une couche de données géographiques en un ensemble de tuiles (chaque tuile affichée à la demande de l'utilisateur est conservée sur le poste client de façon à la réafficher rapidement lorsque celle-ci est redemandée par l'utilisateur). Une gestion du cache est faite côté serveur pour pré-traiter les données de type Raster avant envoi car celles-ci sont fortement consommatrices en bande passante. L'ensemble de ces paramètres permettent d'améliorer considérablement le temps de réponse à l'affichage pour obtenir de bonnes performances d'analyse.

De plus, depuis cette interface on configure les jointures entre les objets géométriques contenus dans les sources de données spatiales et les champs des bases de données non spatiales. Cela permet de définir les attributs que l'on souhaite associer aux objets géométriques. Il s'agit de la fonction permettant de définir des attributs externes.

Ainsi à partir de ce sous-module on va créer les connexions à toutes les sources de données géographiques manipulées dans les cas d'étude comme les données issues de GEOFLA sur les contours administratifs et les données sur les parcelles cadastrales IGN, les données issues de la BD Profile Habitat de l'INSEE, les Atlas des Zones Inondables issus des modélisations hydro-géomorphologiques, le Modèle Numérique de Terrain France entière fourni par la NASA (SRTM avec 90m de précision), les PPR numérisés ou encore le découpage hydrographique des bassins versants issus de la BD Carthage de l'IFEN.

La définition des modalités d'affichage dans le « Module de visualisation » des couches géographiques se fait via le sous-module « Projets géographiques ».

Le sous module « Projets géographiques »

Ce sous-module permet de configurer les projets qui seront publiés sous forme d'interfaces clients Internet aux utilisateurs finaux. Un projet est un ensemble de couches d'informations géographiques faisant appel aux sources de données spatiales configurées dans le sous module précédent. Une couche géographique d'un projet contient l'ensemble des paramètres propres à la sémiologie graphique des objets géométriques (point, ligne, polygone) : configuration du style de la couche (couleur, degré de transparence, trame de fond, bordures), gestion des niveaux de zoom, des thématiques (variations des styles en fonction des valeurs ou des

intervalles de valeurs d'un ou plusieurs attributs). Les couches géographiques peuvent être ordonnancées de façon hiérarchique suivant les besoins propres des utilisateurs du projet.

Ainsi on pourra depuis ce sous-module configurer les styles d'affichage en ligne des couches géographiques manipulées dans chacun des « Cubes SOLAP ». Les thématiques permettent par exemple pour les PPR d'utiliser les variations de couleurs pour chaque type de zone (bleues, rouges, autres) ou encore les Atlas des Zones Inondables en fonction de la classe de fréquence du scénario de crue (Très Fréquent, Fréquent, Rare, Exceptionnel). On décidera de la sémiologie graphique de l'affichage des parcelles cadastrales ou encore des lieux de risque des polices d'assurance ou bien des îlots INSEE. Il est possible d'enrichir l'affichage à l'aide de données Raster comme par exemple les représentations des routes et de l'occupation du sol afin de permettre à l'utilisateur de mieux se localiser dans l'espace géographique représenté. Il convient ensuite de configurer les cubes SOLAP qui seront explorés par les utilisateurs au travers des projets définis dans le présent sous module.

Le sous module « Configuration des cubes SOLAP »

A partir de ce sous module il est possible de configurer les cubes pour les rendre explorables au travers d'un client internet JMAP-SOLAP. Pour cela il est nécessaire de définir les connexions aux tables de Dimensions, aux tables de Faits, d'identifier les Mesures et les jointures sous forme de cubes.

La gestion des « Dimensions » permet de gérer le paramétrage de la liste de l'ensemble des dimensions disponibles pour tous les cubes : les « Dimensions spatiales », les « Dimensions descriptives » et les « Dimensions temporelles » (concernant les « Dimensions opérateurs », elles sont configurées comme des « Dimensions descriptives »). Pour chacune des dimensions une connexion est faite à une des tables de Dimension accessible le « sous-module Base de données ». Ensuite pour chaque Dimension on définit l'architecture en étoile, ou en flocon, les niveaux hiérarchiques en identifiant pour chaque niveau l'identifiant unique et le libellé de chaque Membre : une clé d'identifiant unique utilisée pour faire la jointure avec la table de Faits et un libellé visible depuis l'interface du client JMAP-SOLAP. Concernant les « Dimensions spatiales » à chaque niveau hiérarchique est associée une source de données géographique en faisant la jointure entre les identifiants des Membres et les identifiants des objets géométriques.

Ensuite il convient de paramétrer les « Cubes SOLAP ». Pour cela un des « Projets géographiques » configurés dans le sous-module précédent est associé à un « Cube SOLAP ». On va ensuite établir la connexion avec la table des Faits puis identifier à l'intérieur de cette table les champs contenant les valeurs des « Mesures ». Dans la version de SOLAP utilisée les Mesures spatiales de type « pointeurs spatiaux », « objets géométriques » ne sont pas gérées ; il est uniquement possible de configurer les « Mesures numériques » (nombres, montants, ratio, pourcentage, surface, superficie, périmètre, etc.). Les listes de « pointeurs spatiaux » seront donc présentées sans avoir été réellement implémentées dans les prototypes. Pour chaque « Mesure » on associe une thématique de vue permettant de différencier la sémiologie graphique (couleur, trame, transparence, bordure, etc.) selon les valeurs de la

mesure : intervalles de valeurs ou des valeurs uniques, fonction de distribution de la variable (écart type, moyenne, etc.).

La figure 62 récapitule les sous-modules en les pointant sur l'interface du module d'Administration de JMAP-SOLAP.

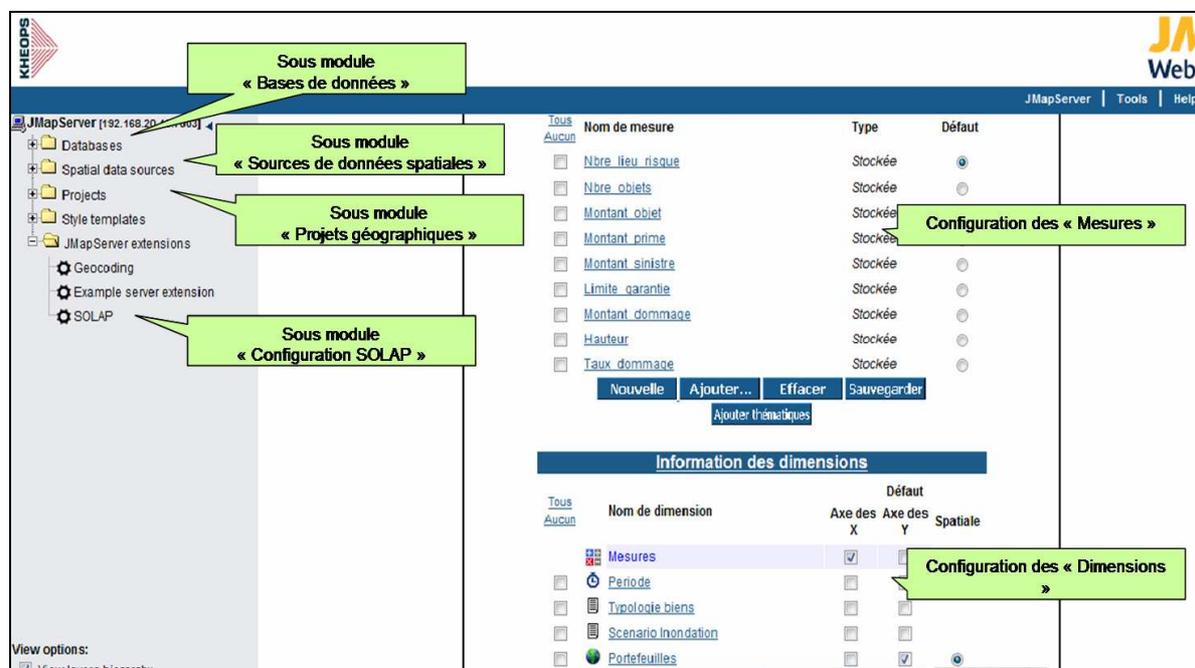


Figure 61 – Illustration de l'interface d'administration JMAP-SOLAP

Une fois les Mesures configurées il ne reste plus qu'à paramétrer les jointures entre les clés d'identifiant étrangères de la table de Faits et la clé d'identifiant unique de chaque Dimension du Cube. Enfin il est possible pour accompagner contextuellement l'utilisateur de définir les métadonnées du Cube ; c'est à dire les données permettant de décrire les données contenues dans les dimensions et les mesures depuis le « Module de visualisation » JMAP-SOLAP.

IV.1.1.iii. Le « Module de Visualisation » JMAP-SOLAP

Le « Module de Visualisation » est une interface web d'exploration et d'analyse de « Cube SOLAP ». Elle contient des opérateurs propres à la navigation cartographique (communs aux Systèmes d'Information Géographiques - SIG) et des opérateurs spécifiques SOLAP permettant de naviguer dans les « Faits » et les « Mesures » à partir de la sélection des « Membres » des « Hiérarchies » des « Dimensions ». Il est possible de générer plusieurs types de vues au sein de la même interface :

- Tableaux (multidimensionnels avec plusieurs axes en colonne et en ligne).
- Graphiques (histogrammes, courbes, camemberts, combinaisons de plusieurs graphiques).
- Cartes (cartes thématiques, multicartes, cartes avec graphiques superposés).

A l'aide de simples déplacements de souris il est possible de positionner les « Dimensions » que l'on souhaite avoir en colonne et en ligne pour construire les tableaux ou bien les axes d'abscisses et d'ordonnées des graphiques ou encore la dimension utilisée pour le multi-cartes ou mono-carte pour la cartographie.

Ce mode de sélection est relativement intuitif puisque les intitulés des Dimensions (comprenant les niveaux hiérarchiques, les membres), des mesures sont en accord avec les axes d'analyse privilégiés par l'utilisateur décideur. La figure 63 zoome sur la partie de l'interface permettant de sélectionner les Dimensions, les Mesures et les axes pour générer ensuite les cartes, graphiques, et tableaux.

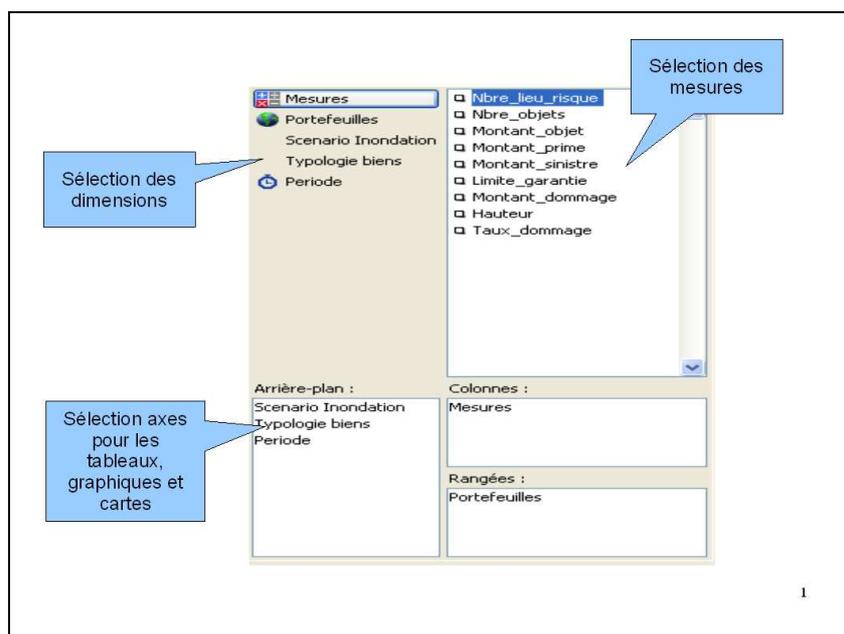


Figure 62 – Sélection des « Mesures », des « Dimensions » pour construire les graphiques, tableaux, cartes

On distingue deux types d'opérateur de navigation depuis l'interface de visualisation :

- **Les opérateurs SIG** servent à effectuer des opérations sur les objets géométriques propres à un outil Web SIG comme JMAP à savoir : sélection d'objets géométriques, requêtes topologiques entre des objets géométriques (intersections, inclusions, etc.), Mesures métriques sur les objets (distance, superficie, périmètre), contrôle des couches (permettant de changer en ligne la sémiologie graphique ou l'ordre d'affichage des couches), ajout de labels ou de commentaires sur la cartes à partir des attributs des objets géométriques. Avec ces fonctionnalités, l'utilisateur peut relever de l'information à partir de l'état cartographique généré lors de l'analyse. Ainsi l'utilisateur pourra par exemple relever les distances des lieux de risques affichés avec les zones d'aléas ou bien la proximité aux zones PPR. La figure 64 présente la barre d'outils de l'interface pour utiliser les opérateurs SIG.



Figure 63 – Opérateurs SIG du Module de Visualisation

- **Les opérateurs SOLAP** permettent de naviguer sur les Dimensions et Mesures à l'intérieur des tableaux, graphiques et cartes. On distingue notamment :
 - o le « Forage » (drill-down) : permet de passer d'un niveau hiérarchique global vers un niveau hiérarchique plus détaillé d'une dimension
 - o le « Remontage » (drill-up) : permet de remonter d'un niveau détaillé à un niveau plus global d'une dimension
 - o le « Forage latéral » (drill-across) : permet de passer d'un membre d'un niveau hiérarchique à un autre membre de ce même niveau à l'intérieur d'une dimension
- Ces opérateurs sont applicables sur toutes les vues possibles ; par exemple « Forage » à l'intérieur de la « Dimension Spatiale » sur la vue cartographique. Les opérateurs permettent aussi de générer chacune des vues graphiques, tableaux et cartographie ; pour chaque vue les sélections des Dimensions sont conservées et l'ensemble du contexte peut être sauvegardé par l'utilisateur. Par ailleurs il est possible de synchroniser les vues de façon à ce que les modifications sur la sélection des Membres d'une ou plusieurs Dimensions ou d'une ou plusieurs Mesures soient simultanément prises en compte sur l'ensemble des vues générées. La figure 65 présente la barre d'outils de l'interface pour utiliser les opérateurs SOLAP.



Figure 64 – Opérateurs SOLAP du Module de Visualisation

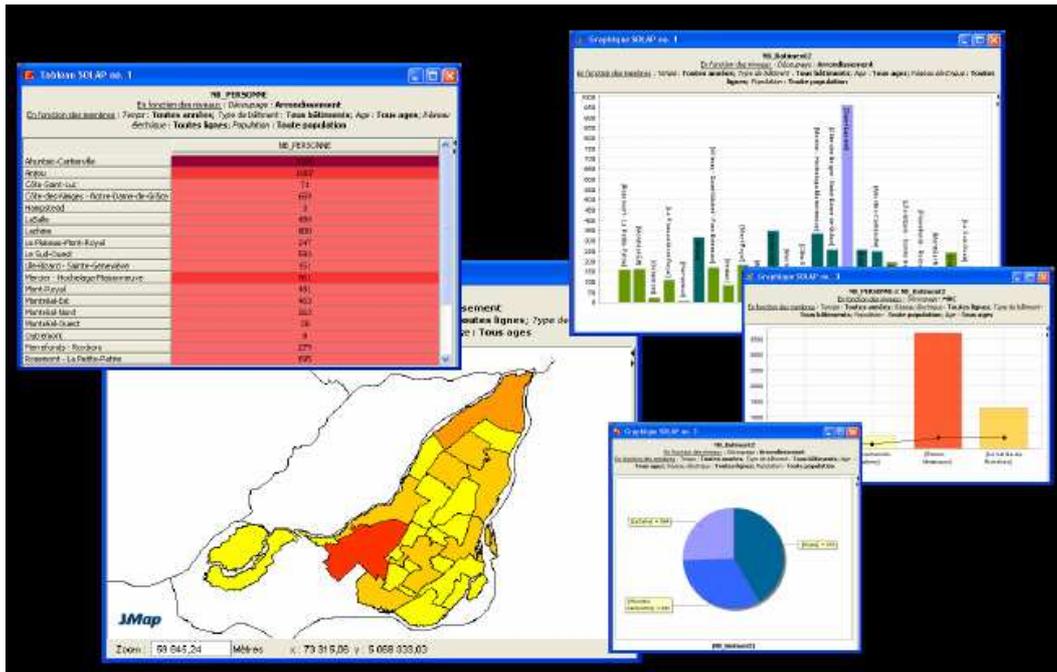


Figure 65 – Exemple de combinaison de vues graphiques, cartographiques et tabulaires dans la même interface SOLAP

Ce sous-chapitre a présenté l'étape d'« Appropriation technologique » au travers de l'exemple de technologie géodécisionnelle « JMAP-SOLAP ». L'intérêt de cette plateforme technologique est de pouvoir paramétrer dans un même ensemble des bases de données, des sources de données géographiques et des Cubes SOLAP. Le module web d'Administration permet d'effectuer les paramétrages sans avoir à faire de programmation. Le module de visualisation permet de générer les vues et de les combiner de façon intuitive à partir d'opérations de « drag and drop » (glisser-déplacer) avec la souris ce qui rend la tâche plus facile pour les analystes et les décideurs pour s'affranchir des barrières techniques et se concentrer exclusivement sur l'analyse et l'exploration des indicateurs de la problématique.

L'étape suivante consiste à présenter la chaîne de traitements à mettre en œuvre pour extraire les données, les transformer et les charger dans les « Cubes » ou « Structures spatiales multidimensionnelles » dont la conception a été faite lors de la phase de « Modélisation ».

IV.2. Etape 2 : Réalisation des traitements d'ingénierie

Les traitements nécessaires à la consolidation des indicateurs doivent être organisés de façon méthodique afin de garantir des valeurs cohérentes des Mesures calculées pour les combinaisons de dimensions possibles. Il convient de mettre en place une chaîne de traitements qui correspond à un environnement informatique depuis l'extraction des données source, des croisements les unes entre elles, les calculs des Mesures pour chacune des combinaisons de Dimensions jusqu'à la restitution finale à l'utilisateur. Il s'agit de l'étape de « Réalisation des traitements » de la démarche d'Implémentation.

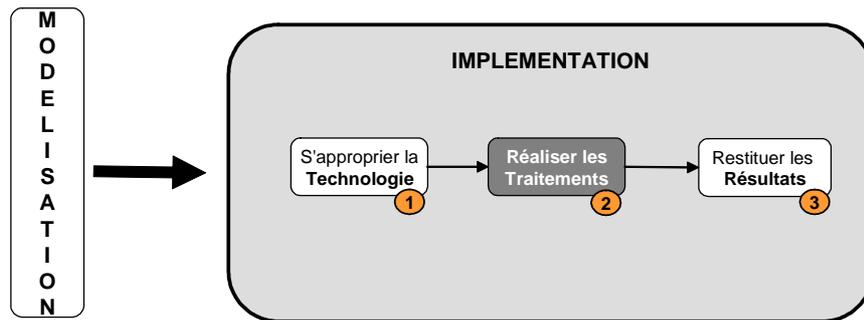


Figure 66 – Etape de « Réalisation des traitements » dans la démarche d'Implémentation

L'étape de traitement (figure 67) se décompose en trois sous-étapes :

- La sous-étape d' « Extraction des données »
- La sous-étape de « Transformation des données »
- La sous-étape de « Chargement des Cubes »

Ces sous-étapes sont décrites ci-dessous (figure 68).

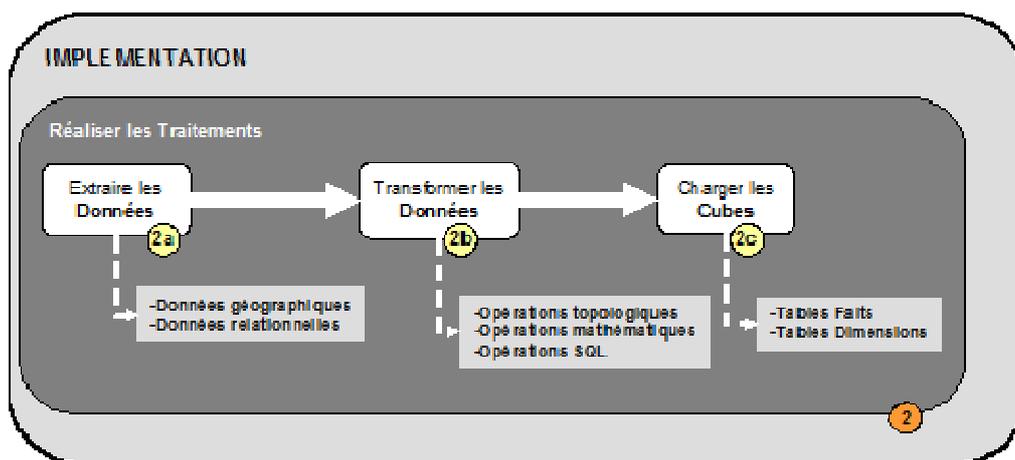


Figure 67 – Décomposition des sous étapes de la « Réalisation des traitements »

Dans ce sous-chapitre on va illustrer chacune des sous-étapes au travers des cas d'étude traités sur la problématique sur l' « Evaluation de la politique de prévention sur l'angle de l'efficacité et de la pertinence » et l' « Evaluation de l'exposition financière des portefeuilles d'assurés aux Inondations ».

IV.2.1. Etape 2a : Extraction des données

Cette étape permet de rassembler l'ensemble des données géographiques et non géographiques à mobiliser pour réaliser les traitements. Il s'agit de mettre en place les connecteurs et le chargement sur la plateforme d'ingénierie des données. Les données à

mobiliser ont été présentées dans l'étape de « Recensement des Données mobilisables » dans la phase « Modélisation » détaillée dans le Chapitre III. A cette étape, les données sont préparées pour les traitements ultérieurs visant à calculer les valeurs des « Faits » à charger dans les « Cubes SOLAP » pour permettre l'analyse des cas d'études modélisés. De façon à rendre les rendres exploitables, les données sont extraites puis pré-traitées. Les prétraitements permettent notamment de nettoyer les données pour chaque source de données ; supprimer les doublons, regrouper les informations numériques et alphanumériques par objet géométrique. Par ailleurs les requêtes permettent de cibler précisément les données nécessaires à l'intérieur de chaque source. Les requêtes sont un ensemble d'extractions, de requêtes SQL et sélections d'objets géométriques pertinents pour la problématique traitée. Concernant les opérations SQL on utilise les outils des environnements relationnels avec des connecteurs de base de données (ODBC, JDBC). Les extractions MainFrame peuvent être faites à partir de logiciels de type SAS. Concernant les extractions d'objets géométriques l'outil ArcCatalog d'ESRI a été utilisé.

Pour les traitements relatifs au modèle sur l'« Evaluation sur la pertinence des mesures préventives » il faudra extraire les données sur l'avancement des PPR et le comptage des arrêtés Catnat par année, pour l'aléa Inondation pour chaque commune à partir de la « BD GASPAN » pour les données alphanumériques. Les objets géométriques sont ceux sélectionnés à partir de la « BD Profil Habitats » de l'INSEE pour les types d'habitations recherchés dans la Dimension « Habitat » : logements individuels, collectifs, professionnels, entreprises. Les zones inondables provenant des « Atlas des Zones Inondables » (AZI) sont les autres objets géométriques sélectionnés pour les calculs d'exposition à l'aléa inondation (à partir de l'hypothèse considérant qu'il s'agit pour chaque partie du territoire d'une modélisation hydrogéomorphologique). Les contours administratifs des Communes, Départements, Régions sont extraits à partir de la BD GEOFLA de l'IGN.

Pour les traitements relatifs au modèle sur l'« Evaluation de l'efficacité des mesures préventives », il faudra extraire les données sur l'avancement et les types de constructions associées à partir de la « BD SITADEL » du MEEDDAT. Les autres extractions sont des objets géométriques avec notamment l'extraction des zones réglementaires pour les Communes ayant des PPR approuvés avec le type associé (« Rouge », « Bleue », « Jaune », « Autre »). Comme précédemment, les zones inondables sont mobilisées. L'unité géographique la plus fine est la « Parcelle Cadastre » ; les parcelles pertinentes sont celles des communes ayant un PPR approuvé et elles sont contenues dans la BD Parcellaire de l'IGN. Les contours administratifs de la BD GEOFLA de l'IGN sont aussi mobilisés.

Pour les traitements relatifs au modèle sur l'« Evaluation de l'exposition des portefeuilles d'assurés d'une société d'assurance », il faudra extraire des données internes au système d'information global de l'entreprise d'assurance considérée. Il sera nécessaire d'extraire les montants des sinistres, des primes, les adresses de risques, les descriptions des objets de risque assurés et sinistrés avec les valeurs financières associées. Pour chaque adresse de risque on dispose des coordonnées géographiques associées ce qui permet de générer un fichier de points représentant l'ensemble des lieux de risque des portefeuilles d'assurés. Les données sur les inondations permettant de réaliser les calculs d'endommagement sont des

résultats de modélisations hydrauliques reposant sur un MNT avec le logiciel HEC-RAS : les mailles issues de la modélisation suivent celles de la BD Alti avec une précision de 50m.

Le schéma de la figure 69 récapitule les connexions avec les sources de données géographiques et les bases de données non géographiques pour faire les extractions nécessaires à la réalisation des traitements.

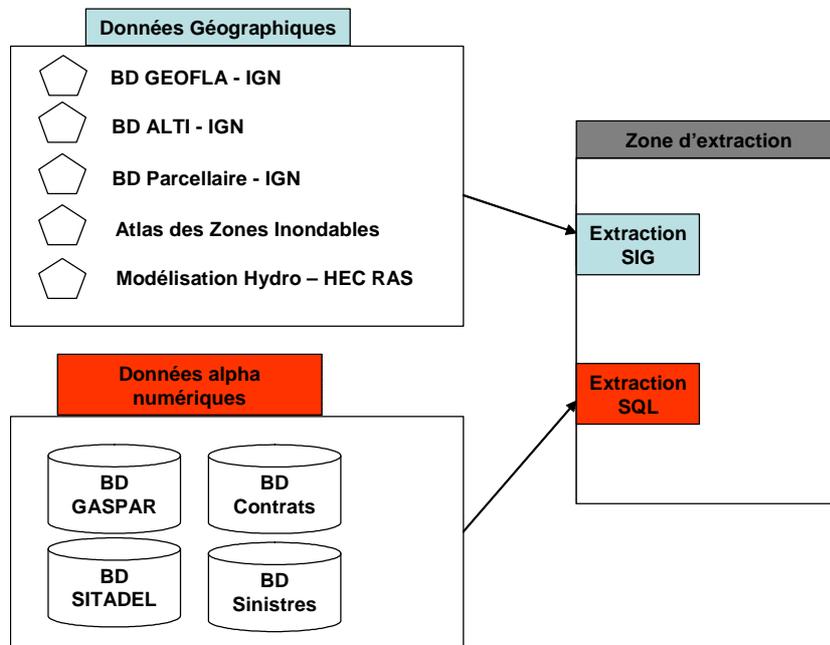


Figure 68 – Schéma récapitulant la sous-étape d'Extraction des données dans la phase d'implémentation des modèles

La sous-étape suivante consiste à réaliser les traitements de transformation pour réaliser les calculs des Mesures à partir des combinaisons des Membres des Dimensions afin de consolider les Faits qui seront chargés dans le Cube.

IV.2.2. Etape 2b : Transformation des données

L'étape de Transformation consiste à réaliser un ensemble de prétraitements pour faciliter le chargement.

Les traitements combinent un ensemble d'opérations topologiques, mathématiques et SQL. Ces prétraitements nécessitent de mettre en place des bases de données intermédiaires pour stocker les résultats. La suite de ce sous-chapitre vise à présenter quelques illustrations des traitements ayant pu être réalisés dans chacun des cas d'étude modélisés.

IV.2.2.i. Les traitements sur l'évaluation de la pertinence des mesures préventives

Concernant le cube sur l'« Evaluation de la Pertinence des mesures préventives », il s'agit d'être en mesure de pouvoir évaluer le nombre de logements individuels, collectifs et professionnels situés en zones inondables. Or il est impossible de disposer des adresses de tous les logements de France dans le but de les géocoder puis de les croiser avec les zones inondables pour avoir le nombre précis de ces logements. En revanche il est possible d'approcher ce nombre en utilisant les polygones des îlots de la base Profil Habitat de l'INSEE. En effet pour chaque îlot on dispose de l'information sur le nombre de logements individuels, collectifs et professionnels. Il est alors possible de calculer la proportion de chaque polygone inclus dans une zone inondable. Par exemple si 50% d'un îlot contenant 200 logements individuels est situé dans une zone inondable de fréquence « Exceptionnelle » alors il sera considéré avec cette méthode qu'environ 100 logements individuels sont concernés par le risque. En prenant les zones inondables disponibles sur tout le territoire, en les croisant avec les contours sur la base Profile Habitat on obtient pour chaque îlot le nombre de logements exposés. Un îlot étant attaché à une commune, à partir de ces traitements on peut corréler les logements inondables par type avec les membres des autres dimensions dont certains correspondent aux attributs de chaque commune (ex : logements inondables pour les communes ayant connus des arrêtés catastrophes naturelles dans les 5 ans et n'ayant pas de PPR approuvé). Cette méthode d'approximation des logements inondables a été mise au point par l'équipe de la MRN pour reconstituer les dommages sur des événements passés comme les crues de 2002 et 2003 dans le Gard et dans le Rhône [MRN, 2006]. La figure 70 présente l'illustration de ce type de traitement de calcul des proportions d'îlots INSEE situés en zones inondables d'un AZI.

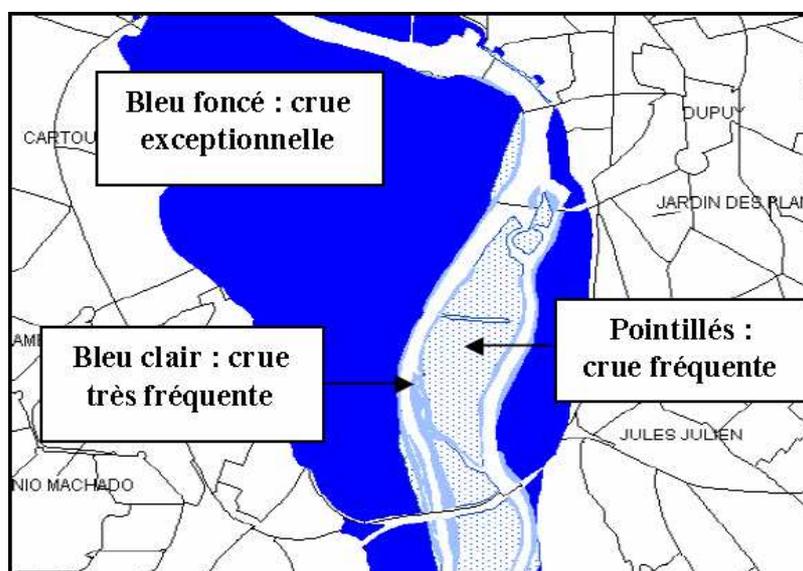


Figure 69 – Illustration des croisements entre les îlots INSEE Profil Habitat et l'Atlas des Zones Inondables dans le département des Alpes Maritimes

Les prétraitements complémentaires consistent à effectuer des requêtes SQL et des regroupements sur la base de données GASPARD. Pour déduire l'avancement du PPR de chaque commune soumise au risque inondation, il est nécessaire de « transformer » une date de prescription et/ou d'approbation ou l'absence en un état d'avancement (absent, prescrit, approuvé). Pour les arrêtés Catnat il s'agit de comptabiliser le nombre par année via des regroupements par commune pour l'aléa inondation. Une fois ces informations regroupées par commune un regroupement est fait par Code Insee en partant des résultats des croisements faits entre les îlots et l'AZI.

Le tableau 12 montre un extrait de la table stockant tous les résultats des traitements réalisés sur toutes les communes du département des Alpes Maritimes : proportions de logements en zone inondable (collectifs, individuels, professionnels), l'état d'avancement du PPR, le nombre d'arrêtés Catnat, etc.).

INSEE	Nom de la commune	Nombre de logements individuels en zone inondable	Nombre de logements de habitat collectif en zone inondable	Nombre total de logements en zone inondable	Proportion de logements individuels en zone inondable	Proportion de logements en habitat collectif en zone inondable	Proportion de logements en zone inondable	PPR approuvé	Nombre arrêtés catnat inondation
06088	NICE	2017	79275	81292	0,16	0,48	0,45	approuvé	8
06029	CANNES	804	14204	15008	0,20	0,27	0,27	approuvé	7
06027	CAGNES-SUR-MER	1991	8686	10677	0,30	0,51	0,45	approuvé	7
06083	MENTON	582	6533	7115	0,19	0,35	0,32	prescrit	5
06079	MANDELIEU-LA-NAPOULE	601	5409	6010	0,23	0,41	0,38	approuvé	4
06004	ANTIBES	691	4979	5670	0,08	0,12	0,11	approuvé	7
06123	SAINT-LAURENT-DU-VAR	244	2494	2738	0,12	0,22	0,21	prescrit	8
06149	TRINITE (LA)	555	798	1353	0,39	0,35	0,36	approuvé	3
06090	PEGOMAS	671	395	1066	0,45	0,46	0,46	approuvé	6
06136	SOSPEL	535	367	902	0,50	0,50	0,50	absent	6
06162	LA BRIGUE	455	366	821	0,88	0,88	0,88	Prescrit	4
06126	SAINT-MARTIN-DU-VAR	375	400	775	0,91	0,91	0,91	absent	5

Tableau 12 - Exemple de traitements réalisés à partir des calculs d'exposition des logements et des recoupements avec la base GASPARD sur le département des Alpes Maritimes

IV.2.2.ii. Les traitements sur l'évaluation de l'efficacité des mesures préventives

Concernant le cube sur « l'Evaluation de l'Efficacité des mesures préventives », les traitements consistent cette fois à réaliser les croisements entre les contours des parcelles cadastrales à l'intérieur des communes, les contours des zones réglementaires des PPR et les contours des zones inondables de façon à suivre l'évolution des permis de construire délivrés dans ces zones. Dans un premier temps, pour mesurer la qualité du zonage du PPR, il faut

croiser les contours des zones inondables avec ceux des zones réglementaires afin d'identifier les zones pour lesquelles la cartographie de l'aléa est surestimée par rapport au PPR ou inversement là où la cartographie de l'aléa est sous-estimée par rapport au PPR ou encore là où la cartographie de l'aléa et du PPR sont en adéquation. Dans un second temps il faut croiser les objets géométriques obtenus avec les contours des parcelles cadastrales pour classer les parcelles par type de zone. De façon à rendre les résultats des Mesures agrégables on attribue à chaque parcelle un seul type de zone inondation, un seul type de zone réglementaire et un seul critère d'analyse aléa-PPR. Si une ou plusieurs parcelles sont situées à la frontière de deux types de zones alors on attribuera uniquement le type dont la proportion est la plus importante. Par la suite une jointure est faite avec la base de données SITADEL pour identifier l'avancement des permis de construire en fonction des membres des autres Dimensions du cube (type de construction, étape d'avancement de l'autorisation). Les résultats de ces traitements doivent être pondérés par les incertitudes liées aux différentes échelles des couches cartographiques manipulées ; un Atlas de Zones Inondables est réalisé à l'échelle de 1/25 000e (avec une incertitude de 25 m) et les zonages réglementaires sont réalisés au 1/5000e (avec une incertitude de 5 à 10 m). Ces types de traitements ont été réalisés lors de l'étude visant à concevoir un dispositif de notation des PPR réalisé en 2006 entre la MRN et ARMINES [Etude PPR, 2006].

Il s'agit ensuite de réaliser des regroupements d'information de la base de données SITADEL pour suivre l'avancement des permis de construire sur la nature des travaux et l'étape d'avancement. Des tables intermédiaires sont créées pour stocker de façon structurée les informations pertinentes pour le modèle comme le type de construction, l'étape d'avancement de chaque permis de construire, le type de construction.

Le tableau 13 est un extrait de la table stockant les résultats des traitements réalisés entre les zones réglementaires du PPR, les contours des parcelles cadastrales et les zones inondables sur la commune d'Orléans.

Adresse du PC	Date de délivrance	Superficie de la parcelle	Nb de maison individuelle en cours	Nb logements collectifs en cours	SHON non habitation en cours	SHON totale autorisée en cours	Identification cadastrale	AZI vs PPR	Zone PPR	Somme des aires
4 rue de la Cossonnière	01/06/2003	2269	1	0	0	0	DS0477	AZI=PPR	A4	4718733
28 rue de la fontaine	01/07/2003	1202	2	0	0	32	DI0019	AZI=PPR	A3	27646919
64 ter rue du bois Girault	01/12/2001	493	1	0	0	130	DT0119	AZI=PPR	B3	54093916,58272
14 avenue St Mesmin	01/07/2003	5647	0	42	0	2789	CZ0417	AZI>PPR	B3	76046,09023
Rue Basse Mouillère	01/11/2003	795	1	0	0	227	DR0736	AZI<PPR	B3	251990
Rue de la Binoche	01/10/2005	1196	2	0	0	220	DS0354	AZI<PPR	B3	79487
34 avenue de la Mouillère	01/01/2006	674	1	0	0	44	DO401	AZI < PPR	A1	15663

Tableau 13 - Extrait de traitement réalisés sur Orléans à partir de la localisation des permis de construire, du zonage du PPR, de l'AZI et des contours des parcelles cadastrales

La figure 74 présente l'illustration cartographique des traitements SIG réalisés pour obtenir les résultats des traitements sur la commune d'Orléans.

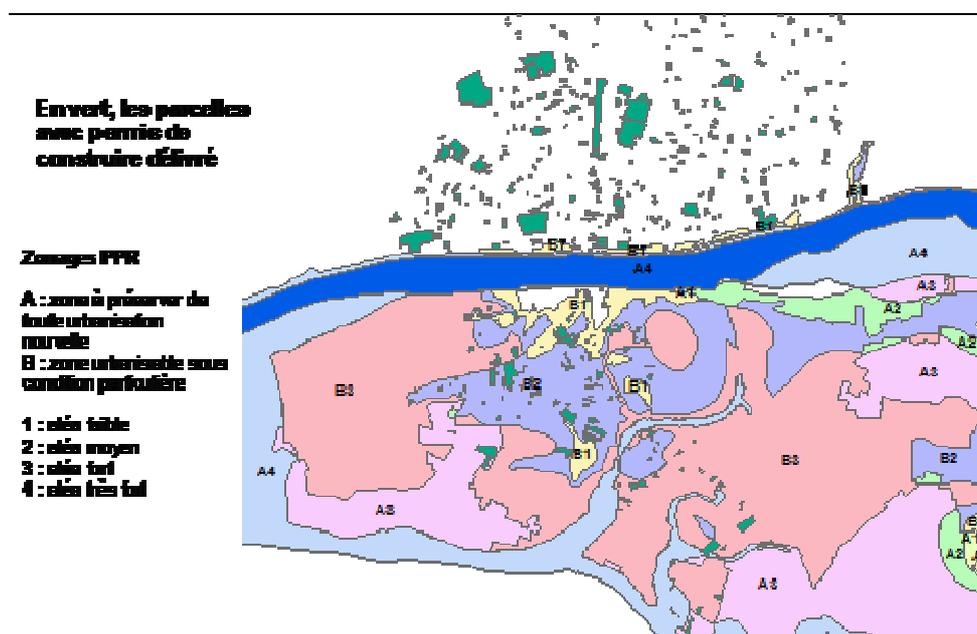


Figure 70 – Illustration cartographique des traitements réalisés sur la commune d'Orléans en intersectant les parcelles cadastrales ayant un permis de construire délivré avec la comparaison du zonage du PPR et de l'AZI

IV.2.2.iii. Les traitements sur l'évaluation de l'exposition des portefeuilles d'assurés

Concernant le cube sur l'« Evaluation de l'exposition des portefeuilles d'assurés », les traitements géographiques consistent pour l'essentiel en l'évaluation du degré d'exposition des biens assurés selon le scénario inondation sélectionné afin d'estimer les montants financiers des dommages potentiels. Pour obtenir l'exposition d'un bien ou d'un territoire à un scénario de crue il est nécessaire d'exploiter les résultats de modélisations hydrologiques et hydrauliques permettant d'obtenir à l'intérieur des principaux bassins versants les hauteurs d'eau, les vitesses d'écoulement en tenant compte du relief et des critères de précipitation en amont. Pour réaliser ces opérations il est nécessaire de croiser les données provenant :

- Un modèle numérique de terrain (MNT) : maillage carré ou triangulaire du territoire avec pour chaque maille des variables permettant de définir le relief. Le MNT permet d'obtenir la topographie du territoire ; relief, pentes. C'est essentiel pour observer la distribution spatiale du phénomène. La précision des mailles dépend de la qualité de la source de données ; cela peut aller de 30 m à 90 m. L'obtention des reliefs se fait à partir d'outils de télédétection (soit par avion, soit par satellite). La NASA fournit un relevé par satellite monde entier avec une précision de 50 m tandis que l'IGN fournit un MNT à l'échelle de la France à une précision de 90m.

- Les données permettant de caractériser les sols des bassins versants afin d'évaluer au mieux le taux de perméabilité et ainsi d'analyser les ruissellements et les infiltrations lors de l'inondation (roche, forêt, argile, etc.) ; la base de données TOPO de l'IGN permet d'obtenir les informations sur la nature et l'occupation des sols.
- Les séries de données météorologiques issues des stations de mesures en amont des cours d'eau et du réseau de surveillance des crues permettant d'obtenir pour une période de retour la pluviométrie et le débit du cours d'eau en amont. Ces données sont fournies sur demande par Météo France.
- Les lignes géographiques des cours d'eau extraits du réseau hydrographique français (BD CARTHAGE).
- L'utilisation de logiciels hydrologiques pour simuler les scénarios d'inondation sur les bassins versants. Différents logiciels peuvent être utilisés : au sein du CRC, ce sont les logiciels conçus par la NASA, HEC-RAS pour le modèle inondation et HEC-FM pour la génération de scénarii. Ces logiciels ont été conçus par le corps des ingénieurs de l'armée américaine et permettent d'intégrer un ensemble de paramètres de manière très fine.

A partir de cet ensemble d'outils il est possible de générer des scénarios d'inondation avec les paramètres en entrée tels que les niveaux de précipitation, les débits enregistrés sur les stations de mesures des cours d'eau, et les résultats en sortie pour chaque maille du MNT du bassin versant tels que les hauteurs d'eau, les vitesses d'écoulement. Ainsi au regard du cube, les données obtenues à l'issue de ces simulations sont pour chaque période de retour de la dimension « Scénario Inondation » et pour chaque bassin versant (Dimension « Bassin versant ») une enveloppe de crue contenant l'ensemble des mailles. Chaque maille contient un ensemble d'attributs dont ceux quantifiant l'aléa inondation tels que « hauteur d'eau » et « vitesse d'écoulement » pour chaque période de retour de la dimension « Scénario Inondation ».

Une fois l'obtention de toutes les enveloppes de crue pour tous les bassins versants, l'opération suivante consiste à confronter les lieux de risque assurés (représentés par des points) avec les mailles des bassins versants. L'ensemble des adresses de risque contenues dans les portefeuilles de contrats doit être géocodées ; à une adresse de risque correspond un lieu de risque et donc un site assuré d'un contrat. Les lieux de risque sont stockés dans un fichier de points classés par type de portefeuille et par contrat en accord avec la dimension « Portefeuille ». Un traitement SIG devra être réalisé pour intersecter la couche géographique contenant les lieux de risque et la couche contenant les mailles des bassins versants. L'intersection de ces deux couches donnera pour chaque lieu de risque le degré d'exposition à l'inondation pour chaque scénario de crue (par période de retour) et par conséquent la possibilité de calculer les dommages financiers associés.

Au regard du calcul d'exposition des objets de risque calculés via les requêtes géographiques détaillées précédemment, il faut en déduire l'ensemble des mesures telles que : le montant des dommages, la valeur des biens assurés, le ratio sinistres/primes et ce à l'échelle de chaque lieu de risque. Le calcul des montants d'endommagement se fait à partir des courbes d'endommagement appliquées à chaque typologie de biens assurés. Une courbe d'endommagement se compose en abscisses du niveau d'intensité de l'aléa (hauteur d'eau/débit) et en ordonnées le niveau d'endommagement associé. La construction des

courbes d'endommagement se fait à partir de retours d'expérience sur des catastrophes naturelles passées. Il s'agit de données issues d'études techniques, de relevés de terrain et d'études statistiques à partir des sinistres enregistrés dans les bases de données des assureurs. [Torterotot et al., 1994], [Penning et al., 1994], [Hydratec, 1998] ont réalisé ce type d'étude pour calculer les risques d'endommagement pour le risque de crue. Le travail de réalisation de ces courbes d'endommagement n'a pas été réalisé par le secteur de l'assurance en France contrairement à d'autres pays européens comme l'Angleterre ; au vu de ce constat il est nécessaire de formuler l'hypothèse que ces courbes existent pour chaque type de bien étudié dans ce modèle. La figure 75 présente un exemple de courbe d'endommagement donnant les taux d'endommagement en fonction de la hauteur d'eau.

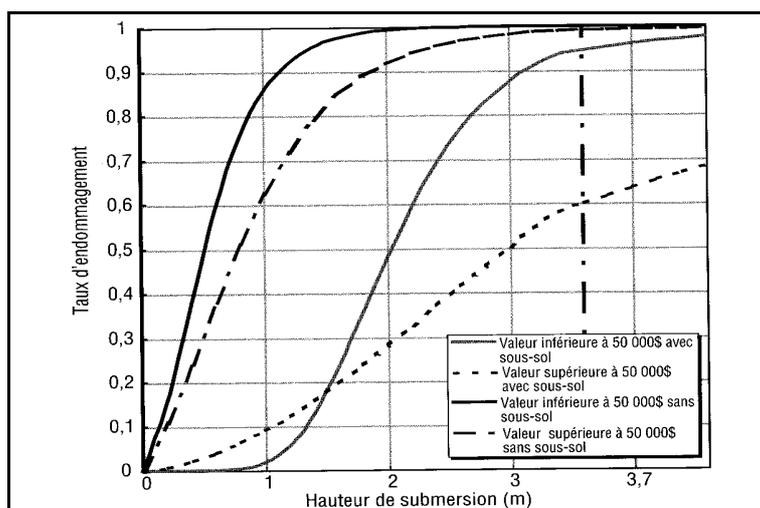


Figure 71 – Illustration de courbes d'endommagement d'après [Blin et al., 2004]

A partir du pourcentage d'endommagement on en déduit les conséquences financières calculées à partir des valeurs des objets de risque assurés ; bâtiments, stocks, marchandises, mobiliers. On applique une règle de calcul et d'indexation du coût propre à chaque type de bien étudié (ex : coût de construction pour le bâtiment, coût de production pour le stock, coûts d'achat pour la marchandise, valeur de remplacement pour le mobilier) en pondérant la valeur par un coefficient de vétusté. Le pourcentage d'endommagement obtenu sera directement appliqué au montant calculé de la valeur du bien ce qui permettra d'obtenir un montant financier pour chaque scénario étudié. C'est l'agrégation de ces valeurs par bassin versant et par scénario sur chaque maille du MNT qui permet d'obtenir les valeurs de la mesure « montant des dommages potentiels ».

Pour le calcul des montants des sinistres et des primes sur les contrats il est nécessaire de construire des requêtes de base de données (SQL) permettant de récupérer pour chaque lieu de risque listé dans chaque contrat, la proportion des primes, des sinistres pour chaque type d'objet de risque assurés. Ainsi il convient de construire des requêtes de bases de données (SQL) permettant de regrouper les montants des sinistres pour chaque objet de risque de chaque contrat. La recherche dans les bases de données sinistres d'une société d'assurance se

fait sur les sinistres enregistrés rattachés informatiquement à une garantie sinistrée de type Catnat se référant au lieu de risque considéré. Cette garantie est mise en jeu dès lors qu'un arrêté Catnat est publié pour un ensemble de communes impactées. La remontée des informations sur les dommages par type de bien se fait à partir de retours d'expérience et de rapports d'expertise sur l'évaluation des dommages pour entamer le processus d'indemnisation. Les montants des primes et des sinistres sont calculés par mois et par année. Le rapport sinistres/primes (S/C) est une mesure calculée en faisant le rapport entre le total des montants des primes et le total des montants des sinistres correspondant à la sélection des membres des dimensions.

Le schéma de la figure 76 récapitule et illustre l'ensemble des traitements à effectuer dans le cadre de l'évaluation de l'endommagement.

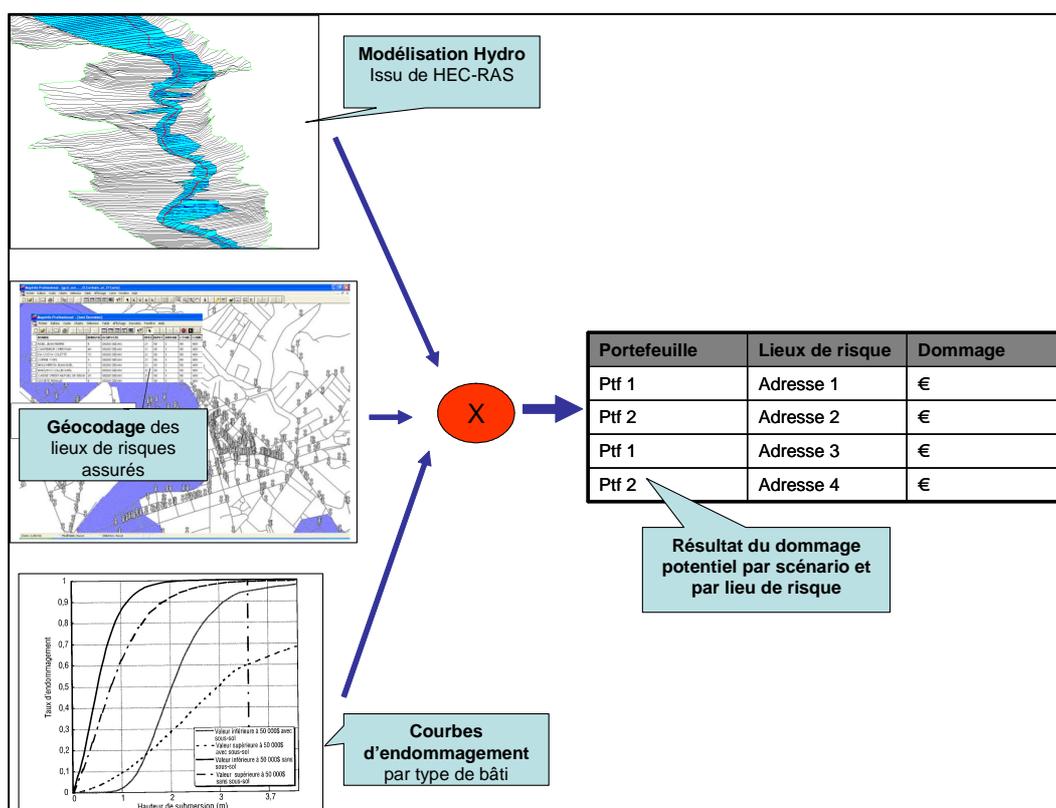


Figure 72 – Illustration des traitements à réaliser dans le cadre de l'évaluation des dommages sur les portefeuilles d'assurés

Après avoir illustré les traitements réalisés, il convient maintenant de donner des éléments sur les méthodes utilisées pour charger les données dans les Cubes ; charger les tables de Faits, charger les tables de Dimensions.

IV.2.3. Etape 2c : Chargement des cubes

Le chargement des Cubes consiste à stocker les données dans les tables du modèle spatial multidimensionnel. On distingue plusieurs étapes :

- charger les tables de « Dimensions » avec l'ensemble des Membres des Hiérarchies de chaque « Dimension »
- charger la table des « Faits » avec :
 - o les « Faits détaillés » pour les valeurs des combinaisons des Membres les plus fins de chaque « Dimension »
 - o les « Faits agrégés » pour les combinaisons des Membres des niveaux Hiérarchiques de chaque « Dimension »

Les tables ont été stockées dans un système de base de données relationnel MYSQL Server. On parle de système ROLAP pour Relational OLAP.

IV.2.3.i. Chargement des « tables de Dimension »

Chaque table de Dimension va contenir l'ensemble des Membres qui la définissent. Chaque Membre de chaque niveau hiérarchique d'une Dimension est désigné par une clé d'identifiant unique et d'un libellé textuel ; la clé d'identifiant sera l'élément qui sera utilisé pour faire la jointure avec la table des Faits (il est important que cet identifiant soit unique).

Suivant l'architecture de la Dimension « en étoile » ou « en flocons » alors il sera nécessaire de créer une ou plusieurs tables. Pour l'architecture « en étoile » les Membres du niveau hiérarchique le plus fin et des niveaux hiérarchiques agrégés de la Dimension sont stockés dans la même table. C'est le cas par exemple de la Dimension « Portefeuille » du modèle sur l'« Evaluation des portefeuilles » dont la hiérarchie comporte trois niveaux : « Contrat », « Segment Portefeuille », « Tous les portefeuilles ». Le tableau 14 montre un extrait du contenu de la table de Dimension « Portefeuille ».

Id_contrat	Libelle_contrat	Id_segment_ptf	Libelle_ptf	Id_tous	Libelle_tous
12345789	« Contrat 1 »	MRP	« Multirisque professionnel »	TOUS	« Tous les portefeuilles »
12342355	« Contrat 2 »	MRH	« Multirisque habitation »	TOUS	« Tous les portefeuilles »
23341345	« Contrat 3 »	MRI	« Multirisque industriel »	TOUS	« Tous les portefeuilles »
...

Tableau 14 - Illustration du chargement de la table de Dimension « Portefeuille »

Dans une Dimension en « flocons », il y a une table par niveau Hiérarchique. En effet on distingue par exemple pour la Dimension « Géographie » sur la « Hiérarchie Administrative » pour le Cube sur l'« Evaluation de la pertinence des mesures préventives » cinq niveaux hiérarchiques : « Ilôt », « Commune », « Département », « Région », « France entière ». Le tableau 15 présente les tables constituant la dimension « Géographie » selon la hiérarchie administrative.

Id_ilot	Libelle Ilot	Id_commune
12345789	« Ilot 1 »	06600
22313244	« Ilot 2 »	06600
...

Id_commune	Libelle Commune	Id_departement
06600	« Antibes »	06
...

Id_departement	Libelle Commune	Id_region
06600	« Antibes »	13
...

Id_region	Libelle	Id_france
13	« Provence Alpes Côte d'Azur »	TOUS
...

Tableau 15 - Illustration du chargement de la table de Dimension Géographie pour le modèle sur

Toutes les Dimensions doivent ainsi être chargées puis configurées à partir de l'interface JMAP-SOLAP depuis le module « Administration des cubes ». Chaque Dimension sera créée en se connectant avec les tables de Dimension. Ensuite si la Dimension est « spatiale » alors on associera les objets géométriques des couches géographiques configurées dans JMAP-SOLAP.

La suite du chargement du Cube consiste à charger les tables de « Faits ».

IV.2.3.ii. Chargement des « tables de Faits »

Le chargement des tables de « Faits » consiste à puiser dans les résultats des prétraitements réalisés dans l'étape précédente et à exécuter des boucles algorithmiques pour parcourir l'ensemble des combinaisons possibles des « Membres » des « Dimensions ». Pour chaque combinaison des Membres les plus fins de chaque Dimension on va calculer les valeurs des Mesures correspondantes à chaque modèle. Les calculs des Mesures sont faits sur la base des résultats des opérations topologiques réalisées précédemment (« Traitements des données ») mais aussi sur la base de requêtes SQL vers les bases intermédiaires ou encore via des opérations mathématiques pour les Mesures calculées à partir des résultats des autres Mesures (ex : Ratio S/C pour le modèle sur l'évaluation des portefeuilles).

Concernant les calculs des « Mesures Spatiales », tous les types n'ont pas été pris en compte dans la version actuelle de JMAP-SOLAP. Seul le type de mesure consistant à stocker les métriques (calcul de distance, de superficie, de surface) ont été pris en compte dans les prototypes ; calculs de surface des parcelles cadastrales comprises en zone Inondable en zone réglementaire d'un PPR. Pour les « pointeurs spatiaux » les calculs n'ont pas été réalisés dans le cadre des prototypes mais il s'agit de la liste des pointeurs vers les objets géométriques résultants de la combinaison des Dimensions. De même que la mesure concernant les nouvelles formes géométriques créées ; il s'agit de l'ensemble des coordonnées géographiques d'une nouvelle forme géométrique résultant des analyses topologiques à partir des combinaisons des Membres des Dimensions.

Une fois les Faits détaillés calculés il convient de réaliser les agrégations. Dans la version de JMAP-SOLAP utilisée les agrégations sont stockées dans la table des Faits. Au contraire, certaines applications OLAP font les calculs d'agrégation à la volée depuis l'interface utilisateur ; dans ce cas la table des Faits ne contient que les Faits détaillés. Les calculs d'agrégations reposent aussi sur une mécanique de boucles imbriquées pour parcourir l'ensemble des Membres des niveaux hiérarchiques de chaque Dimension. L'agrégation se fait via des requêtes SQL sur la table des « Faits » par le biais d'opérateurs arithmétiques intégrés type « COUNT », « SUM », « MAX », « MIN » et des fonctions « GROUP BY ». La figure 79 présente les boucles imbriquées utilisées pour agréger les Mesures des Faits du modèle sur l' « Evaluation de l'exposition des portefeuilles d'assurés ».

```

Pour chaque attribut niveau de la dimension Temps (i) {
  Pour chaque attribut niveau Scénario Inondation (j) {
    Pour chaque attribut niveau Typologie de bien (k){
      Pour chaque attribut niveau Bassin Versant (l){
        Pour chaque attribut niveau Zonage PPR (m){

          « Calculs agrégats » {
            SELECT SUM(nbre_lieux_risque) AS somme_lieux_risque, SUM(montant_sinistre) AS somme_sinistres ,
            SUM(montant_prime) AS somme_primes, SUM(montant_biens) AS somme_biens, SUM(montant_dommages) AS
            somme_dommages
            FROM
            table_faits, dim_portfeuille, dim_temps, dim_scenario_inondation, dim_typologie_bien, dim_bassin_versant,
            dim_zonage_ppr
            WHERE
            table_fait.id_annee = dim_temps.[niveau Temps(i)] AND table_fait.id_période_retour =
            dim_scenario_inondation.[niveau Scénario Inondation(j)] AND table_fait.id_detail_bien = dim_typologie_bien.[niveau
            Typologie Bien(k)] AND table_fait.id_bassin_versant = dim_bassin_versant.[niveau Bassin Versant(l)] AND
            table_fait.id_zone_ppr = dim_zonage_ppr.[niveau Zonage_PPR(m)]
            GROUP BY
            dim_temps.[niveau Temps(i)], dim_scenario_inondation.[niveau Scénario Inondation(j)], dim_Typologie_Bien.[niveau
            Typologie Biens(k)], dim_bassin_versant.[niveau Bassin Versant(l)], dim_zonage_ppr.[niveau Zonage PPR(m)]
          }
          Pour chaque enregistrement de « Calculs agrégats »{
            Fait.nbre_lieux_risque = somme_lieux_risque
            Fait.montant_prime = somme_primes
            Fait.montant_sinistre = somme_sinistres
            Fait.montant_biens = somme_biens
            Fait.montant_dommages = somme_dommages
            Fait.pointeur_lieux_risque = merge_liste(liste_totale_lieux_risque, liste_courante_lieux_risque)
            INSERT « Fait » INTO table_faits
          }
        }
      }
    }
  }
}

```

Figure 73 – Illustration des boucles imbriquées pour calculer les agrégations des Faits du modèle sur l'évaluation de l'exposition des portefeuilles d'assurés

Une fois les tables de Faits chargées dans l'environnement relationnel (MYSQL) pour chacun des modèles étudiés (« Evaluation de la pertinence », « Evaluation de l'efficacité », « Evaluation des portefeuilles ») alors il est nécessaire de paramétrer et restituer les résultats dans l'interface de restitution JMAP-SOLAP. Le sous-chapitre suivant présente l'étape de restitution des Cubes SOLAP.

IV.3. Etape 3 : Restitution des résultats

Les Cubes SOLAP sont le résultat de traitements complexes intégrant à la fois des traitements géographiques et non géographiques. L'ensemble des Faits calculés reposent sur une modélisation réalisée en accord avec la représentation mentale que se font les décideurs et les analystes de la problématique. La dernière étape consiste à restituer le contenu de ces Cubes dans une interface cohérente de façon à ce que l'utilisateur puisse se concentrer exclusivement sur l'analyse et pas sur la façon de faire les requêtes pour obtenir les résultats. Il doit pouvoir

générer rapidement des vues de synthèses, des vues détaillées, des vues graphiques, cartographiques et tabulaires avec la sémiologie la plus appropriée.

Cette étape constitue la dernière étape de la démarche d'« Implémentation ». Il s'agit de montrer en quoi la configuration d'une interface de type JMAP-SOLAP permet de répondre aux besoins d'analyse des décideurs sur la problématique des risques naturels dans le secteur de l'assurance. Pour chaque modèle on montrera des exemples de navigation possibles en illustrant à partir des premiers prototypes exploratoires réalisés sur JMAP-SOLAP, puis on montrera que l'interface permet d'envisager des actions concrètes au niveau métier pour répondre concrètement à la problématique. La figure 80 montre le positionnement de l'étape de restitution des résultats dans la démarche d'Implémentation.

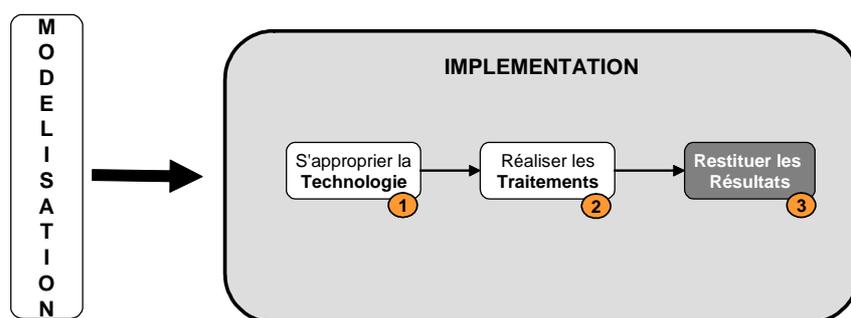


Figure 74 – Etape de « Restitution des résultats » dans la démarche d'Implémentation

Comme présentée dans le sous-chapitre sur l'appropriation de la technologie JMAP-SOLAP, l'interface de visualisation permet de combiner des vues Cartographiques, Graphiques et Tabulaires dans une seule et même interface. Il s'agit maintenant de montrer de quelles façons ces vues peuvent être combinées pour l'analyse et l'exploration des indicateurs.

IV.3.1. Restitution du modèle sur l'« Evaluation de la pertinence des mesures préventives »

L'objet de ce modèle est de permettre à l'utilisateur d'augmenter la visibilité sur l'état d'avancement des mesures préventives en comparaison avec le degré d'exposition aux inondations et des catastrophes passées pour l'ensemble des communes du territoire. Le prototype exploratoire a été réalisé sur la région Provence Alpes Côte d'Azur. Par extension on verra qu'il est pertinent de pouvoir naviguer à des niveaux administratifs plus agrégés pour faire des synthèses notamment au niveau national. Dans un premier temps seront présentés des exemples de navigation possibles puis dans un second temps les choix possibles d'action à envisager sur un plan opérationnel.

IV.3.1.i. Exemples de navigation SOLAP

L'outil de restitution doit permettre de répondre aux objectifs d'analyse que s'était fixé le travail de Modélisation. Dans le cadre de l'évaluation de la pertinence des mesures préventives l'objectif était de pouvoir identifier les entités géographiques administratives pour lesquelles on constate un décalage entre l'avancement des procédures réglementaires sur la prévention et le degré d'exposition des logements individuels, collectifs et professionnels. Les risques que l'on souhaite analyser sont les communes ayant connu des arrêtés catastrophes naturelles et/ou des logements situés en zones inondables et des PPR en retard en terme de réalisation (non approuvés : prescrits ou non prescrits).

Le niveau géographique le plus fin de l'analyse est l'îlot INSEE de la Base Profile Habitat. La cartographie doit permettre à l'intérieur de la région de visualiser les communes correspondant aux critères sélectionnés dans les différentes Dimensions du cube ; « Intersect Zone Inondation » (Exceptionnelle, Fréquente, Très fréquente), « Habitat » (Individuel, Collectif, Professionnel), « Avancement PPR » (Absence, prescrit depuis moins de 4 ans, depuis plus de 4 ans, approuvé), « Arrêtés Catnat » (Avec arrêtés depuis plus de 5 ans, avec arrêtés depuis moins de 5 ans), « Temps » (Les années depuis 1982 jusqu'à maintenant) et « Géographie » selon le découpage administratif (« Ilots INSEE », « Commune », « Département », « Région »).

Etant donné que l'utilisateur doit suivre plusieurs Mesures, à savoir le « nombre d'îlots », le « nombre de logements », le « nombre d'arrêtés Catnat », il est possible grâce à l'interface de cumuler à l'intérieur d'une même carte plusieurs thématiques afin de pouvoir visualiser rapidement la répartition des valeurs sur le territoire. Une première thématique pour visualiser les communes n'ayant pas de PPR prescrit, ayant pourtant connu des arrêtés Catnat inondation et ayant des logements situés en zones inondables. La Mesure utilisée pour la thématique sera le « nombre de communes » avec l'utilisation d'un changement de couleur des polygones en fonction de la valeur (« 1 » la commune répond au critère, « 0 » elle ne répond pas). Une deuxième thématique pourra être utilisée sur la même carte pour mesurer le « nombre de logements » calculés en agrégeant les proportions des surfaces des îlots INSEE intersectées par les polygones de zones inondables. On superposera un graphique (camembert, histogramme) sur chaque polygone « Commune » basé sur la mesure du « nombre de logements »; cela montrera la répartition par type de logement (« collectifs », « individuels » ou « professionnels »). A ce stade l'utilisateur pourra rapidement observer sur une même carte et dans un même temps si la commune répond ou pas aux critères de recherche sur le retard dans l'avancement des PPR et la répartition des logements inondables par type de logements.

Pour gagner encore plus de temps dans l'analyse une troisième thématique peut figurer sur la carte pour suivre le « nombre d'arrêtés Catnat ». Cette fois il est possible de jouer sur la trame de fond des polygones « Commune ». Ainsi plus le nombre d'arrêtés Catnat est important et plus la trame choisie sera densifiée (densité de rayures, grosseur des symboles, densité des pointillés, etc.).

La génération de ce type de cartes « multi-thématiques » se fait en quelques secondes seulement en sélectionnant les Membres des Dimensions soit au niveau le plus fin soit à des niveaux hiérarchiques plus élevés. Le temps de réponse est lié aux propriétés de la structure spatiale multidimensionnelle qui stocke les résultats déjà pré-calculés. Le choix d'ajouter les thématiques les unes aux autres est à la main de l'utilisateur qui pourra facilement les activer ou les désactiver.

Par ailleurs si l'utilisateur souhaite analyser sur d'autres critères comme par exemple les classes de fréquence de la dimension « Intersect Zone inondation » (« Fréquente », « Très Fréquente », « Exceptionnelle ») alors l'utilisateur pourra afficher simultanément dans la même fenêtre plusieurs cartes chacune correspondant à un membre d'une dimension. En un coup d'œil l'utilisateur pourra voir la concentration des logements par classe de fréquence avec une carte thématique pour chaque classe (« Très fréquente », « Fréquente », « Exceptionnelle »). Il pourra aussi comparer la distribution de la mesure « nombre d'arrêtés Catnat » avec la mesure « nombre de logements ». La déclinaison « multi-cartes » peut présenter un intérêt aussi pour les type de logements de la Dimension « Habitat » (« individuels », « collectifs », « professionnels ») afin de déterminer quels sont les segments de clients pour lesquels on observe le plus de retard. A l'aide de ce mode de génération de carte il sera possible de visualiser si une tendance se dégage en termes de concentration géographique des logements inondables à l'intérieur des départements, ou une concentration d'arrêtés Catnat ou encore de PPR non approuvés. Le mode multi-carte peut être utilisé de la même manière pour les mesures : à une carte correspond une mesure. Cela permet de voir rapidement si des corrélations spatiales existent entre les logements inondables, les arrêtés catnat et l'avancement des PPR.

En complément des cartes, dans la même fenêtre l'utilisateur peut générer des graphiques et des tableaux représentant les thématiques choisies. Il est possible de synchroniser l'affichage de telle sorte que lorsqu'on change la sélection des membres des dimensions ou d'une mesure alors la mise à jour se fait simultanément sur tous les états.

La figure 81 montre l'interface SOLAP d'interrogation du Cube sur l'« Evaluation de la Pertinence des mesures préventives ». On peut observer un tableau listant l'ensemble des îlots Iris de l'INSEE des Alpes Maritimes et les résultats des valeurs des nombres de logements en zone inondable pour les communes ayant des arrêtés Catnat publiés depuis moins de cinq ans. Dans la même fenêtre a été généré un histogramme montrant la répartition des logements au regard du type de zone inondable (Exceptionnel, Fréquent, Rare, Très Fréquent). Toujours à l'intérieur de la même fenêtre figure une cartographie combinant à la fois des camemberts sur la répartition par type de logements (Individuels, Collectifs, Professionnels) superposés à une carte thématique mettant en évidence les communes concernées par la sélection des Membres des Dimensions. La génération de ces graphiques fut quasiment instantanée puisqu'il suffit juste de sélectionner les Membres des Dimensions et les Mesures, choisir ce que l'on veut mettre en « colonnes » et en « rangées » puis de générer les graphiques à partir de la barre d'outils SOLAP.

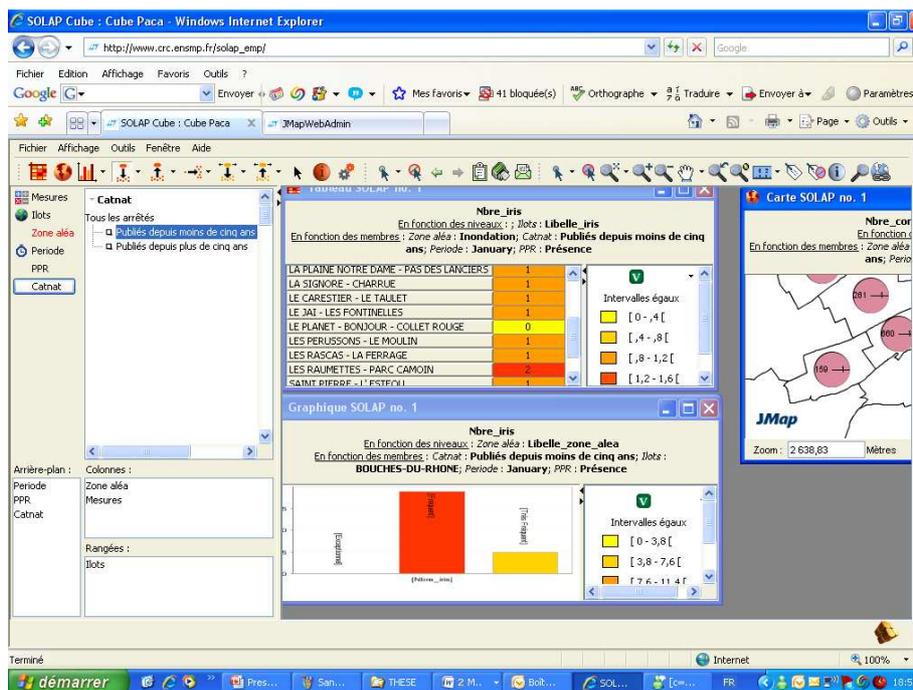


Figure 75 – Exemple de combinaison de graphiques, cartographies et de tableaux pour analyser la situation de l'exposition et de l'avancement des PPR pour les communes du département des Bouches du Rhône.

A l'aide de la glissière temporelle l'utilisateur va pouvoir faire varier dans le temps les mesures et donc l'affichage cartographique, graphique ou tabulaire généré par l'utilisateur au cours des ces analyses. Depuis la Dimension « Ilots INSEE », il sera notamment possible de constater quels sont les « Départements » ayant le plus ou le moins progressés au fil des années dans la mise à niveau des PPR des communes (hiérarchisation sur le nombre de communes concernées par la sélection des membres des dimensions). En superposant les cartes on peut observer l'évolution des zones géographiques les plus risquées au regard de la problématique (pas de PPR, des Catnat survenues et des logements inondables), et on pourra notamment remarquer les zones où la progression de la mise en application des mesures préventives est nette.

L'analyse sous forme de courbes pour observer l'évolution des valeurs dans le temps est pertinente pour confirmer des hypothèses. On pourra par exemple suivre l'évolution du nombre d'arrêtés Catnat pour les communes n'ayant pas de PPR approuvés année par année et de voir si ce nombre diminue de façon significative d'année en année et ce par département puisqu'il s'agit de l'échelle administrative du pilotage de la mise en œuvre des PPR. Il est intéressant pour l'utilisateur de s'assurer que les PPR approuvés chaque année concernent bien par ordre de priorité les communes les plus exposées en nombre de logements inondables et en degré de survenance d'arrêtés Catnat.

En naviguant dans les niveaux hiérarchiques des Dimensions il est possible de simplifier l'analyse en généralisant certains critères au lieu de les détailler ; en effet si on ne veut pas tenir compte de l'état d'avancement des PPR mais juste suivre l'évolution des arrêtés catnat

ou bien analyser uniquement le nombre de logements inondables sans tenir compte de l'avancement PPR alors on peut sélectionner « Toutes les étapes d'avancement » dans la dimension « PPR » et ainsi on ne filtrera ni sur l'absence ni sur la présence des PPR approuvés ou prescrits.

Par ailleurs sur la Dimension géographique « Ilot » la sélection des niveaux administratifs agrégés depuis le niveau « Ilot INSEE » jusqu'au niveau « France entière » permet d'analyser les résultats sur les différents échelons administratifs responsables de la mise en place de la politique de prévention. Ces exemples de navigation permettent de répondre à un besoin métier du secteur de l'assurance d'évaluer la pertinence et la cohérence de la mise en œuvre de la politique de prévention sur le territoire au travers des PPR. Il convient désormais de montrer que ce type d'interface peut être un support à des actions opérationnelles concrètes.

IV.3.1.ii. Les apports métiers potentiels de l'interface

L'évaluation des degrés d'exposition des logements en relation avec la survenance de catastrophes naturelles et la réalisation des PPR est à la charge des pouvoirs publics et ce pour chaque échelon de l'administration territoriale ; au niveau du maire de la commune pour l'avancement de la procédure de réalisation du PPR, au niveau du préfet du département pour ce qui concerne le pilotage et la mise en œuvre du dispositif sur l'ensemble des communes à risque du département, enfin au niveau du MEEDDAT (DPPR) pour ce qui concerne le financement global et le suivi du dispositif au niveau national. Les professionnels de l'assurance sont en droit de donner un avis critique sur les choix et sur l'avancement des mesures préventives. Mais cette discussion peut se faire avec les pouvoirs publics uniquement en reposant sur des faits incontestables. L'interface SOLAP offre la possibilité de générer des états reposant sur des données numériques, mesurables et par conséquent intégrables dans des supports de discussion adaptés pour les différents interlocuteurs administratifs (maire, préfet, direction de l'environnement du MEDADD). Cela permet de contribuer à donner un avis critique sur les modalités d'avancement des procédures et ce à chaque échelon administratif territorial en charge de faire le suivi et la gestion des enveloppes budgétaires.

La hiérarchisation des communes ou des départements sous forme de tableaux permet de cibler et de prioriser les zones géographiques pour lesquelles il faudra entreprendre des actions de concertation avec les pouvoirs publics : maires de communes, préfets, direction de la prévention des risques naturels du MEDADD. Cela fournit des éléments de pré-diagnostic avant d'approfondir les études et de savoir quelles sont les causes réelles de la non approbation des PPR pour les communes cumulant à la fois un fort degré d'expositions des logements (nombre important de logements inondables) et un fort nombre d'arrêtés Catnat. L'interface SOLAP pour ce modèle peut donc servir de support de communication partagé au niveau institutionnel entre l'ensemble des compagnies d'assurance, les représentants institutionnels des professionnels du secteur (FFSA et GEMA). Ces supports offrent des représentations ergonomiques multiples et variées ce qui confère une interactivité forte et de la souplesse dans la mise en forme des supports d'échange [Mc Hugh et al., 2006].

Le modèle ci-dessus est un pré-requis pour le modèle sur l'analyse de l'efficacité des PPR à l'intérieur des communes à risque. L'identification des communes suivant les critères

d'exposition et de survenance de Catnat est un préalable pour se focaliser ensuite sur la réalité de la mise en application des PPR dans la politique d'urbanisme à l'intérieur des communes les plus exposées. C'est l'objet du deuxième modèle sur l' « Evaluation de l'Efficacité des mesures préventives ».

IV.3.2. Restitution du modèle sur l' « Evaluation de l'efficacité des mesures préventives »

Comme pour le modèle précédent, l'objectif est de montrer en quoi l'interface SOLAP développée pourrait être bénéfique pour les professionnels de l'assurance dans leur analyse de la problématique de l'efficacité des PPR à l'intérieur des communes à risque. On distingue dans un premier temps les exemples de navigation SOLAP puis les apports métiers de cet outil. Le prototype réalisé a mobilisé les données relatives à la ville d'Orléans : cadastre numérisé, plan de zonage réglementaire numérisé et l'Atlas des Zones Inondables pour le bassin versant de la Loire moyenne. Les résultats obtenus ne sont pas exhaustifs mais représentent juste des exemples de navigation possible dans l'outil.

IV.3.2.i. Exemples de navigation SOLAP

L'objectif du modèle sur l'efficacité des mesures de prévention est d'avoir plus de visibilité sur l'efficacité des PPR au niveau de la régulation de l'urbanisme dans les zones géographiques à risques à l'intérieur des communes. Il s'agit de naviguer de façon intuitive dans les données d'urbanisme afin d'identifier plus clairement la nature des constructions ou des chantiers de permis de construire dans les zones d'aléas et/ou dans les zones réglementées par les PPR (zones rouges pour l'interdiction et les zones bleues pour les prescriptions). L'idée sous jacente est de pouvoir quantifier et qualifier au travers d'une notation l'efficacité d'un PPR ; ainsi on essaiera via l'interface de vérifier qu'il n'y a pas de nouvelle construction dans les zones d'interdiction (nouveaux permis de construire en zone rouge) et qu'il y a bien adéquation entre le zonage de l'aléa inondation et le zonage réglementaire du PPR (qualité du zonage).

Un troisième axe d'étude résultant des deux premiers est de suivre l'évolution dans le temps de la densité de constructions existantes en zone à risque en fonction de l'adéquation ou non de l'aléa et du PPR. Les zones bleues de prescription sont aussi intéressantes dans ce cas pour évaluer si la densité de construction augmente ou reste stable.

Au travers de l'interface SOLAP l'utilisateur peut sélectionner les Mesures des « surfaces analysées », « le nombre de permis de construire », « la densité de permis de construire » par rapport à « la surface analysée ». L'utilisateur peut générer les états cartographiques et graphiques nécessaires à l'analyse en sélectionnant : l'état d'avancement des permis de construire dans la dimension « Statut bâti » (« autorisé », « en cours de construction », « construit »), le « Type construction » (maçonnerie, béton, bois, etc.) le type de « Intersect zone PPR » qu'il souhaite étudier (« rouge », « bleue » ou « autres »), le type de « Intersect Zone Inondation » (classe de fréquence inondation « Exceptionnelle », « Fréquente », « Très fréquente »), le filtre sur l'analyse d'adéquation des zonages inondation et PPR dans

« Comparaison PPR-Aléa » ($AZI > PPR$ pour les zones dans lesquelles l'aléa surestime le PPR, $AZI < PPR$ pour les zones dans lesquelles l'aléa sous estime le PPR, $AZI = PPR$ pour lesquelles l'aléa et le PPR sont en adéquation), enfin la Dimension « Temps » permet de constater l'évolution dans le temps. L'utilisateur va pouvoir générer des cartes thématiques en utilisant les styles des objets géométriques, les graphiques superposables aux objets géométriques ou encore les graphiques purs et les tableaux à partir des résultats obtenus sur les parcelles cadastrales et les surfaces analysées résultant de la sélection des critères. Pour la sélection des critères « zone rouge » pour le zonage réglementaire, « maçonnerie » pour le type de construction, « autorisation » pour l'étape d'avancement du permis de construire, pour la commune d'Orléans », « $AZI = PPR$ » pour l'analyse du zonage Aléa PPR, « Fréquence Exceptionnelle » pour le zonage inondation et l'année 2007 pour la Dimension « temps » alors la carte thématique générée mettra en évidence les parcelles répondant à ces critères.

A l'aide de la Dimension « Avancement PC » on peut facilement distinguer les nouvelles constructions (« A bâtir ») et les constructions existantes (« Bâti »). L'intérêt de cette distinction est que l'on peut observer les constructions de deux façons : repérer les anomalies sur les nouvelles constructions (essentiellement celles ayant fait l'objet de nouvelles autorisations de permis de construire en zone rouge) et d'autre part suivre l'évolution de la densité de construction dans les zones bleues (constater l'ampleur de la densité de construction existantes en zone réglementaires avec tous les permis de construire déjà réalisés). Pour ce qui concerne l'analyse des nouvelles constructions il est pertinent de pouvoir rapidement identifier les anomalies concernant les permis de construire attribués dans les zones rouges de communes ayant des PPR approuvés. Pour cela l'utilisateur va cibler les membres à sélectionner dans les dimensions (« zone rouge », « année 2007 », « autorisation », « Commune d'Orléans », pas de sélection sur l'adéquation Aléa-PPR) et générer une carte thématique mettant en évidence les polygones des parcelles cadastrales concernées. La mise en évidence peut se faire grâce à la coloration du polygone de chaque parcelle (« jaune » pour les parcelles en zone rouge avec de nouvelles constructions et « vert » pour les parcelles en zone rouge n'ayant pas de nouvelle construction).

A l'aide de la glissière temporelle il sera possible de suivre l'évolution des nouvelles constructions mois par mois ou année par année du PPR suivant le niveau de granularité de l'échelle temporelle. La confrontation des hypothèses peut se faire via la génération d'une courbe ou d'un histogramme présentant l'évolution dans le temps du nombre de permis de construire pour chaque type de zone réglementaire. La glissière temporelle permet d'observer l'évolution de la densité dans le temps en synchronisant les cartes thématiques générées et les tableaux et graphiques associés. Les graphiques comme les multicartes pourront être utilisés afin de décliner l'analyse par type de bâti (« Maçonnerie », « Béton », etc.) ou par type de zone (« Rouge », « Bleue », « Autre »), par étape d'avancement du chantier (« Autorisé », « En chantier », « Construit »). Pour des niveaux hiérarchiques comme les « Communes » ou les « Départements » il sera pertinent de superposer les graphiques de type camemberts ou histogramme pour permettre à l'utilisateur de rapidement voir les valeurs agrégées des mesures obtenues sur toutes les parcelles du territoire.

Concernant l'analyse des constructions existantes, il s'agit d'étudier de façon plus globale l'évolution dans le temps de l'urbanisation des zones à risque. La mesure concernée est la

« densité de constructions » c'est-à-dire le rapport entre « le nombre de parcelles » ayant un permis de construire et le total de « la surface analysée » en mètres carrés. La surface analysée est la somme des surfaces des parcelles résultantes de la sélection des membres de certaines dimensions du cube faisant référence à un traitement topologique comme par exemple : « AZI < PPR », « Zone rouge », classe de fréquence inondation « Exceptionnelle ». A l'aide d'une cartographie SOLAP sur ce type de mesure, l'utilisateur peut identifier rapidement les zones à risques ayant une forte densité de construction à l'intérieur de la commune.

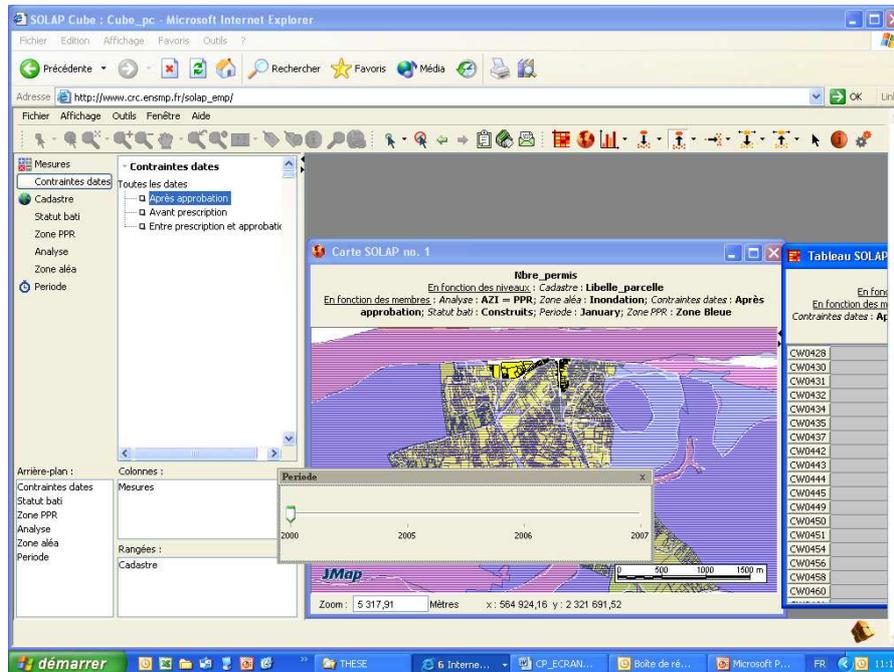


Figure 76 – Exemple de la restitution des parcelles cadastrales ayant un permis de construire avec la comparaison entre l'AZI et le zonage réglementaire

L'analyse de l'efficacité d'un PPR se juge aussi au travers de l'adéquation géographique entre le zonage de l'aléa inondation et le zonage réglementaire afin de s'assurer que toutes les zones géographiques de risque sont bien couvertes. C'est le rôle de la dimension « Analyse Aléa-PPR ». L'utilisateur peut s'intéresser à mesurer par commune la somme des surfaces où le zonage de l'aléa inondation surestime le zonage réglementaire ($AZI > PPR$) : cela signifie que la surface analysée est la somme de toutes les zones inondables non couvertes par le zonage réglementaire. Pour cela il faut sélectionner le membre « $AZI > PPR$ » pour la dimension « Analyse Aléa PPR », sélectionner les communes du département que l'on souhaite analyser. Il sera préférable dans ce cas d'enlever tous les filtres possibles des autres dimensions en généralisant la sélection au niveau le plus global : « Tous les types de bâti », « Toutes les étapes de permis de construire ». A l'aide de la superposition de graphiques comme les camemberts on pourra constater par exemple la répartition des surfaces par type de zone d'aléa (quelle surface non couverte pour la classe de fréquence inondation « Exceptionnelle », « Fréquente », « Très fréquente »). On pourra aussi hiérarchiser la liste des communes par département sur ce critère de mesure au travers d'une liste tabulaire.

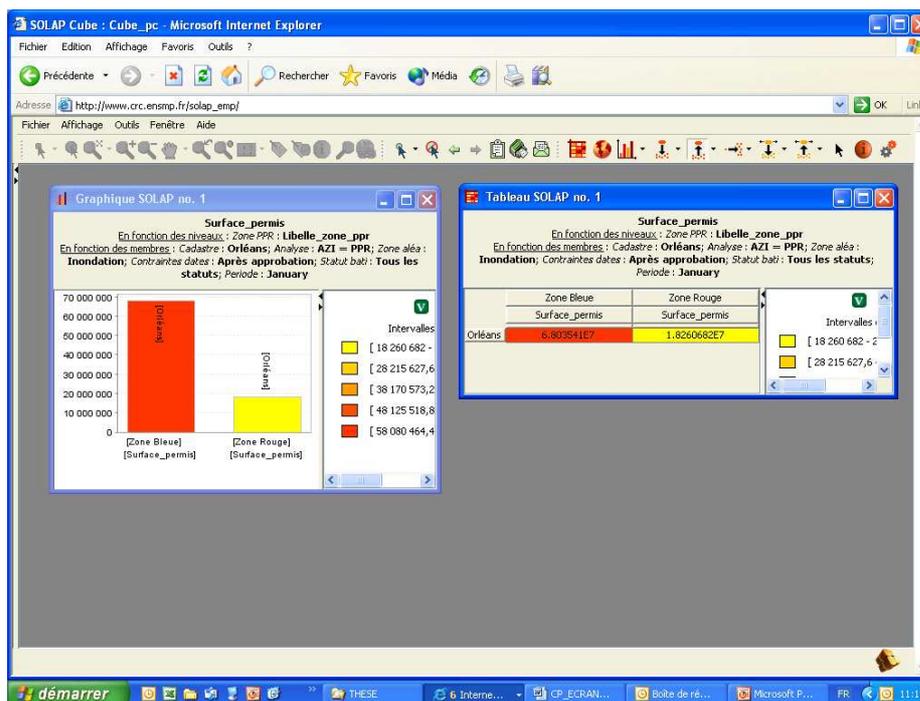


Figure 77 – Exemple Comparaison graphique des surfaces de parcelles cadastrales ayant un permis de construire autorisé avec la décomposition par type de zone PPR

En comparant les éléments détaillés ci-dessus au niveau « Commune » on peut obtenir un premier niveau d'évaluation de l'efficacité de chaque PPR approuvé. On peut considérer qu'une commune n'ayant pas de nouvelle construction en zone rouge et ayant une surface nulle obtenue en faisant la différence entre le zonage inondation et le zonage réglementaire aura un PPR de bonne qualité et efficace puisque la réglementation est bien appliquée. La généralisation jusqu'au niveau « France entière » permet d'obtenir un bilan global de l'efficacité des PPR en première approche.

L'interface SOLAP permet de combiner les cartes thématiques propres aux données et de superposer les couches d'informations géographiques telles que l'AZI ou encore le PPR numérisé sans que ces données soient directement reliées à la dimension géographique du cube. L'intérêt est de pouvoir analyser de façon plus détaillée les composantes géographiques du risque ; cela permet d'augmenter la lisibilité géographique sachant que les mesures du cube affichées sur la carte thématique sont brutes et ne mettent pas en relief l'environnement géographique local.

IV.3.2.ii. Les apports métiers potentiels

On distingue deux types d'usage de l'interface SOLAP pour ce modèle : un usage collectif entre les sociétés d'assurance et un usage individuel à chaque société.

Concernant l'usage collectif, comme pour le modèle précédent cette application permet de construire une plateforme de communication au niveau institutionnel pour les compagnies

d'assurance, la FFSA et le GEMA et les pouvoirs publics. Le but est d'améliorer l'efficacité des mesures réglementaires de prévention au travers des PPR. Le développement d'une meilleure connaissance des PPR auprès des assureurs permet de pré-diagnostiquer les zones présentant des anomalies. L'interface permet de présenter des résultats numériques, mesurables avec de la flexibilité dans l'ergonomie ce qui confère un support pour approfondir le diagnostic et l'analyse avec les pouvoirs publics (maires des communes concernées, préfets des départements et le ministère de tutelle) sur les raisons de la présence de ces anomalies. Les anomalies concernent l'adéquation du zonage réglementaire avec le zonage de l'inondation et la présence de constructions nouvelles en zone rouge.

Par ailleurs l'analyse de la densité des constructions dans les zones à risque est un élément important pour les professionnels de l'assurance pour mieux structurer leur propre politique de prévention et de souscription ; ce type d'interface contribue à identifier clairement les zones géographiques ayant une forte densité de construction et pour lesquelles il faudra augmenter la vigilance au moment de la souscription mais aussi informer en terme de prévention. C'est surtout le cas pour l'assurance dommage des entreprises pour lesquelles les conséquences financières d'une inondation peuvent s'avérer lourdes ; la prévention est un facteur important pour mitiger le risque et limiter les pertes. Le moyen de faire la prévention peut se faire via des plaquettes d'information pour les particuliers et les professionnels, via la visite sur site d'ingénieurs préventionnistes mandatés par la société d'assurance pour les entreprises ou encore via l'envoi de questionnaires. L'interface SOLAP permet de segmenter les zones suivant les critères portés par chacune des dimensions ; il est ainsi possible de prioriser les zones de souscriptions pour mettre en place la politique de prévention la plus optimale. La sensibilisation à l'inondation est différente en fonction du type de construction utilisé dans la zone à risque : la cartographie par type de bâti permet de sectoriser la campagne de prévention suivant ce critère.

Après avoir présenté les apports potentiels de l'interface SOLAP sur les modèles d'évaluation des mesures de prévention, il convient maintenant de présenter les apports de cette technologie pour les besoins individuels d'une société d'assurance en particulier. L'objet est de pouvoir analyser l'exposition financière d'une société au risque inondation.

IV.3.3. Modèle évaluation de l'exposition des portefeuilles assurés

L'objectif de ce prototype est de permettre à une société d'assurance de mesurer son degré d'exposition financière au risque d'inondation : estimation des dommages potentiels, rapport du montant des sinistres sur le montant des primes. Comme pour les modèles précédents, on va dans un premier temps montrer les exemples de navigations possibles au travers de l'interface SOLAP et dans un second temps les apports métiers potentiels.

IV.3.3.i. Exemples de navigation SOLAP

L'objectif du modèle est de permettre aux professionnels travaillant pour le compte d'une société d'assurance donnée (spécialistes en réassurance mais aussi des souscripteurs ou encore

des « préventeurs ») de visualiser rapidement les informations sur la nature des engagements financiers et des dommages potentiels pour la compagnie. L'interface SOLAP va permettre d'explorer les Dimensions Spatiales et les autres en accord avec le fonctionnement interne et la stratégie de la société. L'utilisateur va explorer au travers des cartes thématiques le « montant des dommages » potentiels, « le montant des sinistres » passés, le « montant des biens » assurés par « Portefeuille » suivant la segmentation propre à chaque société d'assurance (« multirisques industriels », « multirisques particuliers », « multirisques professionnels », « multirisques entreprises », « multirisques habitations », « multirisques immeubles »), par « Typologie de bien » (« constructions », « stocks », « marchandises », « mobiliers »), par « Scénario inondation » (périodes de retour 1/50, 1/100, 1/200) et par « Bassin Versant » (régions et secteurs hydrographiques). Lorsque l'utilisateur génère un état cartographique autour d'une des mesures comme le « montant des dommages » potentiels, alors s'afficheront les points correspondants aux lieux de risques assurés dans le ou les portefeuilles sélectionnés. Les résultats de ces analyses sont stockés dans le Cube. L'affichage des points se fait en quelques secondes ce qui dans un environnement transactionnel prendrait plusieurs minutes pour exécuter l'ensemble des requêtes à la fois topologiques et SQL permettant d'y aboutir.

Les thématiques sont comme pour les interfaces précédentes utilisées pour faciliter la lecture rapide des valeurs des Mesures du cube. Pour analyser les lieux de risque à l'intérieur d'un bassin versant on donnera une couleur différente aux points en fonction de l'intervalle des valeurs de la mesure concernée : pour la mesure « montant des dommages » on utilisera le vert jusqu'à rouge en passant par l'orange en ordre croissant d'importance des valeurs observées par lieu de risque.

Une deuxième thématique est ajoutée si l'on sélectionne « le montant des sinistres » passés. En complément de la couleur on peut ajuster la taille des points en fonction de l'importance de la valeur. Une troisième thématique sur la mesure « ratio sinistres/primes » peut être ajoutée en jouant sur la trame de fond de chaque point : plus la valeur du ratio est importante et les rayures à l'intérieur du point sont denses.

L'accumulation des thématiques peut devenir rapidement illisible ; c'est à l'utilisateur de gérer les modalités d'affichage afin de rendre la carte la plus parlante possible pour l'analyse. L'affichage multi-cartes peut être utile pour comparer la situation suivant plusieurs membres de la même dimension ; on pourra dans la même interface cartographique générer une carte pour chaque type de « Portefeuille » (« Multirisque habitation », « Multirisque industriel », « Multirisque entreprise », etc.) ou pour chaque « Typologie de biens » (« Construction », « Marchandises », « Stocks », etc.) et comparer la répartition géographique des dommages en observant la concentration et la dispersion géographiques des lieux de risque assurés.

La figure 84 montre un exemple d'une multi cartes généré à partir de l'interface SOLAP sur le Cube sur l'« Evaluation de l'exposition des portefeuilles d'assurés ». Chaque point correspond à un lieu de risque qui répond aux critères sélectionnés dans les Dimensions sur le scénario choisi (période de retour 1/100 ans) sur les types de constructions et sur tous les types de portefeuille. La multicarte va permettre d'observer la thématique sur les points sur la

Mesures des limites financières en jeu pour chaque lieu de risque et d'avoir dans une même carte la déclinaison par type de construction (« Béton », « Bois », « Maçonnerie »).

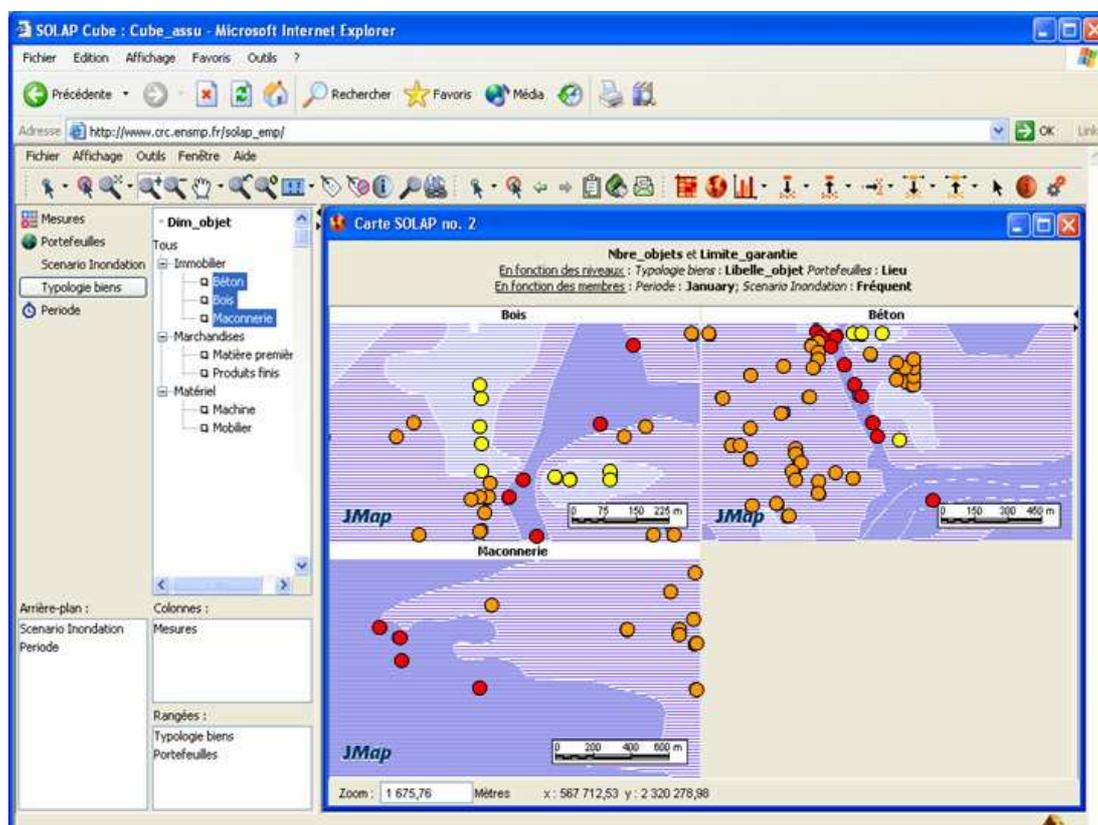


Figure 78 – Comparaison multicarte par type de bâti pour le scénario « Exceptionnel » et pour tous les portefeuilles

L'une des propriétés essentielles de ce modèle est de visualiser les dommages potentiels par scénario de crue. A l'intérieur d'un bassin versant on peut évaluer les montants des dommages selon la période de retour en sélectionnant une valeur dans la Dimension « Scénario Inondation ». Une période de retour faible permet de générer un scénario plutôt majorant (ex : 1/500), et inversement une période de retour élevée permet de générer un scénario minorant (ex : 1/20). On peut superposer à chaque lieu de risque un graphique de type histogramme ou camembert permettant de mettre en évidence le « montant des dommages » potentiels pour chaque scénario sélectionné ; un histogramme superposé à chaque point de risque rendrait compte de ces montants. L'utilisation du scénario inondation avec la période de retour la plus exceptionnelle (1/500) permet d'approcher le calcul de la valeur du SMP (Sinistre Maximum Possible) : l'agrégation de l'ensemble des montants des dommages potentiels pour chaque « Bassin Versant » et l'obtention des montants totaux sur tous les portefeuilles est une donnée très utile et pertinente pour les calculs de réassurance. En sélectionnant les scénarios moins « catastrophiques » avec des périodes de retour moins exceptionnelles alors on approche le calcul de la valeur du SRE (Sinistre Raisonnement Escompté).

L'utilisation de la glissière temporelle permet d'observer la distribution géographique des lieux de risque souscrits dans les portefeuilles année par année ou mois par mois. En faisant varier les années et les mois, la physionomie de la carte va changer avec plus ou moins de lieux de risque à l'intérieur du bassin versant selon le volume d'affaires nouvelles et de remplacements des contrats.

La superposition de graphiques sur les objets géométriques comme les bassins versants à des niveaux agrégés a du sens pour rapidement analyser la répartition des mesures sur les membres des dimensions : à l'aide de camemberts et/ou d'histogrammes il est possible d'étudier pour chaque bassin versant la répartition des valeurs pour les membres des dimensions : par portefeuille, par type de biens, par scénario inondation, etc.

La consultation des données à des niveaux agrégés permet de calculer les dommages potentiels et la sinistralité pour tout le stock de contrats de l'entreprise d'assurance ; en comparant les chiffres par année, en faisant varier les scénarios dans l'interface, l'utilisateur va pouvoir en extraire des tendances, des hypothèses sur l'évolution de l'exposition financière. La mesure du ratio S/C (sinistres/primes) à des niveaux agrégés permet de voir rapidement les bassins les plus exposés : plus le ratio S/C est élevé et plus le risque sur le ou les portefeuilles est élevé puisque cela signifie que la part des sinistres est importante au regard des primes perçues. Une thématique peut être utilisée sur cette mesure calculée avec la variation de couleur du type « rouge » lorsque le ratio est élevé (proche ou supérieur à 1) et « vert » lorsque celui-ci est bas.

Le fait de pouvoir explorer de façon souple les axes d'analyse propres à l'organisation interne de la société d'assurance au travers de la dimension « Portefeuille » notamment et de pouvoir analyser suivant des informations sur les biens assurés mais aussi les conditions financières rattachées à ces lieux de risque et de pouvoir les confronter à des données relatives aux scénarios inondation, confère à l'interface un intérêt pour renforcer la maîtrise technique du risque inondation dans la société d'assurance auprès de ses assurés.

IV.3.3.ii. Les apports métiers potentiels

Au travers des exemples de navigation décrits ci-dessus on perçoit que l'interface SOLAP offre de nombreuses possibilités pour visualiser les montants engagés par une entreprise d'assurance notamment en exploitant la composante géographique. Comme cela a été précisé précédemment, on se concentre sur les besoins propres à une société d'assurance dans la maîtrise de l'exposition de ses portefeuilles aux inondations. L'utilisation d'application de type SOLAP peut se traduire en des actions concrètes dans la réalité opérationnelle de l'entreprise. La visualisation sous forme cartographique des engagements par branche permet de constater bassin versant par bassin versant le degré de dispersion ou de concentration géographique des lieux de risques et donc par conséquent des biens et des montants financiers en jeu.

La gestion du risque en assurance oblige à diversifier les risques et à ne pas conserver des risques assurés sous l'exposition d'un même aléa ou d'un même événement. En fonction des

constats relevés dans les cartes, il pourra être envisagé de rééquilibrer zone par zone le nombre et les montants des biens engagés notamment par le biais de contrôles en amonts lors de la souscription : un souscripteur peut être informé sur le niveau des engagements financiers en zone inondable afin d'éviter de souscrire si les seuils de dommages potentiels sont trop concentrés dans la zone considérée. Cela passe par des extractions de cartes thématiques sur la mesure « montant des dommages » et « montant des biens assurés » par bassin versant pour alimenter un système d'aide à la souscription. Cette information peut être utile pour ne pas s'engager immédiatement sur des affaires nouvelles sans être conscient du niveau d'engagement local pour des zones à risque. Cela permet aussi d'adapter la stratégie de prévention : enquête de terrain, questionnaire, visite de risque sur site pour les contrats entreprise.

Un apport concret de ce type d'interface est de mieux évaluer les montants de couverture annuelle de réassurance. En connaissant de façon plus précise les engagements réels de l'entreprise sur chacune des branches (multirisques habitation, professionnels, industriels, immeubles, etc.) il est possible d'affiner les calculs des montants des risques que l'entreprise souhaite assumer elle-même financièrement en provisionnant suffisamment (la rétention) et ceux qu'elle souhaite céder sur le marché de la réassurance en l'occurrence auprès de la CCR. Les graphiques et les cartes générées peuvent être des supports de communication fiables pour la négociation ; du fait de la faible visibilité des compagnies d'assurance jusqu'à présent ce sont les compagnies de réassurance (la CCR en France pour l'inondation) qui disposent seuls d'informations consolidées à partir des rapports de sinistralité communiqués par chaque société cliente dès lors que des catastrophes surviennent. Avec cette interface SOLAP, la société d'assurance dispose d'un outil permettant de générer des scénarios déterministes pouvant servir de base à la négociation. Même si la réassurance utilise plutôt des modèles probabilistes (génération stochastique d'événements) l'approche déterministe repose sur le caractère avéré de l'emprise géographique de l'aléa inondation. L'interface sert donc de support de négociation en exploitant des résultats tangibles et mesurables.

Un autre apport métier de ce type d'application serait de démontrer aux parties prenantes de l'entreprise d'assurance (actionnaires, investisseurs et collaborateurs) mais aussi aux instances financières européennes en charge de faire appliquer les directives européennes sur la solvabilité (Solvabilité II), que l'entreprise est capable de calculer les cumuls d'engagements financiers au regard de l'inondation et donc de garantir au regard de ces scénarios une solidité financière ; un niveau de solvabilité suffisant pour faire face à ce type de scénario. Cette application permet de mettre en place une méthodologie de calcul du SMP en prenant le scénario maximum pour tous les bassins versants ou alors le calcul du SRE en appliquant différents scénarios pour obtenir une appréciation plus réaliste de l'exposition annuelle.

Comme pour les modèles précédents l'utilisation de l'interface SOLAP est à la fois un support pour l'analyse, l'exploration de données pour faire émerger des tendances spatio-temporelles mais aussi un support de communication avec les parties prenantes de la problématique en l'occurrence ici concernant le financement interne et externe des phénomènes de crues.

IV.4. Conclusion du chapitre

L'objet de ce chapitre était d'une part de présenter la technologie SOLAP sur laquelle les Cubes de données des modèles ont été configurés et d'autre part d'expliquer en quoi consiste la chaîne de traitements mise en place pour extraire les données, calculer les valeurs des Mesures selon toutes les combinaisons de Dimensions et de charger l'ensemble des Faits dans chacun des Cubes constitués sur la base des modèles présentés dans le chapitre III. Enfin ont été présentés des exemples de navigation possibles offerts par les interfaces SOLAP sur ces Cubes de données pour chacun des prototypes et les actions concrètes pouvant en découler.

On a pu constater que la technologie JMAP-SOLAP est un exemple pertinent de ce qu'on appelle la technologie géodécisionnelle. En effet JMAP-SOLAP permet de configurer les Cubes reposant sur des modèles spatiaux multidimensionnels depuis une console web d'administration sans faire de programmation et permet de déployer l'interface d'analyse spatio-temporelle via la navigation dans des états cartographiques, graphiques et tabulaires à l'intérieur de clients web. Cette accessibilité sur le web permet de « démocratiser » l'accès à une population d'utilisateurs différentes des géographes, géomètres et autres cartographes capables de déchiffrer et d'analyser l'information géographique ; cela nécessite de bien penser la sémiologie graphique des cartes thématiques et des graphiques pour permettre une lecture cohérente et constructive de ces informations. Cela nécessite aussi d'afficher les métadonnées décrivant les caractéristiques des traitements et des données utilisées pour afficher les résultats : il s'agit d'informer l'utilisateur sur la qualité des données qu'il observe. La chaîne de traitements montre qu'il est nécessaire de mettre en place une véritable infrastructure technologique avec des processus d'ingénierie pour chacune des zones pour successivement : extraire les données, calculer les valeurs des Mesures via des requêtes topologiques et mathématiques et enfin organiser le stockage dans des Cubes SOLAP au sein d'un environnement ROLAP (structures relationnelles multidimensionnelles). Ces traitements, proches de ceux des outils dits « ETL » (Extract, Transform, Load), permettent de précalculer l'ensemble des indicateurs géographiques et non géographiques pertinents pour la problématique pour mettre à disposition des décideurs les résultats dans une structure de données multidimensionnelle. L'interrogation de ces résultats via une interface de type SOLAP permet d'afficher des états combinant cartographie, tableaux et graphique pour n'importe quelle combinaison de Membres de Dimension ce qui serait complexe via des SIG (Systèmes d'information géographique) reposant sur des systèmes de gestion de base de données relationnels.

Les exemples de navigation présentés dans ce chapitre montrent qu'il existe un éventail important de combinaisons possibles d'affichage utilisant à la fois la présentation sous forme de cartographies, graphiques, tableaux. Le fait de pouvoir synchroniser les différents types d'états, de générer des superpositions de graphiques (camemberts, histogrammes) sur les objets géométriques, de pouvoir générer des multicartes pour comparer entre eux plusieurs membres d'une même dimension, ou alors de générer des thématiques multiples sur un seul et même objet géométrique en combinant la couleur, la trame de fond ou encore les symboles démontre un fort potentiel d'analyse sur des gros volumes de données pour l'utilisateur-