

I- FICHE D'IDENTIFICATION DU PROJET (1 PAGE)

Acronyme du projet :	CCSC	Référence Région (ne pas remplir) :	<input type="text"/>
Titre court du projet :	Centre de Calcul Scientifique en région Centre		
Responsable scientifique principal (coordinateur)¹ :	Nom : Rouet Tél. : 02 38 25 57 27 Email : jean-louis.rouet@univ-orleans.fr Nom de l'unité de recherche : PPF CaSciModOT Ville : Orléans		
Durée du projet :	12 mois <input type="checkbox"/>	24 mois <input type="checkbox"/>	36 mois <input type="checkbox"/>
Etablissements de tutelle concernés² :	BRGM <input type="checkbox"/> CEA <input type="checkbox"/> INRA <input type="checkbox"/> INSERM <input type="checkbox"/> U. Orléans <input checked="" type="checkbox"/> U. Tours <input checked="" type="checkbox"/>	CEMAGREF <input type="checkbox"/> CNRS <input checked="" type="checkbox"/> IRD <input type="checkbox"/> MNHN <input type="checkbox"/> Autres : Observatoire de Paris	
Axe thématique régional (positionnement obligatoire, plusieurs choix possibles):	<input type="checkbox"/> Habitat de demain <input type="checkbox"/> Déplacements et gestion des flux des personnes et des biens <input checked="" type="checkbox"/> Nutrition, santé, bien-être <input checked="" type="checkbox"/> Tourisme et loisirs		
Domaine scientifique (plusieurs choix possibles):	<input type="checkbox"/> Energie et Matériaux <input type="checkbox"/> Sciences du Vivant <input checked="" type="checkbox"/> Sciences de la Terre, de l'Environnement et de l'Univers <input type="checkbox"/> Sciences Humaines et Sociales <input checked="" type="checkbox"/> Mathématiques, Physique théorique, Informatique, Electronique Autres (préciser) :		
Coût du projet (k€)³ :	Investissement : 135k€ Personnel : 60k€ Fonctionnement : 48k€ (16 par an) TOTAL (supérieur à 50 k€) : 243k€		
Subvention demandée à la Région (k€)³ :	Investissement : 100k€ Personnel : 0k€ Fonctionnement : 24k€ TOTAL (supérieur à 20 k€) : 124k€		
Résumé non confidentiel en langage vulgarisé du projet			
<i>(12 lignes maximum en Arial 11, simple interligne)</i>			
<p>La simulation numérique est un moyen de production de nouvelles connaissances. Le PPF CaSciModOT (CALcul SCientifique et MODélisation pour les Universités d'Orléans et Tours), qui fédère les compétences en calcul scientifique des chercheurs des Universités d'Orléans et Tours, propose, dans cette demande, de doter le grand campus orléanais d'un centre de calcul de taille intermédiaire entre des stations de travail et les grands centres nationaux.</p> <p>La simulation numérique fait également partie des axes de recherches inter-laboratoires du futur Observatoire des Sciences de l'Univers en région Centre (OSUC). La mise en place d'un méso-centre de calcul à Orléans s'inscrit donc aussi dans les objectifs de l'OSUC qui, en conséquence, s'inscrit dans cette demande. Les capacités du centre de calcul pourront ensuite être étendu en fonction des besoins.</p>			

L'utilisation du méso-centre sera, en priorité, destinée à six projets scientifiques orientés environnement et patrimoine et qui impliquent des collaborations entre plusieurs laboratoires (LPCE, MAPMO, ISTO) et organismes de recherche (INRA, BRGM) d'Orléans ainsi qu'une PME (GEO-HYD). Ces projets font largement appels à la modélisation et possèdent un volet simulation numérique important qui nécessite l'utilisation du calcul numérique haute performance qui n'est pas actuellement disponible en région Centre.

Un accord de coopération est en discussion avec l'éditeur de logiciels Microsoft. Dans cet accord, Microsoft apporte la mise en place du système d'exploitation, l'installation et la maintenance des machines, un soutien de formation et de conseils pour la nécessaire parallélisation des codes de calculs, le financement d'un CDD (9 mois, renouvelable) pour la gestion de la grappe et l'aide au calcul scientifique. Enfin ce projet (le centre de calcul et les projets scientifiques associés et décrits ici) bénéficiera des moyens de communications de Microsoft qui veut publiciser son système d'exploitation Windows Computer Cluster Service.

¹ Joindre un CV (Annexe 3)

² Cocher tous les établissements tutelles d'un ou plusieurs laboratoires partenaires du projet

³ Reprendre les sommations sur l'ensemble des partenaires des totaux des tableaux de la Section III-4

II- DESCRIPTIF SIMPLIFIE DU PROJET (1 PAGE)**Objectifs et finalités***(15 lignes maximum en Arial 11, simple interligne)*

L'objectif du PPF CaSciModOT (<http://www.phys.univ-tours.fr/fdp/cascimodot/>) est le partage de connaissances entre utilisateurs du calcul scientifique. Dans cette perspective, la mise en commun de machines de calcul est un moyen d'y répondre. En termes de moyens, l'objectif de cette demande est de doter l'université d'Orléans d'un méso-centre de calcul capable de répondre aux besoins des projets impliqués et dans la perspective d'être au service des utilisateurs de calcul haute performance de la région Centre.

Les besoins de calcul sont de l'ordre de 256 processeurs, auquel s'ajoute une capacité de stockage importante. Microsoft, dans son offre de partenariat, aidera à la négociation auprès des fournisseurs de matériel. En terme scientifique, il sera utilisé prioritairement pour six projets « environnement et patrimoine » qui concernent 4 laboratoires de l'université d'Orléans, 3 organismes de recherches (BRGM, CNRS, INRA) et une PME (Géo-Hyd).

La participation de l'éditeur de logiciel Microsoft est un gage de réussite pour l'utilisation de cette machine au quotidien. Son aide, à la fois sur les problèmes de système d'exploitation et les méthodes de parallélisation est d'importance pour l'aboutissement des projets scientifiques impliqués. En outre, les campagnes de communication autour du système d'exploitation CCS permettront aussi de faire connaître plus largement nos résultats.

Les compétences acquises grâce à ce nouvel outil pourront aussi se traduire en termes de formations, non seulement au niveau troisième cycle, mais aussi au niveau du deuxième cycle par une spécialisation au calcul haute performance.

Programme de travail*(15 lignes maximum en Arial 11, simple interligne)*

La première phase du programme de travail est l'installation de la machine de calcul avec ses logiciels d'exploitation et de calcul. Cette machine trouvera sa place dans les locaux du futur bâtiment de l'ISTE, prévus pour accueillir un tel équipement. Notons que l'emplacement de cette machine ne préjuge pas de ses utilisateurs qui pourront, à terme, être répartis sur toute la région Centre.

Le centre de calcul permettra prioritairement de répondre aux objectifs scientifiques de 6 projets orientés environnement et patrimoine. Quatre de ces projets sont inscrits dans le document de demande de quadriennal de l'OSUC. Pour la plupart d'entre eux, des codes de calcul ont déjà été développés sur des machines non parallèles. L'une des tâches est donc de porter ces codes sur la grappe de calcul. Ce travail de parallélisation bénéficiera du soutien de Microsoft.

La liste des projets scientifiques utilisant le méso-centre est susceptible d'augmenter au cours du projet. À cet égard, c'est une volonté du PPF CaSciModOT d'être le vecteur d'informations pour un développement du calcul scientifique et l'utilisation du centre de calcul par un nombre d'équipes croissant.

Afin de procéder à d'éventuels arbitrages et pour le suivi de l'utilisation de la machine, il sera installé un comité de pilotage composé des 5 directeurs des fédérations du grand campus orléanais (ou leurs représentants), d'un représentant des PME (ici Géo-Hyd), d'un représentant du BRGM et de l'INRA, du responsable du PPF CaSciModOT et du responsable scientifique du projet.

Le CCSC organisera annuellement deux rencontres spécialement destinées à l'utilisation des moyens de calcul. L'une d'elles impliquera le module D21 « Calcul Scientifique et modélisation »

de l'école doctorale « Sciences et Technologie » de l'Université d'Orléans (cf. <http://www.univ-orleans.fr/ed/st/cours2007/d21.pdf>) afin de sensibiliser les futurs doctorants au calcul haute performance.

Retombées scientifiques, techniques, socio-économiques et environnementales*(15 lignes maximum en Arial 11, simple interligne)*

L'utilisation du centre de calcul favorisera les échanges entre tous ses utilisateurs, équipes de recherche ou PME, par un dialogue sur les moyens et les méthodes numériques utilisées, ce qui est l'objectif du PPF CaSciModOT. Ces échanges concourent au partage et transfert de connaissances à la fois entre chercheurs et acteurs du secteur économique.

Ce projet est également l'occasion d'un partenariat avec l'éditeur de logiciels Microsoft. Les nouvelles compétences acquises par les enseignants chercheurs et chercheurs du campus seront un atout supplémentaire donné aux formations (essentiellement tournées vers l'informatique). A cela s'ajoute les interactions entre une PME (Géo-Hyd) et des chercheurs du campus Orléanais (LIFO) et aussi entre différents laboratoires de l'université (ISTO/MAPMO, INRA/MAPMO, LPCE/ICARE) encouragées par ce projet.

Le projet est articulé autour de 6 équipes sur des thématiques environnementales dont les retombées scientifiques sont détaillées plus loin.

Ce projet permettra le développement d'un pôle de compétences en calcul haute performance et de formations professionnelles dans ce domaine dont le déficit a été pointé dans le rapport du 6 Décembre 2006 « Enquête sur les frontières de la simulation numérique, La situation en France et dans le Monde, diagnostics et propositions, Mai 2005 » de l'académie des sciences (http://www.academie-technologies.fr/V2/ecrit05/Simulation/resume090505_2.pdf)

III- PRESENTATION DETAILLEE DU PROJET

La recherche de pointe, dans la plupart des disciplines, fait appel de plus en plus à des démarches de modélisation et de simulation numérique qui utilisent des outils souvent très sophistiqués et requièrent des compétences de plus en plus pointues et variées. Cette évolution s'explique, d'une part, par l'impossibilité ou le coût prohibitif de certaines expérimentations et, d'autre part, par une volonté d'avoir une meilleure compréhension quantitative des phénomènes et une analyse très fine des facteurs déterminants.

Chaque laboratoire est ainsi conduit à rechercher, voire à développer, des compétences qui n'ont rien à voir avec son champ disciplinaire habituel. Bien entendu, ces besoins sont en perpétuelle évolution et il est difficile d'y faire face. Si on souhaite faire preuve d'une certaine efficacité, pour ne pas dire compétitivité, la nécessité d'une mise en commun des diverses compétences et moyens des laboratoires au niveau d'une université paraissent aussi évidente que délicate à mettre en oeuvre; elle pose des problèmes bien connus liés non seulement aux difficultés de communication entre les différentes disciplines, aux cultures scientifiques différentes mais aussi à la structuration actuelle de la recherche.

Le PPF CaSciModOT (<http://www.phys.univ-tours.fr/fdp/cascimodot/>), porteur du projet, a pour fonction d'établir un point de contacts et d'échanges pour tous ceux qui font de la modélisation et du calcul numérique, de favoriser les interactions pluridisciplinaires entre les laboratoires des deux universités qui participent à ce projet et de soutenir les projets ou groupes de travail déjà existant sur le sujet. Il a vocation à être ouvert, non seulement à la communauté des numériciens, mais aussi des doctorants et des industriels.

Dans cet objectif, le PPF organise des journées de rencontres entre les acteurs du calcul numérique des universités d'Orléans et Tours incluant les organismes comme l'INRA (Orléans et Tours) et le BRGM. Pour la formation initiale, il propose un module de l'école doctorale d'Orléans sensibilisant les doctorants au calcul numérique. Il soutient des recherches inter laboratoire, notamment par le financement de réductions de services. Enfin, le rôle du PPF CaSciModOT est à la fois de faciliter la mise en place de recherches pluridisciplinaires dans le domaine du calcul scientifique et de la modélisation et aussi d'encourager et d'accompagner les demandes de financements des matériels nécessaires à ces recherches.

Actuellement, les moyens de calcul du grand campus orléanais sont de deux types :

- Les différentes fédérations et laboratoires se sont dotés par le passé de moyens de calcul, dont le recensement fait par CaSciModOT est accessible sur son site. Ainsi, la demande de co-financement régional « Esmeralda » au titre de l'année 2006 (cf http://www.phys.univ-tours.fr/fdp/cascimodot/doc/subvention_region_centre_projet_esmeralda.pdf) a permis l'achat d'une grille de calcul au LIFO et au CBM, installée dans les locaux du MAPMO. Il est à mentionner que l'ISTO, partenaire du projet Esmeralda, n'a pas encore acquis son matériel, mais est prêt à mettre les moyens d'Esmeralda pour ce présent projet.
- Il est aussi possible de mobiliser les ordinateurs, comme ceux des salles d'enseignements des étudiants, lorsque ceux-ci ne les utilisent pas, pour faire du calcul distribué. Cette solution est déjà mise en œuvre à Orléans, sous l'impulsion du PPF CaSciModOT, et réunit maintenant 75 machines. Ce genre de configuration est très utile pour des calculs à grands nombres de paramètres dont on veut explorer l'importance, mais peu efficace pour du calcul massivement parallèle.

Aussi, pour des modèles plus complexes et plus lourds, soit en termes de géométrie, soit en termes de couplages entre phénomènes, il faut faire appel à des moyens plus conséquents. Il est évidemment possible de se tourner vers les grands centres de calcul nationaux (GENCI - Grand Equipement National pour le Calcul Intensif). La rançon de leur succès est de voir les listes d'attente s'allonger et par conséquent les temps d'accès aux résultats des calculs. Avec

l'émergence des grilles de calcul, certaines régions (CalMiP (Calcul en Midi-Pyrenees), ROMEO Champagne Ardennes, REVA (Realité virtuelle et augmentée, Calcul intensif), Strasbourg, Ciment, (Calcul Intensif, Modélisation, Expérimentation Numérique et Technologique), Grenoble, CRIHAN (Centre de Ressources Informatiques de Haute Normandie) Rouen...) se sont dotées de méso centres qui possèdent une puissance de calcul intermédiaire entre celles des grands centres de calcul et les stations de travail, mais facilement mobilisables car installés localement. C'est une ambition de ce projet de doter la région Centre d'un tel méso-centre.

Ce méso centre est dimensionné pour répondre aux besoins de six projets à forte implication environnementale et de conservation ou de gestion du patrimoine. Ces projets attestent de l'utilité immédiate de cet équipement et permettront de faire un premier bilan de son utilisation avant d'envisager une extension.

Le projet Méthode est soutenu par l'ANR, DEMONS (volcanologie) a été sélectionné pour le round final du programme Idées de l'European Research Council (PCDR), l'équipe de l'ISTO, impliquée dans la thématique Pierre et Patrimoine est partie prenante du projet Volubilis dont la problématique est similaire (conservation du patrimoine du site de Volubilis, Maroc) . L'axe de recherche du projet risques naturels (BRGM) a été sélectionné par l'Agence Nationale de la Recherche (ANR), sur la thématique « Calcul intensif et Simulation » et fait l'objet d'une collaboration depuis 2006 entre le BRGM, l'INRIA, le CEA et TOTAL (projet NUMASIS). Le projet climatologie est soutenu par le programme SCOUT-O3 de la communauté européenne dans le cadre du 6^{ème} PCRD.

III-2- Description du projet et résultats scientifiques et techniques attendus

(4 pages maximum en Arial 11, simple interligne)

L'originalité et le caractère ambitieux du projet ainsi que sa contribution à la structuration de la recherche régionale devront être précisés. L'interdisciplinarité et l'ouverture à diverses collaborations seront à justifier en accord avec l'orientation du projet. Si nécessaire, des précisions pourront être apportées pour compléter les renseignements fournis dans les Sections III-4 (structuration et calendrier prévisionnel) et III-5 (moyens financiers et humains).

La description du projet et résultats scientifiques et techniques attendus projet par projet sont donnés ci-après

1. Climatologie (LPCE) L'objectif est de mieux connaître et mieux quantifier l'impact des différents types d'espèces chimiques émises par l'homme ou naturellement sur la composition chimique de la haute atmosphère, cette composition déterminant l'évolution de la couche d'ozone et du climat. Ces recherches sont centrées sur les zones tropicales qui jouent un rôle majeur sur la composition chimique de la haute atmosphère. Elles sont basées sur l'utilisation d'un modèle numérique décrivant les différents processus physiques mais aussi chimiques dans l'atmosphère (modèle BRAMS-Chimie). Ce modèle ne comprend pas actuellement toutes les espèces chimiques importantes dans le bilan de l'ozone. Pour atteindre l'objectif scientifique annoncé, de nouvelles espèces chimiques seront introduites dans le modèle. On s'intéressera aux substances à courte durée de vie dont l'impact probable sur la couche d'ozone n'a pas encore été étudié et quantifié. Ces substances incluent en particulier celles émises par les volcans (collaboration avec l'ISTO, dans le cadre de la fédération STUC, cf projet 6). Ces recherches vont aussi s'appuyer sur une collaboration étroite avec ICARE (Fédération EPEE) qui étudie en laboratoire les caractéristiques des composés chimiques atmosphériques. Leurs résultats ainsi que leur expertise sur la chimie atmosphérique seront largement utilisés dans le projet.

Le modèle BRAMS-Chimie est parallélisé et requiert des moyens de calcul importants tels que ceux proposés dans les centres de calcul nationaux. L'ajout de nouvelles espèces dans le modèle ne fera qu'augmenter le besoin en puissance de calcul parallèle. Ce modèle, qui est aussi utilisé au CPTEC, (Centre opérationnel de prévision météorologique et d'études climatiques, Brésil) a déjà tourné sur différentes machines. Au LPCE, c'est le calculateur IBM du CINES qui est utilisé mais qui souffre de surcharge qui aboutit à de très longs temps d'attente (plusieurs semaines).

2. Risques naturels (BRGM) Ce sont plus particulièrement les simulations relatives aux risques sismiques qui sont consommatrices de ressources de calcul.

La modélisation fine de ces mécanismes sur des maillages de grande taille nécessite la grappe de calcul demandée dans ce projet.

Les outils actuellement utilisés au BRGM permettent de réaliser des simulations complexes couvrant différents aspects du risque sismique : les mécanismes au niveau de la propagation des ondes sismiques générées dans des structures géologiques tridimensionnelles complexes, et la réponse sismique des sols (effets de site) et des structures en surface. Ces outils mettent en œuvre des méthodes numériques différentes (discrétisation par éléments finis ou différences finies), avec des rhéologies plus ou moins complexes (hypothèse de linéarité ou non linéarité matérielle etc). Pour être réalistes, ces simulations doivent pouvoir considérer les différentes échelles en temps et en espace impliquées dans les phénomènes sismiques (de l'ordre du mètre à plusieurs dizaines de kilomètres) ainsi que les différentes méthodes de discrétisation.

La mise en œuvre de telles simulations est pour le moment difficile voire impossible du fait essentiellement de limitations algorithmiques. Les travaux à réaliser portent donc aussi bien sur les aspects numériques permettant de modéliser avec précision ces différents phénomènes que sur le volet algorithmique parallèle haute performance et sur le modèle de programmation.

L'objectif est donc de fournir à terme les outils logiciels permettant d'aborder les simulations à très grande échelle nécessaires dans le domaine de la prévention des risques sismiques.

Des cas tests de taille réaliste permettront de valider de façon opérationnelle les avancées au niveau de la modélisation et du parallélisme

3. Modèle numérique de terrain (GeoHyd) La création de modèles numériques de terrain multi-résolution, en réponse à des demandes de plus en plus fréquentes d'organismes disposant de bases de données topographiques hétérogènes (MNT IGN, MNT Laser, Bathymétrie, photogrammétrie) nécessite de manipuler de gros volume d'informations géographiques. Une première étape consiste alors à implémenter les algorithmes d'interpolation dans un environnement parallèle comme celui de Microsoft CCS. Dans un second temps et pour exploiter ces données, les algorithmes de croisement géographiques seront développés. Le tout constituera une boîte à outils logicielle utilisable dans un environnement CCS. Enfin un algorithme de délimitation de bassins versant et de calcul d'indicateurs géomorphologique sera porté sur le cluster CCS à l'aide de cette boîte à outils. Des tests permettront de valider les méthodologies et de mettre en relation le nombre de nœuds de calcul nécessaires avec l'emprise géographique du territoire à étudier.

4. Méthode (MAPMO, INRA) Le ruissellement sur les sols cultivés pose des problèmes de conservation des ressources environnementales. Les épisodes ruisselants sont aussi responsables de coulées boueuses pouvant affecter les biens et les personnes. Pour améliorer l'aménagement des bassins versants, il est nécessaire de prédire correctement la localisation des écoulements de surface.

En contexte agricole, des travaux empiriques ont montré que l'interaction sillons-topographie était déterminante sur la géométrie du réseau d'écoulement : pour des faibles écoulements le ruissellement suit la direction des sillons, alors que pour de forts écoulements le ruissellement suit la direction de la pente topographique. Par manque de connaissance sur cette interaction, ce phénomène n'est pris en compte dans les modèles hydrologiques opérationnels qu'à travers des modèles heuristiques.

Le projet METHODE vise à modéliser ce type d'écoulement afin de comprendre et prédire l'effet de la morphologie de la surface sur l'écoulement. L'objectif final est de prendre en compte dans des modèles de type Saint-Venant qui sont couramment utilisés en hydrologie, l'effet de l'interaction topographie-sillons.

Le projet METHODE est un projet pluridisciplinaire retenu par l'ANR dans son appel à projet "blanc" 2007. Il est piloté par S. Cordier (MAPMO) et fait intervenir plusieurs équipes à Orléans (INRA-sciences du sol, BRGM), à Grenoble et en région parisienne. Une thèse financée par la région a démarré en septembre 2006 sur ces problématiques (O. Delestre) et elle va s'inscrire dans la dynamique du projet (avec 2 post-doctorants qui vont rejoindre le projet dans les 2 prochaines années).

5. Pierre mise en œuvre et patrimoine (ISTO, MAPMO)

Nous proposons une collaboration entre des mathématiciens du MAPMO et des physiciens de l'ISTO afin de trouver des méthodes d'analyse d'images de pierres (altérées ou non) de bâtiments historiques, obtenues par microtomographie X. Les monuments historiques, et particulièrement les pierres avec lesquelles ils sont bâtis, sont sensibles à leurs environnements. Ces pierres subissent des agressions de types physiques, chimiques et biologiques, comme la pluie, la pollution ou le développement de bactéries ou encore de lichens. Cela est particulièrement vrai pour les bâtiments de la vallée de la Loire, pour la plupart édifiés en tuffeau, roche sédimentaire calcaire tendre (cf. tendre est la pierre, Rautureau et al.). En particulier, l'action de l'eau et des polluants entraîne une dissolution partielle des phases minérales suivie d'une re-précipitation lors du séchage de la pierre. Cela induit une modification de son réseau poreux et donc, entre autre, de ses propriétés mécaniques. L'utilisation de la microtomographie X (ESRF Grenoble, SLS Villigen Suisse et bientôt la ligne Psyché de Soleil) permet d'obtenir des images du réseau poreux en 3 dimensions avec une résolution allant jusqu'à 0.28 micromètre pour des tailles d'images de 2048³ pixels. Le microtomographe X (cf demande EMC2 de l'appel à projets thématiques de la Région Centre) est, à cet égard un élément important pour fournir des informations complémentaires à celles fournies par les synchrotrons. Afin de comparer des pierres saines des pierres altérées, il est nécessaire de segmenter ces images qui font apparaître outre des contours non convexes et très peu lisses, des zones micro poreuses qui semblent pouvoir être analysées comme des zones texturées. Afin de répondre à ces objectifs, ce projet présente une partie importante de développement d'outils en analyse d'image afin de segmenter et séparer les différentes phases du matériau. Une première voie, basée sur des techniques d'analyse morphologique donne des résultats préliminaires encourageants. Les moyens demandés permettront d'utiliser ces codes d'analyses morphologiques sur tout le volume tridimensionnel de l'image obtenue par microtomographie X. Afin d'améliorer la segmentation, essentiellement pour les phases texturées, nous proposons, en parallèle, d'explorer d'autres voies basées sur des méthodes d'optimisation (recherches de contour minimisant une fonctionnelle d'énergie).

6. Volcanologie (ISTO) La surveillance des panaches volcaniques est un outil majeur de prévention des risques éruptifs. En mesurant la composition chimique des gaz émis au cratère, les volcanologues ont noté que, non seulement la composition des gaz change grandement de volcan à volcan, mais aussi durant le cours d'une seule éruption. En parallèle, de récents progrès en pétrologie expérimentale, auxquels l'ISTO a grandement contribué, ont rendu possible le calcul de la composition du gaz en équilibre avec un magma en profondeur. Cependant, lorsque la composition calculée d'un gaz profond est comparée avec celle mesurée en surface, une discordance générale est observée. De plus, un important découplage existe entre le flux de dégazage et le flux d'émission de laves. De telles difficultés étant principalement dues au manque de connaissances sur les différents mécanismes de dégazage magmatique, nous modélisons la cinétique du dégazage dans un conduit volcanique en combinant les résultats de deux modèles numériques. Le premier modèle simule en 3D l'écoulement du magma et l'évolution de la chimie de ses gaz. Le second modèle précise la façon dont le gaz se sépare du magma en quantifiant la perméabilité magmatique. Notre but est de calculer la quantité et la composition des gaz volcaniques en fonction de la pétrologie du magma et du régime éruptif afin de lier processus magmatiques profonds et émission en surface. Ce projet basé sur la modélisation numérique apportera une compréhension détaillée des processus de dégazage magmatique. Les résultats de nos calculs seront comparés à des mesures existantes de gaz durant des éruptions volcaniques et liés au régime éruptif. Ces modèles auront le potentiel de rendre opérationnel l'outil de surveillance des gaz volcaniques afin de mieux estimer l'aléa volcanique et améliorer notre capacité à prédire le déroulement d'une éruption. De tels résultats peuvent également être utilisés comme paramètres d'entrée dans des modèles

ACRONYME du projet

Réf. Région (ne pas remplir) :

numériques de dispersion atmosphérique (cf. projet 1) afin de mieux estimer l'impact des gaz volcaniques sur l'atmosphère terrestre.

ACRONYME du projet

Réf. Région (ne pas remplir) :

III-3- IMPACT SOCIO-ECONOMIQUE ET ENVIRONNEMENTAL POUR LA REGION

Description de l'impact socio-économique et environnemental

Expliquer l'impact potentiel du projet sur le développement socio-économique de la région et sur la préservation de son environnement. Mentionner également les dispositions spécifiques prévues dans le cadre du recyclage en fin de vie des équipements acquis dans le cadre du projet.

Préciser notamment le ou les secteurs d'activité concernés, les structures (TPE, PME/PMI, autres entreprises, associations, pôles de compétitivité, ...) impliquées, les résultats espérés (transfert de technologie, création d'entreprises, ...).

L'implication d'entreprises peut se traduire par leur participation aux travaux de recherche prévus dans le projet, ou correspondre à une expression d'intérêt pour ses résultats potentiels. Dans les deux cas, l'entreprise doit être identifiée comme partenaire du projet et remplir la fiche de l'Annexe 2.

L'ensemble des fédérations du grand campus orléanais émerge au PPF CaSciModOT, ainsi que de nombreux laboratoires. Cela montre l'importance que prend le calcul scientifique à Orléans dans la recherche actuelle. Cette action, concrétisée par la présente demande, entre dans le champ du PPF, car elle rassemble les laboratoires autour d'une puissante machine de calcul dont les laboratoires par eux-mêmes ne peuvent se doter.

Il faut mentionner le partenariat avec l'éditeur de logiciel Microsoft, dont l'une des ambitions est de montrer ses compétences dans la gestion des machines de calcul parallèles. Ce partenariat permet aux partenaires du projet de bénéficier du soutien de Microsoft sur les points suivants :

- Le système d'exploitation, l'installation, la formation (sur place), la maintenance
- L'aide à la négociation pour l'achat des machines de la grappe de calcul, auprès du fournisseur que nous aurons choisi
- l'assistance pour la parallélisation, l'aide à l'optimisation des codes de calcul
- L'accès à des centres de calcul plus importants (celui du centre de recherche de Microsoft à Redmond : 2000 processeurs) au besoin
- Le financement d'un CDD d'un an (30 Keuros) renouvelable selon les premiers résultats

Le candidat recruté sur le CDD financé par Microsoft lui permettra d'acquérir des compétences dans ce nouvel environnement qu'il pourra valoriser auprès des centre de calcul, industriels notamment qui, semble-t-il, préfèrent garder l'environnement Windows de la bureautique, aussi pour les machines de calcul (cf M. Defaux, 2007, Cimes : le calcul haute performance à coût raisonnable, Harvest 104, pp 37-43).

Cette machine place la région comme l'un des acteurs du calcul scientifique et donne une nette visibilité des laboratoires du grand campus orléanais en matière de calcul scientifique.

L'alternative proposée par Microsoft à la gestion des grands moyens de calcul et mise en place à Orléans sera aussi un atout supplémentaire pour attirer des étudiants désireux de se former au calcul haute performance. Ce partenariat fera l'objet d'une communication à l'été 2008 pour le lancement de la prochaine version du système d'exploitation CCS. Ces communications auront des retombées positives pour la recherche et les formations d'enseignement supérieur (informatique, physique, mathématique, mécanique) en Région Centre.

Géo-Hyd, PME de la région, est très impliqué dans ce centre de calcul et propose la mise en commun d'une partie de ses moyens de calcul. L'expérience acquise par Géo-Hyd lors de ce projet sera alors valorisée à destination d'autres PME désireuses de se tourner vers ce type de calculs. On peut alors imaginer que la grappe leur soit ouverte pour essai. C'est d'ailleurs l'un des objectifs du PPF CaSciModOT de rassembler outre les acteurs académiques, ceux du monde industriel. En ce qui concerne ce projet, le transfert de technologie réalisé au cours de ce projet permettra de disposer d'une base hydrologique pour le bassin Loire-Bretagne. Divers organismes tels que l'Agence de l'eau sont fortement intéressés pour exploiter ces résultats : Délimitation de bassin versants des masses d'eau, application du modèle SHYREG pour l'estimation des débits

et l'appréciation de la qualité et des eaux superficielles. D'autre part, les algorithmes développés pour établir des Modèles Numériques de Terrain multi-résolution permettront d'exploiter les données de la DIREN (MNT laser du val d'Orléans) et du GIP Loire Estuaire (MNT Laser de l'estuaire à Ancenis). Ces travaux aboutiront à une meilleure connaissance du fonctionnement hydrologique et biologique du fleuve Loire : modalité d'expansion de l'inondation, détermination des zones de repeuplement biologique...

Du point de vue économique, Géo-Hyd souhaite valoriser son approche « marché » et le transfert de compétence effectué durant ce projet. Le calcul massivement parallèle appliqué aux Systèmes d'Informations Géographiques est un axe de développement majeur pour cette PME. La participation au présent projet ainsi qu'au cluster DREAM (Durabilité de la Ressource en Eau et des Milieux associés) est une opportunité de développement au niveau national et international.

Dans le domaine des risques sismiques, les gains apportés par ce projet, aussi bien dans le domaine informatique que dans celui des méthodes numériques en Sismologie, permettront de mieux modéliser les effets de site qui sont des facteurs aggravants de détérioration des structures lors des séismes. Le BRGM pourra tirer parti de ces avancées pour fournir des cartes des risques mieux délimitées en France hexagonale et dans les départements et territoires d'Outre-mer, cartes qui comporteront des facteurs d'amplification mieux estimés. Les gains pour la société sont évidemment une meilleure maîtrise des risques et donc une meilleure protection des personnes et des biens.

Enfin et sans que cela soit directement couplé avec notre collaboration avec Microsoft pour ce présent projet, un sujet de thèse, dont le financement sera assuré par Microsoft va être demandé dans le thème « Computational Ecology and Environment Science » (cf. <http://research.microsoft.com/ero/phd/>) au cours du projet.

Si la durée du projet est de 3 ans, on peut penser que la grappe de calcul ne sera pas obsolète à cette date. De même que nous pensons que le calcul scientifique continuera à bénéficier de nouvelles avancées et la simulation numérique de s'affirmer encore davantage. Aussi les besoins de calculs seront accrus. En conséquence, nous pensons que le centre de calcul prendra de l'ampleur et sera au service de nouveaux défis scientifiques. Pour la jeunesse de la grappe, il sera demandé au fournisseur de reprendre les cartes ou autres éléments devenues obsolètes.

Rattachement aux axes thématiques régionaux (obligatoire)

Préciser l'apport du projet et de ses suites pour l'élaboration de réponses aux besoins du territoire et des habitants de la région autour des quatre axes thématiques Régionaux (Habitat de demain ; Déplacements et gestion des flux des personnes et des biens ; Nutrition, santé, bien-être ; Tourisme et loisirs)

Le méso-centre de calcul est mis prioritairement au service de six projets orientés environnement et conservation ou gestion du patrimoine et des ressources. Ces projets trouvent naturellement leur place dans les thématiques « Nutrition, santé, bien-être » et « Tourisme et loisirs ».

Les recherches du projet « climatologie », qui modélise le transport et les transformations chimiques des polluants depuis la basse atmosphère jusque dans la haute atmosphère, permettront de mieux connaître et mieux quantifier l'impact des différents types de composés chimiques émis par l'homme sur la composition chimique de la haute atmosphère. Cette composition détermine l'évolution de la couche d'ozone et du climat. Ces travaux vont permettre non seulement une meilleure connaissance mais aussi une meilleure prédiction de l'évolution de la couche d'ozone et des quantités de polluants dans la basse atmosphère dont l'impact sur la santé est indéniable. Si l'émission de gaz à effet de serre est pour une part d'origine anthropique, elle a aussi une source volcanique. Le projet « Vulcanologie » établit un modèle numérique de cinétique du dégazage magmatique dans un conduit volcanique ainsi qu'une étude paramétrique permettant de déterminer les paramètres contrôlant les grandes tendances de dégazage dans deux cas extrêmes. Le projet « Vulcanologie » alimente, en ce qui concerne les espèces chimiques émises par les volcans, les modèles du projet « Climatologie ».

La prévision des risques naturels est une donnée importante pour la préservation des personnes et des biens et pour l'aménagement du territoire. Les trois projets « Risques naturels », « Modèle Numérique de Terrain » et « Méthode » s'inscrivent dans cette problématique. Pour le projet « Risques naturels », la modélisation précise des phénomènes de propagation d'ondes sismiques dans des géométries complexes est capitale dans la mise en œuvre de politique efficace de protection des populations et des biens. La mise en place d'un méso-centre de calcul en région Centre fournirait au BRGM un outil de simulation de taille importante, facilement accessible, lui permettant d'effectuer les simulations à haute résolution nécessaire dans ce domaine. Le projet « Modèle Numérique de Terrain », en mettant à disposition des modèles de terrain unifié et en proposant des outils de traitement, permettra d'améliorer la connaissance du fonctionnement hydraulique et hydro-sédimentaire de la Loire. Enfin le projet « Méthode » donnera des outils permettant d'améliorer l'aménagement des bassins versant et sera un outil de prédiction des écoulements de surface.

Les grands bâtiments de la vallée de la Loire (châteaux, cathédrale, ...) font parti de notre patrimoine et sont aussi un fort atout pour le tourisme de notre région. La pierre de prédilection de la vallée de la Loire est le tuffeau, pierre calcaire sédimentaire, facilement extractible et façonnable qui présente les inconvénients de ses avantages puisqu'elle s'altère facilement. L'objectif du projet « Pierres mises en œuvre et patrimoine » est de comprendre les mécanismes de ces altérations en mettant en évidence la modification de leur réseau poreux par analyse d'image 3D issue de microtomographie X. Le but est de préconiser des moyens de conservation

Pour ces raisons, ces projets se rattachent aux axes thématiques « Nutrition, santé, bien-être » et ou « Tourisme et loisirs ».

ACRONYME du projet

Réf. Région (ne pas remplir) : **III-4- STRUCTURATION ET CALENDRIER PREVISIONNEL DU PROJET**

Décomposer le projet en tâches (« workpackages »), détailler l'objectif de chaque tâche, les partenaires impliqués, ainsi que les livrables et jalons décisionnels. Préciser l'enchaînement entre les tâches et les alternatives de développement du projet pour les jalons décisionnels.

Nom de la tâche	Installation et gestion du CCSC	Début	0	Fin	36
Partenaire	Numéro⁴ 1	Hommes.Mois 36			

Objectifs de la tâche:

Installation et utilisation au quotidien du méso-centre, choix du constructeur, choix de l'emplacement (le site de l'ISTE est une possibilité), installation du système d'exploitation. Création du comité d'utilisation du CCSC.

Description des actions :

choix du constructeur, choix de l'emplacement (le site de l'ISTE est une possibilité), installation du système d'exploitation.

Signature de la convention avec Microsoft

Mise en place du comité d'utilisation

Communications autour du CCSC : page WEB, participation aux journées Microsoft

Organisation de rencontres des utilisateurs, de cours à destination des étudiants

Livrables :

ACRONYME du projet

Réf. Région (ne pas remplir) : **Jalons décisionnels :**

6 mois : reconduite du partenariat avec Microsoft

⁴ Une ligne par partenaire ; reprendre la numérotation utilisée dans les annexes 1 et 2 ; porter en regard l'implication du personnel des partenaires en hommes.mois

Nom de la tâche	Projet « climatologie »	Début	3	Fin	36
Partenaire	Numéro⁵ 1,2	Hommes.Mois 63			

Objectifs de la tâche:

Climatologie : Réaliser des simulations numériques à partir du modèle BRAMS-Chimie de plusieurs zones du globe et sur plusieurs périodes temporelles sur le méso-centre de calcul afin de quantifier l'impact des différents types d'espèces chimiques émis par l'homme ou naturellement sur la composition de la haute atmosphère.

Description des actions :

- Migration du modèle BRAMS-Chimie sur le méso centre de calcul
 - Simulations et analyse des résultats sur plusieurs cas d'étude dans le cadre du projet européen SCOUT-O3
 - Mise à jour du schéma chimique du modèle en collaboration avec l'équipe de chimie atmosphérique d'ICARE
- Nouveaux développements du BRAMS-Chimie pour la prise en compte de nouvelles espèces chimiques et tests associés

Livrables :

- version améliorée du modèle BRAMS-Chimie incluant un jeu beaucoup plus complet et donc réaliste d'espèces chimiques et de réactions associées ;
- publications scientifiques

Jalons décisionnels :

⁵ Une ligne par partenaire ; reprendre la numérotation utilisée dans les annexes 1 et 2 ; porter en regard l'implication du personnel des partenaires en hommes.mois

UNE PAGE PAR TÂCHE

Nom de la tâche	Projet « Risques naturels »	Début	3	Fin	36
Partenaire	Numéro⁶ 1	Hommes.Mois 39			

Objectifs de la tâche:

Mise en œuvre de façon opérationnelle des outils de simulations tridimensionnelles du BRGM sur la thématique risques naturels.

Il s'agira dans un premier temps de valider les codes de calcul dans un environnement HPC Windows. Les adaptations nécessaires aux spécificités Windows au niveau compilation, bibliothèques de calcul et environnement pour le parallélisme seront intégrés aux codes de calcul.

La deuxième phase permettra la mise en œuvre d'algorithmes haute performance pour la modélisation et leur validation sur des cas tests de grande taille.

Des interactions pourront exister avec les avancées du projet ANR NUMASIS notamment sur les aspects modèles de programmation (threads, message passing), algorithmie haute performance (équilibrage de charge, accès au cache etc.), et modélisation sismique (conditions absorbantes, viscoélasticité, surface libre etc..)

Description des actions :

- Portage des applications parallèles BRGM de la thématique risques naturels sous l'environnement Windows CCS (validation, évaluation des performances)
 - Mise en œuvre des avancées en termes d'algorithmes hautes performances pour les risques naturels.
- Validation sur des cas tests de grande taille

Livrables :

- *Version du logiciel portée sous Windows CCS*
- *Publication scientifique sur les aspects algorithmes parallèles et modélisation sismique*

Jalons décisionnels :

- Portage des logiciels et performances comparatives windows /linux

⁶ Une ligne par partenaire ; reprendre la numérotation utilisée dans les annexes 1 et 2 ; porter en regard l'implication du personnel des partenaires en hommes.mois

UNE PAGE PAR TÂCHE

Nom de la tâche	Modèle numérique de terrain	Début	3	Fin	36
Partenaire	Numéro⁷ Geo-Hyd	Hommes.Mois 36			

Objectifs de la tâche :

Porter, valider et étendre les algorithmes récemment développés par le LIFO et Géo-Hyd sur un cluster de calcul de taille conséquente.

Constituer une base de données des limites de bassins versants et d'indicateurs hydrologiques sur la base du MNT Nasa SRTM.

Diffuser les résultats

Description des actions :

Implémenter les algorithmes

Comparer les résultats sur des zones tests avec les méthodes mono processeurs actuelles

Constituer une base de données et un portail internet de diffusion partielle des résultats

Livrables :

- publication scientifique (méthode et performances de la parallélisation des algorithmes de détermination des limites de bassins versants)
- portail internet

Jalons décisionnels :

Comparaison des résultats avec les méthodes connues

⁷ Une ligne par partenaire ; reprendre la numérotation utilisée dans les annexes 1 et 2 ; porter en regard l'implication du personnel des partenaires en hommes.mois

UNE PAGE PAR TÂCHE

Nom de la tâche	Methode	Début	0	Fin	36
Partenaire	Numéro⁸ 1,2	Hommes.Mois 61			

Objectifs de la tâche:

prendre en compte l'effet des sillons, dus au travail agricole, sur le ruissellement des eaux de pluie

Ce projet interdisciplinaire fait intervenir des mathématiciens et des hydro-géologues. Il est piloté par Orléans (Université-CNRS, INRA, BRGM) avec plusieurs partenaires (ENPC, CEMAGREF, INPG, INRIA...) et a été retenu par l'ANR dans le cadre de l'appel à projet "programme blanc interdisciplinaire" en 2007.

Description des actions :

Ce projet comporte 3 types d'actions

- Modélisation : 3 méthodes seront étudiées pour prendre en compte l'effet des sillons dans les équations qui décrivent le ruissellement (dite, de type Saint Venant). Elles seront comparées sur des solutions de références et avec des données expérimentales;
- Expérimentation : On utilisera le "simulateur de pluie" de l'INRA Orléans et également des campagnes de mesures sur le terrain sur le bassin versant d'Orgeval;
- Implémentation : les simulations numériques, une fois validées, seront mises en place et déployées dans des systèmes d'informations géographiques (SIG) qui contiennent des données sur la topographie et sur les caractéristiques du sol et en particulier des sillons.

Livrables :

- modèle(s) mathématique validée par des expériences pour la prise en compte de l'effet des sillons
- simulations numériques réaliste d'un bassin versant après une forte pluie
- intégration de ces améliorations dans des systèmes de gestion d'eau les plus opérationnels possibles et aussi
- Publications scientifiques à la fois dans des journaux mathématiques (nouveaux modèles et méthodes numériques d'approximation) et d'hydrologie (comparaison avec les expériences..)

Jalons décisionnels :

Année 1 : choix du modèle le plus performant sur les tests de référence

Année 2 : validation des simulations numériques sur les données expérimentales et choix d'un partenaire pour l'implémentation dans les SIG

⁸ Une ligne par partenaire ; reprendre la numérotation utilisée dans les annexes 1 et 2 ; porter en regard l'implication du personnel des partenaires en hommes.mois

UNE PAGE PAR TÂCHE

Nom de la tâche	Pierre mise en œuvre et patrimoine	Début	0	Fin	36
Partenaire	Numéro⁹ 1,2	Hommes.Mois 83			

Objectifs de la tâche:

- Segmenter des images de tuffeau obtenues par microtomographie X.
- Quantifier par le biais d'estimateurs les différentes phases de la pierre (calcite, silice, pores).
- Comparer les pierres saines issues de carrière et les pierres altérées prélevées sur site.

Description des actions :

- Parallélisation de codes d'analyse d'image par morphologie mathématique écrits en C++ sur la grappe de calcul. Tests et utilisation de ces codes pour la segmentation d'image.
- Développement de nouveaux outils basés sur des méthodes d'optimisation
- Implémentation sur ordinateur des méthodes basées sur des techniques d'optimisation.

Livrables :

- Codes de calcul génériques pour segmenter des images 2D et 3D.
- Publications dans des revues internationales.
- Participation à des congrès scientifiques et manifestations de vulgarisation des sciences (e.g. « la fête de la science »).

Jalons décisionnels :

- Année 1 : Pour les codes basés sur l'analyse morphologique seule : comparaisons des résultats obtenus à partir des images segmentées avec des données expérimentales.
- Années 2 : Idem Pour les codes basés sur les techniques d'optimisation seuls.
- Années 3 : Validation de l'apport des techniques d'optimisation à l'analyse morphologique.

⁹ Une ligne par partenaire ; reprendre la numérotation utilisée dans les annexes 1 et 2 ; porter en regard l'implication du personnel des partenaires en hommes.mois

UNE PAGE PAR TÂCHE

Nom de la tâche	Simulation d'éruptions volcaniques	Début	3	Fin	36
Partenaire	Numéro¹⁰ ISTO	Hommes.Mois 50% pour 3 ans = 18 HM			

Objectifs de la tâche:

L'objectif de cette tâche est de calculer la quantité et la composition des gaz volcaniques en fonction de la pétrologie du magma et du régime éruptif afin de lier les processus magmatiques profonds avec les émissions en surface. Nous achèverons ceci en modélisant la cinétique du dégazage dans un conduit volcanique en combinant les résultats de deux modèles numériques. Le premier modèle simule en 3D l'écoulement du magma et l'évolution de la chimie de ses gaz. Le second modèle précise la façon dont le gaz se sépare du magma en quantifiant la perméabilité magmatique. Cette quantification se fait en scannant des charges expérimentales de magma ayant subi un dégazage contrôlé avec un microtomographe X afin d'obtenir une image 3D des bulles de gaz et de la façon dont elles sont interconnectées. Puis le modèle numérique simule le flux de gaz au sein de ce volume 3D afin de calculer la perméabilité du magma au gaz. Les lois de perméabilité ainsi obtenues sont ensuite implémentées dans le premier modèle afin d'affiner la formulation de la physique du dégazage.

Description des actions :

Le modèle numérique d'écoulement VMFIX en cours de développement à l'ISTO est basé sur le solveur générique MFIX (www.mfix.org) qui décrit les transferts chimiques et thermiques dans les écoulements multiphasés (suspension dense et diluées de liquide, solides et gaz). Dans notre version VMFIX, le liquide et le gaz sont traités en 3D avec les équations de Navier Stokes. Un couplage bidirectionnel entre le liquide et le gaz garanti que les contraintes entre le liquide magmatique et les bulles soient proprement représentées. La fragmentation magmatique est simulée par un changement du tenseur des moments de chacune des phases afin de passer d'un liquide avec des bulles à un gaz poussiéreux. Le dégazage est simulé par les lois physiques régissant la croissance des bulles de vapeur d'eau. Dans la configuration courante (compilation en SMP sur une station bi-Xeon, 3.2 GHz, 4Gb RAM), VMFIX complète une simulation 2D en 15 à 18h. La partie chimique que nous avons développée séparément n'est pas incluse dans VMFIX car elle requiert typiquement 2h de temps de calcul à elle seule en 1D. La combinaison des 2 parties physique et chimique et l'extension à 3D de l'ensemble n'est en effet pas envisageable dans la configuration informatique actuelle car elle allongera considérablement les temps de calcul. Cette intégration, cependant, peut pleinement profiter de la parallélisation offerte par une grappe de calcul. VMFIX possède une implémentation DMP et le solveur original MFIX tourne sur des grappes similaires à celle demandée. L'adaptation à l'architecture de grappe se fera aisément en intégrant la partie chimique à VMFIX de façon à ce que chaque cellule du domaine 3D performe son propre calcul de la chimie du gaz.

La simulation de l'écoulement gazeux dans les volumes 3D tomographiques est également une tâche demandant des ressources informatiques spécifiques en raison de la grande taille des volumes simulés. Actuellement, les simulations se font sur un quadri-Xeon 64 bits, 3 GHz, 8 Gb RAM et les volumes doivent être limités à 200³ voxels sur les 1000³ voxels typiquement analysés par tomographie en raison de la mémoire disponible. La petite taille de ces volumes est source de problème en raison de la différence importante entre la grande taille des bulles et la petitesse de leurs interconnexions. La grande quantité de mémoire disponible sur la grappe demandée permettra de conduire la simulation numérique sur les volumes entiers, garantissant des calculs

¹⁰ Une ligne par partenaire ; reprendre la numérotation utilisée dans les annexes 1 et 2 ; porter en regard l'implication du personnel des partenaires en hommes.mois

ACRONYME du projet

Réf. Région (ne pas remplir) :

de perméabilité représentatifs. Le modèle d'écoulement de gaz est également basé sur MFIX, ce qui rend sa portabilité à la nouvelle grappe de calcul aisée. Bien que développé spécifiquement pour des charges expérimentales de magma, ce modèle numérique pourra être appliqué aux volumes tomographiques d'autres milieux poreux, comme les pierres de construction du projet Pierres.

Livrables :

Cette tâche apportera une compréhension détaillée des processus de dégazage magmatique. Ces modèles numériques seront les premiers outils nous mettant en mesure de distinguer si un panache de gaz est généré en réponse au un dégazage passif d'un magma, à sa cristallisation ou à son ascension, processus ayant des conséquences diamétralement opposées sur l'activité volcanique et les risques encourus par les populations avoisinantes. De tels résultats peuvent également être utilisés comme paramètres d'entrée dans des modèles numériques de dispersion atmosphérique (cf. projet Atmosphère) afin de mieux estimer l'impact des gaz volcaniques sur l'atmosphère terrestre.

Jalons décisionnels :

Le financement d'un microtomographe X à l'ISTO par (en partie) le PCDR européen déterminera si le modèle d'écoulement de gaz dans les milieux poreux sera utilisé de manière routinière sur différents matériaux (Projet Pierres) ou confiné à la détermination de la perméabilité dans les magmas. Le financement du présent projet appuiera fortement la demande ANR car il nous donnera la capacité de calcul nécessaire au traitement des volumes générés par le microtomographe.