



## MSRGI + ERA 1-2-6-28

### Rapport Hcéres

► **To cite this version:**

Rapport d'évaluation d'une entité de recherche. MSRGI + ERA 1-2-6-28. 2009, Laboratoire central des ponts et chaussées. hceres-02032197

**HAL Id: hceres-02032197**

**<https://hal-hceres.archives-ouvertes.fr/hceres-02032197>**

Submitted on 20 Feb 2019

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



agence d'évaluation de la recherche  
et de l'enseignement supérieur

Section des Unités de recherche

## Rapport du comité d'experts

Unité de recherche :

Division de Mécanique des Sols, des Roches et de la  
Géologie de l'Ingénieur (MSRGI) et Equipes de  
Recherche Associées (ERA)

du Laboratoire Central des Ponts et  
Chaussées

Juin 2009



agence d'évaluation de la recherche  
et de l'enseignement supérieur

Section des Unités de recherche

## Rapport d'évaluation

Unité de recherche :

Division de Mécanique des Sols, des Roches et de la  
Géologie de l'Ingénieur (MSRGI) et Equipes de  
Recherche Associées (ERA)

du Laboratoire Central des Ponts et  
Chaussées

Le Président  
de l'AERES

Jean-François Dhainaut

Section des unités  
de recherche

Le Directeur

Pierre Glorieux

juin 2009



# Rapport du comité d'experts )

## L'Unité de recherche :

Nom de l'unité : Division de Mécanique des Sols, des Roches et de la Géologie de l'Ingénieur (MSRGI) et Equipes de Recherche Associées (ERA)

Label demandé :

N° si renouvellement :

Nom du directeur : Monsieur Philippe MESTAT

## Université ou école principale :

Laboratoire Central des Ponts et Chaussées

## Autres établissements et organismes de rattachement :

Pour les ERA : Centres d'Etudes Techniques de l'Equipement (CETE)

## Date(s) de la visite :

25 et 26 mai 2009



# Membres du comité d'évaluation

## Président :

Monsieur Pierre-Yves HICHER, Ecole Centrale de Nantes

## Experts :

Monsieur Laurent JAMMES, Schlumberger Carbon Services

Monsieur Raul MADARIAGA, ENS Paris

Monsieur Jacky MAZARS, Institut Polytechnique de Grenoble

Monsieur Hormoz MODARESSI, BRGM

Monsieur Pierre VEZOLE, Eiffage Construction

Expert(s) représentant des comités d'évaluation des personnels (CNU, CoNRS, CSS INSERM, représentant INRA, INRIA, IRD...) :

Monsieur Mehdi GHOREYCHI, Représentant des comités CESAAR et MEEDDAT

# Observateurs

Délégué scientifique de l'AERES :

Madame Maria ZAMORA

Représentant de l'université ou école, établissement principal :

Monsieur François DE LARRARD

## 1 • Présentation succincte de l'unité

Cette unité a une particularité qui tient notamment à la structuration historique du LCPC par division et à la responsabilité scientifique qu'il assure au sein du réseau des LRPC-CETE. Ainsi le MSRGI comprend :

- un groupe parisien présenté en 4 équipes (pour 15 chercheurs)
- un groupe grenoblois (2 chercheurs) intégré à l'UMR 5559 LGIT
- les équipes de recherche associées :
  - ERA CETE-LRPC Lyon (5 chercheurs, 2,7 ETP)
  - ERA Aix en Provence (2 chercheurs, 1,85 ETP) et ERA de Nice (4 chercheurs, 3,4 ETP) (CETE Méditerranée)
  - ERA Toulouse (4 chercheurs, 2,5 ETP) (CETE sud-est)
  - En création, ERA de Lille (CETE Nord-Picardie)

Le terme chercheur recouvre des statuts différents : 15 chercheurs de l'équipement (DR et CR), 16 ingénieurs de l'équipement (IE), des ingénieurs contractuels dont 5 de rang A répertoriés comme chercheurs dans les différentes ERA. Leur implication dans les activités de recherche de l'unité est variable : 100% pour les DR, CR et les IE dans les groupes parisiens et grenoblois, entre 10% et 100% pour les membres des ERAs. Il convient de s'interroger sur la contribution effective des membres répertoriés ayant un ETP de 0.1 (5 personnes dont 4 pour la seule ERA de Nice). Les activités de recherche des ERA de Nice et de Lyon sont limitées à un domaine (respectivement risque sismique et risque rocheux), alors que celles d'Aix et de Toulouse sont beaucoup plus dispersées.

La partie MSRGI regroupe 10 personnels techniques et administratifs (dont 1 localisé à Grenoble). L'ensemble des ERAs regroupe 15 personnels techniques dont la contribution à la recherche varie fortement (entre 10% et 100%).

L'unité comprend 7 HDR qui participent tous à l'encadrement de thèses. 19 thèses ont été soutenues dans la période d'évaluation, pour une durée moyenne de thèse aux environs de 3,5 ans, tous les thésards sont financés (8 LCPC, 1 DGPA, 2 ENPC, 2 MESR, 1 CIFRE, 1MAE, 1 contrat LCPC-ENPC-TOTAL et 4 ETR).

Le bilan en termes de publications de rang A apparaît globalement convenable si on regarde le ratio nombre de publications/nombre de chercheurs exprimé en ETP. Il cache cependant une très grande disparité qui se retrouve si on examine le nombre de chercheurs publiants : seulement 8 chercheurs peuvent faire état de 2 publications au moins sur les quatre années écoulées (les publications prises en compte étant celles de rang A, les ouvrages ou chapitres d'ouvrages à envergure internationale, les brevets). Ce bilan doit être compensé par la participation à la rédaction de guides techniques, de procédures et de normes, qui entrent dans les fonctions des personnels de l'unité.

## 2 • Déroulement de l'évaluation

L'évaluation s'est déroulée sur deux jours. La première journée a été structurée classiquement de la façon suivante :

- une présentation générale du bilan de l'unité par son directeur suivie d'une discussion avec les membres du comité ;
- quelques éclairages sur des actions spécifiques permettant d'illustrer les différentes thématiques ;
- une présentation du projet pour les quatre ans à venir par le directeur suivie d'une discussion avec les membres du comité ;



- des discussions avec les représentants des tutelles ;
- des discussions avec les représentants des différentes catégories de personnel.

La deuxième journée a été consacrée à une visite des laboratoires. Deux visites ont été organisées avec des représentants du comité d'évaluation : la visite des équipements de la partie MSRGI basée à Paris et la visite des équipements de l'ERA d'Aix en Provence.

### 3 • Analyse globale de l'unité, de son évolution et de son positionnement local, régional et européen

Les missions de recherche de l'unité relèvent de la recherche appliquée au service des Ponts et Chaussées et du MEEDDAT, dans le domaine de la mécanique des sols et des roches, de la géotechnique et de la géologie de l'ingénieur. Le mode d'organisation de l'unité avec des Opérations de Recherche menées par des équipes en réseau est original, avec une division centrale (MSRGI) et des équipes de recherches proches du terrain (ERA), exposées à des problèmes réels et ayant accès aux sites. Un effort est actuellement fait pour renforcer la capacité des ERA à encadrer des activités de recherche, notamment en incitant certains de leurs chercheurs à passer leur HDR.

L'originalité de l'unité est son implication quotidienne au service de la profession en expertise technique (identification par leurs conséquences des lacunes des connaissances), dans l'établissement de documents techniques de référence bénéficiant de la double connaissance de la pratique et de résultats de recherche (Guides Techniques et autres Recommandations) et dans le domaine normatif. La variété des sujets traités par les différentes équipes et la facilité des échanges compte tenu de la taille de l'unité sont une source d'enrichissement mutuel et de transfert d'idées fécondes d'un domaine vers un autre. L'implication simultanée de cette unité dans la profession, dans les recherches collectives (ANR, IREX) et dans l'enseignement en fait un lien précieux entre le monde académique et la pratique de base.

L'unité est impliquée dans un très grand nombre de projets : projets européens, projets ANR, projets nationaux et régionaux. Ceci traduit un dynamisme certain, et démontre que, même si elle n'est pas leader de ces projets, sa participation a été recherchée par les équipes qui les ont montés. On peut cependant s'interroger sur la capacité de l'unité à gérer simultanément un si grand nombre d'opérations et on ne voit pas toujours très bien leur articulation avec le projet global de l'unité qui doit s'intégrer dans la stratégie d'ensemble du LCPC déclinée en Opérations de Recherche.

### 4 • Analyse équipe par équipe et par projet

Le concept d'unité est hors des standards habituels pour les unités de recherche. Pour une meilleure lisibilité et en accord avec les documents et les présentations qui ont été faites devant le comité, l'analyse est réalisée pour l'ensemble MSRGI + ERAs et par thèmes de recherche tels qu'ils apparaissent dans le document de bilan et en filigrane dans le projet de l'unité.

#### **Risque sismique :**

Ce groupe comprend 7 chercheurs répartis à Grenoble, Paris, Nice et Aix et est piloté par une personnalité scientifique de premier plan. En fait, elle bénéficie de la localisation de 2 chercheurs au sein du LGIT de Grenoble, où ils collaborent avec les autres chercheurs qui travaillent dans le même domaine qu'eux. Le LGIT est sans doute une des équipes les plus productives en sismologie en France et joue un rôle majeur dans plusieurs projets européens.

Globalement le bilan de l'activité est de qualité. Durant la période de cette évaluation :

- sur les 66 articles de rang A publiés ou acceptés par l'ensemble de l'unité, environ 40% est issu de ce groupe et 7 thèses ont été soutenues (9 sont en cours) soit en moyenne 3 papiers et 1 direction de thèse par chercheur, avec une prééminence marquée à Grenoble ;



- le groupe a été impliqué dans 3 opérations de recherche LCPC, 5 projets européens, 4 projets ANR, plus 3 autres projets (ACI-Catnat, RDT, Drast) ;
- le groupe a en charge la gestion et participe au développement du Réseau Accélérométrique Permanent (au travers du GIS RAP).

L'objectif principal des recherches est d'arriver à une meilleure définition et évaluation de l'action sismique imposée aux ouvrages. Dans ce contexte les travaux comportent aussi bien des recherches de base, que des développements vers la réglementation parasismique ou en relation avec l'établissement de Plan de Prévention des Risques Sismiques.

Plus précisément 3 thèmes sont concernés :

- aléa sismique (aléa régional, aléa local - effets de site, modélisation numérique de la propagation d'ondes, prise en compte du comportement non linéaire des sols) ;
- vulnérabilité et risques sismiques (vulnérabilité d'ensemble, échelle du bâtiment, interaction site-ville) ;
- extension du RAP (nouvelles stations de mesure) avec gestion centralisée à Grenoble.

Un des thèmes majeurs émergeant semble être la reconnaissance des propriétés du sous-sol par des mesures de bruit de fond sismique.

Les activités de l'équipe présente à Paris (2 ingénieurs-chercheurs) portent davantage sur la modélisation numérique (propagation des ondes, effets de site) et les membres de l'équipe présents aux ERA (Nice, Aix) adressent le zonage du risque sismique.

Parmi les points négatifs on peut noter une faible visibilité/lisibilité des actions réellement de recherche, menées dans le domaine de la vulnérabilité et du zonage de risque ainsi qu'une frontière floue entre les actions de recherche et les autres actions des membres des ERAs.

Les projets affichés pour le prochain plan touchent au renforcement de l'instrumentation résidente d'ouvrages, aux acquisitions en temps réel visant la possibilité d'alerte précoce, à l'imagerie aérienne et satellitaire, à l'inscription des recherches dans une démarche probabiliste, au fonctionnement des ouvrages géotechniques sous séisme et à la prise en compte des aspects sociétaux du risque.

Ce projet est tout à fait intéressant, il faut dire que le groupe de Grenoble bénéficie au sein du LGIT d'un environnement extraordinaire qui tire l'ensemble du projet vers le haut, rendant les autres groupes à Paris et Nice beaucoup moins visibles. La transversalité des thèmes abordés, la charge du RAP, confèrent à ce groupe une originalité au niveau national qu'il faut préserver et soutenir.

Cependant le groupe est modeste en taille et se présente sur 3 sites très distants. La tentation de vouloir trop élargir les thèmes de recherche notamment vers les analyses dynamiques non linéaires des structures, des sols et des ouvrages géotechniques doit être assortie de renforts internes et/ou de collaborations fortes avec des équipes plus spécialisées sur ces sujets.

La volonté affirmée de s'intéresser de plus en plus à la vulnérabilité des ouvrages demanderait à être précisée, notamment la méthodologie mise en œuvre. L'intérêt semble pour l'instant limité aux constructions de surface (bâtiments), or dans une perspective d'évolution des thématiques de recherche, la vulnérabilité d'ouvrages souterrains aux risques sismiques naturels pourrait aussi être considérée (stockages, mines...). Par ailleurs, les problématiques de recherche se limitent aux risques sismiques naturels, rien n'est actuellement fait sur les évaluations des risques sismiques induits par des opérations de géo-ingénierie (stockage de gaz, de déchets, géothermie).

#### **Risques liés aux mouvements de terrains - Risques rocheux :**

Le groupe comporte une douzaine de chercheurs répartis sur 2 sites (Paris et Lyon).





Le bilan de la période de cette évaluation est le suivant :

- le groupe a été impliqué dans 3 projets ANR, 3 projets Interreg, un projet RDT, une convention DGPR et l'opération de recherche « Risques Rocheux » ;
- 3 thèses ont été soutenues dans la période et 2 sont en cours ;
- environ une dizaine d'articles de rang A publiés ou acceptés. On peut noter en particulier des travaux théoriques de bon niveau scientifique sur l'homogénéisation du milieu fissuré/fracturé, mais la production scientifique n'apparaît pas répartie d'une manière homogène.

Les principaux thèmes de recherche sont associés notamment aux risques à proximité des versants et ceux liés à des anciennes exploitations souterraines. Ce sont :

- le suivi de mouvement de terrain : celui de Séchilienne étant parmi les plus célèbres et la technique radar qui est employée pour l'observation par tout temps a largement été améliorée (le développement d'un outil mobile basé sur la technique est en projet) et l'interaction entre affaissements de terrain et ouvrages de surface, pour lesquels il y a eu des améliorations dans les simulations ;
- le risque rocheux (caractérisation et modélisation des instabilités, altération des massifs rocheux, études de sites expérimentaux - modélisation).

C'est par ailleurs dans le cadre de ce thème que le groupe a en charge la mise en place de la station d'essais de chutes de blocs de Montagnole (73).

Cette station permet le largage de blocs pouvant atteindre 20t sur une hauteur de 70m ce qui en fait un équipement unique en France. Ce projet a coûté beaucoup de temps pour le montage du dossier, le choix du site et la mise au point de la technologie de largage d'une grande originalité et d'une grande précision. Il est opérationnel depuis peu et va dans un premier temps servir à des largages sur filets pare-pierres. Prévu d'être équipé prochainement d'un « carreau spécialisé » pour l'étude de l'impact de blocs sur diverses surfaces (granulaires, rochers, béton), le système pourrait permettre à terme l'étude de chocs sur les ouvrages en béton et merlons, cependant la gestion de l'angle d'incidence d'arrivée du bloc sur l'ouvrage se pose.

Le LCPC (MSRGI) est maître d'ouvrage et maître d'œuvre de l'installation, le LRPC (ERA 29) en est l'opérateur. Il a été annoncé à terme une occupation partagée entre les travaux à destination des fabricants (notamment la certification qui va prochainement démarrer sur les filets pare-pierre) et la recherche. Les thèmes de recherche affichés sont :

- étude du rebond sur sol et de la fragmentation ;
- étude des filets et notamment de la mesure des sollicitations ;
- étude des merlons pare-blocs et des structures rigides.

Cet outil promet d'être une splendide installation notamment si l'on améliore sa versatilité.

#### **Risque érosion des sols et risque sécheresse :**

Les activités de l'unité dans ce domaine sont menées par cinq ingénieurs-chercheurs basés à Paris. Il y a cependant de nombreuses interactions avec la Division RMS (Nantes) l'ERA de Toulouse, le LRPC de Rouen et l'UMR Navier, essentiellement pour la caractérisation des matériaux et des essais sur modèle et/ou in situ.

Les activités s'inscrivent dans trois projets de recherche : ANR ERINOH, ANR ARGIC, PN ERINOH.

Il s'agit d'une thématique à fort enjeu économique du fait des impacts sur les ouvrages hydrauliques d'une part, sur le bâti urbain d'autre part. Elle est nouvelle pour l'unité qui y a investi au cours des dernières années des moyens humains supplémentaires (recrutement de deux chercheurs). 4 doctorants ont été également recrutés sur cette opération de recherche.

La production scientifique sur cette thématique propre apparaît pour l'instant très faible, les publications de rang A des acteurs concernés correspondent sans doute essentiellement à la valorisation des travaux de thèse de jeunes chercheurs récemment recrutés et pas directement aux travaux faisant l'objet du bilan des quatre dernières années.



Parmi les points positifs du bilan on peut mettre en avant la mise en œuvre de moyens expérimentaux innovants. Concernant le thème érosion, il s'agit du développement d'appareillages de caractérisation des propriétés érosives des sols au laboratoire et in situ. Concernant le thème sécheresse, il s'agit de la réalisation au CER de Rouen d'une maquette d'un pavillon en vraie grandeur permettant une analyse des désordres engendrés par des tassements différentiels. Les contacts avec le terrain (à travers l'ERA et le LRPC) sous forme d'études de cas et d'expertises des désordres sont également des apports intéressants, mais le retour d'expérience devra être valorisé par son insertion dans un projet de recherche.

Parmi les points faibles, on peut noter une certaine dispersion des efforts, le nombre de thèmes abordés par rapport au nombre de chercheurs étant conséquent, sachant d'autre part que la partie expérimentale qui est lourde est fortement consommatrice de moyens humains.

#### **Comportement des matériaux naturels et artificiels :**

La thématique regroupe 12 chercheurs : 9 de la division MSRGI, 2 de l'ERA de Toulouse, 1 de l'ERA d'Aix en Provence. Il s'agit donc d'une thématique qui implique fortement l'unité et correspond à des activités historiquement implantées au sein du LCPC et de son réseau régional.

Le groupe de recherche comprend également 6 doctorants et est concerné par 5 opérations de recherche. Les projets de recherche sont au nombre de 3 : projet européen PARTNER, ANR MIRADOR, convention TOTAL.

Trois grands axes de recherche peuvent être identifiés :

- couplages physico-chimique et mécanique dans les matériaux cimentaires et les roches en tant que matériaux de construction. Ces études concernent essentiellement la durabilité des matériaux à partir d'essais de caractérisation à différentes échelles :
- caractérisation du comportement des sols naturels à partir d'essais de laboratoire et in situ, incluant le développement de nouveaux appareillages ;
- mesures de perméabilité des roches sur échantillons massifs ou micro-fissurés par endommagement mécanique, l'étude expérimentale des matériaux de faille.

Les efforts de la Division MSRGI et des ERA impliquées dans ce domaine sont donc essentiellement orientés vers la mise en œuvre d'essais de caractérisation. Pour des raisons historiques ces activités sont réparties sur plusieurs sites, ce qui empêche une synergie complète entre les équipes. Dans l'optique d'installation de la Division à Marne-la-Vallée, un rapprochement avec l'équipe du CERMES devrait être bénéfique. Une des originalités de l'unité est en particulier de concevoir et développer des appareillages de mesures in situ des propriétés des sols et de mener des campagnes d'expérimentation in situ. Elle est une des rares équipes de recherche française à même de mener à bien ce type de développement et ces efforts doivent être poursuivis, tout en étant mieux valorisés en direction de la profession mais aussi de la communauté internationale.

On peut regretter que ces moyens de caractérisation expérimentale ne s'accompagnent pas de développements plus poussés en modélisation.

La production scientifique du groupe reste beaucoup trop limitée. Seuls deux chercheurs sont publiants en revues de rang A, ce qui est tout à fait insuffisant et n'est pas compensé par des dépôts de brevet malgré l'originalité de certains développements d'appareillages. A noter une publication soutenue dans le bulletin des laboratoires des Ponts et Chaussées ainsi que dans la revue française de géotechnique, ce qui peut permettre une diffusion des travaux réalisés au sein de la profession.

#### **Ouvrages complexes et géotechnique urbaine**

L'activité de recherche regroupe 11 chercheurs de la division MSRGI et 1 chercheur de l'ERA d'Aix en Provence. Une majorité d'entre eux interviennent également dans l'activité précédente sur des thématiques associées à la mécanique des sols et des roches. Le groupe comprend également 8 doctorants et intervient dans de nombreuses opérations de recherche (9 répertoriées). Il participe à deux projets ANR, deux projets nationaux, un projet européen, plusieurs conventions de recherche.



Le développement des outils de modélisation numérique est une activité ancienne au sein du LCPC, et il est concrétisé à travers le code de calcul éléments finis CESAR-LCPC. Elle se préoccupe de fournir des moyens de modélisation complémentaires de ceux disponibles pour la Profession sans en être concurrents: le code CESAR-LCPC est en perpétuel développement, répond aux besoins des chercheurs et aussi à ceux des professionnels confrontés à des problèmes (certes peu fréquents mais exigeant une solution) non solubles au moyen des codes « du commerce », avec la spécificité de la disponibilité des développeurs du code. Cependant, il existe d'autres développements surtout au sein de l'équipe risque sismique dont la compatibilité avec CESAR n'est pas toujours explicitée dans le rapport.

L'unité a su, dans le domaine de la modélisation du comportement des ouvrages, tirer parti de sa position particulière en lien avec la profession pour développer un savoir-faire sur l'instrumentation d'ouvrages géotechniques et l'exploitation des résultats d'instrumentation pour la compréhension de leur comportement. Le code CESAR\_LCPC est utilisé dans un deuxième temps pour leur simulation, ce qui permet la validation de certains modules de calcul. Le logiciel CESAR semble correctement valorisé, mais cet effort pourrait sans doute être renforcé si ses qualités le justifient, permettant d'augmenter la visibilité du laboratoire.

Les activités de la Division pour le moment se concentrent surtout sur des applications de ce code pour simuler des ouvrages. Quelques développements sont mis en avant, en particulier quelques modèles de comportement pour les sols ou l'introduction d'éléments joints pour les milieux fissurés.

Ces résultats de simulations ne sont pas suffisamment valorisés par des publications scientifiques (pratiquement aucune publication en revues de rang A). Or, la comparaison entre des simulations numériques et des expérimentations à grande échelle sont souvent très prisées et peuvent donc assez facilement faire l'objet de publications internationales. La même remarque que précédemment peut-être faite : le groupe semble privilégier les publications de leurs travaux dans le bulletin des laboratoires des Ponts et chaussées qui est sans doute facilement accessible par la profession mais ne peut contribuer à une reconnaissance internationale des travaux réalisés.

## 5 • Analyse de la vie de l'unité

L'organisation de l'unité en structures éclatées rend le travail de pilotage plus difficile qu'au sein d'une unité plus classique regroupée sur un même lieu géographique. Il convient donc de saluer à sa juste mesure le travail de coordination et de pilotage important réalisé par son directeur.

L'ambiance semble bonne et les contacts entre chercheurs suffisants pour mener à bien des Opérations de Recherche en réseau, même si l'unité semble un peu isolée sur le plan national et international (sauf sur certaines thématiques comme le risque sismique). Cette situation devrait s'améliorer avec le déménagement sur le site de Marne-la-Vallée et une participation accrue à des projets de recherche collaboratifs.

Les doctorants et post-doctorants semblent souffrir d'un certain manque de communication. L'isolement semble renforcé par le fait que le laboratoire ne se trouve pas sur le même site qu'une école d'ingénieur ou d'une université. Cela rend difficile par exemple leur participation à des actions d'enseignement. Or, si certains d'entre eux veulent se destiner à une carrière d'enseignant-chercheur en France, leur dossier de qualification doit comprendre une expérience d'enseignement. Il doit également comprendre un article publié en revue de rang A, ce qui ne semble pas être le cas de certains des doctorants ayant soutenu dans la période écoulée. Ces problèmes sont fortement accrus dans le cas de doctorants installés dans une des ERAs. Il est nécessaire dans ce cas de prévoir un rapprochement avec des équipes universitaires voisines qui permettrait une intégration au moins partielle du doctorant au sein d'une communauté de recherche plus large.

La vie scientifique du labo pourrait être plus animée, par exemple par l'organisation de séminaires techniques / scientifiques réguliers. Cet isolement cessera probablement avec le déménagement sur le site de Marne-la-Vallée.



## 6 • Conclusions

### – Points forts :

Cette unité justifie d'un bilan scientifique de bonne qualité et d'un projet scientifique qui s'intègre bien dans les priorités définies par le LCPC, même si ce dernier est encore en cours d'élaboration. L'organisation atypique en une division centrale avec quatre ERAs associées peut sembler complexe et rendre difficiles collaborations entre chercheurs de sites différents, mais en contrepartie apporte sans nul doute des avantages, notamment l'accès au terrain et à des problématiques concrètes.

L'unité a montré sa capacité à concrétiser des projets d'envergure comme la station d'essai de chute de blocs.

La thématique de recherche portant sur le risque sismique a su développer des activités de recherche reconnues sur le plan international. La transversalité des thèmes abordés, la charge du RAP, confèrent à ce groupe une originalité au niveau national qu'il faut préserver et soutenir.

La préoccupation constante d'expérimentation en vraie grandeur complétant les études locales et les essais sur maquettes est une des caractéristiques de l'unité, qui bénéficie il est vrai beaucoup plus facilement que d'autres unités de recherche de possibilités d'accès aux ouvrages réels (autre retombée de son positionnement); cette préoccupation conduit à la réalisation d'essais originaux et importants.

L'unité dispose de moyens expérimentaux en mécanique des sols et des roches très performants et d'une grande diversité. Elle occupe par ailleurs une position originale vis à vis des autres laboratoires de recherche du domaine -en particulier les laboratoires universitaires - concernant le développement de moyens d'essais in situ. Un développement soutenu des recherches dans ce domaine doit être encouragé.

### – Points à améliorer :

Davantage d'informations sur les Opérations de Recherche prévues dans le plan 2010-2013, en terme de ressources, budget, durée et livrables, auraient permis de mieux évaluer le projet présenté. Pour une grande part, il semble être une continuation des thématiques de recherche en cours, réorganisées suivant les directions données par le Grenelle de l'environnement : « changements climatiques et risques naturels », « ville durable » et « stockage du CO<sub>2</sub> ».

L'association des ERA à la division MSRGI, le nombre, le contour, la taille critique et le pilotage scientifique des ERA méritent une réflexion approfondie. A moyen terme, la présence au sein de chaque ERA d'au moins un chercheur confirmé semble indispensable.

Les projets scientifiques de l'unité devraient mieux se positionner d'une manière complémentaire par rapport aux autres équipes de recherche françaises. Ce positionnement concerne en particulier la mécanique des roches et des sols et les risques naturels, domaines partagés avec le CERMES et le LCPC-Nantes.

Le potentiel expérimental de l'unité devra être mis au service de projets scientifiques intégrés. L'unité devra porter et coordonner davantage de projets nationaux ou européens favorisant des collaborations en France et à l'étranger.

La poursuite de l'activité de modélisation numérique devra être accompagnée d'une réflexion à long terme sur le développement du code CESAR-LCPC et les projets scientifiques justifiant ce développement

Quand de nouvelles thématiques sont évoquées comme l'énergie ou le stockage du CO<sub>2</sub>, on ne peut manquer de s'interroger sur leur pertinence car le projet de recherche associé est insuffisamment documenté et articulé, même quand le potentiel et les compétences sont là.

Pour prendre l'exemple du stockage du CO<sub>2</sub>, il est important de ne pas céder à l'effet de mode en s'engageant dans le sujet sans programme pertinent et original, légitimé par un savoir-faire propre. Le problème de la qualité de la cimentation en rapport avec la problématique d'intégrité des stockages n'est qu'un des nombreux sujets de recherche dans le domaine du CO<sub>2</sub> et ne constitue pas un programme en soi. Qui plus est, la division n'est pas impliquée dans les réseaux de chercheurs travaillant actuellement sur le sujet... Il faudrait plutôt intégrer des problématiques de recherche dans un ensemble cohérent, faisant appel aux compétences des équipes de l'unité, par exemple :

- l'évaluation des risques sismiques induits par des opérations de stockage ;



- l'évaluation des risques sismiques naturels sur les stockages (qualité du confinement et installations) ;
- la réactivation de réseaux de fractures dues à la surpression engendrée par l'opération de stockage et la modélisation couplée d'un échappement du CO<sub>2</sub> (hydrodynamique, mécanique et chimique) ;
- l'effet de mouvement du sol induit par l'augmentation de pression induite par l'opération de stockage sur les ouvrages de surface.

Une articulation cohérente de ces différentes problématiques de recherche autour du thème comme l'« évaluation de la sécurité des stockages et de l'impact (vulnérabilité) associées aux opérations d'injection de CO<sub>2</sub> » rendrait plus légitime le choix de s'engager dans cette nouvelle thématique. A cet effet la complémentarité des compétences des différentes équipes de recherche pourrait être mieux exploitée.

Le déménagement à Marne-la-Vallée et la co-localisation avec l'Ecole des Ponts et Chaussées ainsi que d'autres laboratoires de recherche va complètement changer l'environnement du laboratoire et permettre de développer davantage de collaborations avec des équipes extérieures. La vie scientifique devrait trouver une autre dynamique.

Ce déménagement risque d'être l'événement majeur de ces quatre prochaines années et il est probable qu'il impacte les activités de recherche sur une période de 6 mois à un an, ce qu'il serait nécessaire de prendre en compte dans le planning des Opérations de Recherche.

Une politique plus soutenue de publications en revues internationales de rang A est indispensable pour permettre à l'unité dans son ensemble -et non pas seulement quelques individualités - d'acquérir une visibilité internationale plus importante.

L'unité participe à de nombreux projets collaboratifs de recherche européens ou nationaux, mais, semble-t-il, rarement en tant que coordinateur. Le rayonnement de cette unité semble avant tout national, et il devrait sans doute être développé, par :

- la prise en charge de projets collaboratifs rassemblant des équipes internationales, et des missions terrain effectuées sur des sites étrangers ;
- la publication d'articles écrits en collaboration avec des équipes étrangères et d'ouvrages techniques en anglais ;
- la promotion des logiciels maison ;
- l'organisation de congrès internationaux (prévu).

D'avantage de visibilité nationale et internationale permettrait sans doute d'attirer les techniciens, chercheurs et étudiants de qualité sur les postes à pourvoir, ce qui semble faire défaut actuellement.

— Recommandations :

#### **Recommandations sur la thématique risque sismique :**

Continuer l'étroite collaboration entre le LCPC et le LGIT de Grenoble. Elle favorise un développement très impressionnant des études de l'aléa sismique en Europe. La création de postes spécifiques LCPC favorise un poids spécifique plus important du LCPC dans cette « nébuleuse sismique ». On peut se poser la question de distinguer plus finement les contributions des différentes composantes des équipes du LGIT à l'étude de l'aléa et du risque sismique, mais cela semble difficile voire impossible pour des chercheurs qui travaillent au quotidien dans les mêmes locaux.

Il est important que les activités de chaque composante de l'unité apparaissent clairement. C'est le cas dans le rapport (pages 25 à 30), mais pas du tout dans le projet scientifique où le rôle des ERAs est absent. Il serait souhaitable que l'équipe de Nice ait un rôle plus précis et clairement défini dans les projets scientifiques de l'unité. Quel est le rôle des autres ERA dans le projet sismique ? On annonce en page 8 la participation d'Aix-en-Provence et Lille, mais rien de spécifique n'est prévu dans le projet de l'unité.



L'équipe de « modélisation sismique » du LCPC Paris développe des outils de calcul assez uniques en améliorant les méthodes d'équations aux frontières qui ont été très utilisées dans les années 80. Il semble important que cette équipe confronte ses résultats avec les méthodes de calcul par éléments spectraux, très populaires en sismologie, développées en particulier au LGIT et à l'IPGP.

#### **Recommandations sur la thématique risques liés aux mouvements de terrain et risques rocheux :**

Globalement la thématique est un réel enjeu sociétal. On peut regretter la production scientifique globale modeste à laquelle elle a conduit durant la période, mais la mise en place de la station d'essais est une très belle occasion pour recentrer les activités sur le risque rocheux et les ouvrages de protection. Il faut à la fois par l'organisation, le montage de projets collaboratifs d'envergure, l'attrait de doctorants et en parallèle la réalisation de publications que l'équipe parte sur de nouvelles bases.

S'il est clair que la part certification va conduire à une activité réelle, l'activité recherche va nécessiter à la fois une organisation claire entre le maître d'ouvrage et l'opérateur et surtout des projets (régionaux, ANR, Européens,...). De plus, une collaboration avec d'autres organismes notamment en région Rhône-Alpes (Cemagref et laboratoires universitaires au sein de la fédération VOR, collectivités régionales, INERIS, BRGM,...), et un travail prospectif important doivent être entrepris pour avancer dans cette voie. L'unique regret est de ne pas voir de programme de recherche clairement identifié s'appuyant sur ce nouveau moyen d'essais.

#### **Recommandations sur la thématique risque érosion des sols et risque sécheresse :**

Le projet scientifique manque de profondeur, il s'appuie essentiellement sur la valorisation des expérimentations décrites plus haut. C'est complètement le cas pour la partie sécheresse qui se centre sur l'exploitation du comportement de la maquette de Rouen : est-ce bien dans les compétences fortes de l'unité ?

La partie érosion met en avant une démarche de recherche mieux élaborée dans ses perspectives mais restant peu explicite dans la partie concernant la modélisation numérique.

Ces deux problématiques, nouvelles pour l'unité, n'ont visiblement pas encore trouvé une expression affirmée en termes de problématiques scientifiques. Il convient peut-être de resserrer les thématiques de recherches abordées pour éviter une trop grande dispersion étant donné le nombre de chercheurs restreint affiché dans ce groupe.

#### **Recommandations sur la thématique comportement des matériaux naturels et artificiels :**

L'originalité forte de la thématique est le développement d'appareillages originaux, en particulier in situ pour la caractérisation des sols. C'est pratiquement la seule équipe en France à mener ce type de recherche et il est primordial qu'elle puisse continuer à jouer ce rôle. Il est dommage que l'intégration de ces outils dans la pratique courante se fasse mal, voire pas du tout. Peut-être cette activité pourrait-elle être accompagnée d'analyse d'études de cas, montrant concrètement l'utilisation de ces outils dans la détermination des caractéristiques des sols pour le calcul des ouvrages. Des actions de ce type pourraient être intégrées dans la thématique portant sur les ouvrages complexes et la géotechnique urbaine.

L'ERA d'Aix en Provence est dotée d'équipements uniques en mécanique des roches. Jusqu'à présent elle a eu un rôle principalement d'expertise et de laboratoire d'essais. Elle vient d'être renforcée par deux recrutements (une jeune chercheuse et une technicienne), il est donc important de définir son rôle dans le projet scientifique de l'unité. Nous pensons qu'elle devrait jouer un rôle primordial dans les études d'activité géotechniques si elle était bien intégrée dans ces projets. Il est important que les objectifs de ce groupe soient bien intégrés dans le reste de l'unité, autrement elle ne pourra pas faire le pas vers la publication de ses résultats dans la littérature ouverte.



Un dispositif de mesure de perméabilité des matériaux cimentaires et des roches sous très fortes pressions de confinement a été construit et mis en œuvre dans le cadre d'une convention signée avec Total, avec des premières études menées sur l'effet de microfissures résultant de l'endommagement des ciments pétroliers sur la perméabilité au gaz. Les conditions très élevées de température et de pression (sous-sol profond > 1km) sont très différentes des conditions habituelles d'investigation (sols) et on se demande si, au delà de la demande de Total, la division a intérêt à développer de telles capacités en expérimentation.

#### **Recommandations sur la thématique ouvrages complexes et géotechnique urbaine :**

Les activités associées à l'analyse du comportement des ouvrages de géotechnique à partir d'une instrumentation in situ doivent être poursuivies et encouragées. Elles représentent un atout fort pour l'unité et une originalité importante pour la communauté géotechnique. Il serait souhaitable que ces données souvent très riches puissent être rendues mieux disponibles à l'ensemble de la communauté.

Les activités de modélisation numérique semblent manquer d'un véritable projet scientifique. Les études et travaux mis en avant dans le bilan puis dans le projet semblent résulter plutôt d'opportunités, soit pour répondre aux besoins exprimés dans les autres thématiques de l'unité, soit pour profiter d'expérimentations en cours sur des ouvrages.

Il conviendra d'avoir une vision stratégique à moyen terme de la place que le LCPC souhaite conférer au code CESAR\_LCPC. Si sa valorisation au delà d'un petit cercle d'initiés est souhaitée, elle doit passer par des publications dans des revues internationales mettant en avant la capacité du code à répondre à des besoins complexes d'ingénierie. Par ailleurs le départ en retraite de P. Humbert, le responsable du développement du code CESAR presque depuis son origine, crée une situation inédite et assurer la pérennité des actions dans ce domaine mérite une attention particulière.



## Commentaires sur le rapport du Comité de visite de l'AERES

Nous remercions les membres du Comité d'experts pour le temps qu'ils ont consacré à l'analyse des documents produits par l'unité et aux deux journées d'audition, et pour les recommandations qui concluent le rapport.

Nous partageons l'analyse du comité sur la plupart des points. Cette note a pour objectif d'apporter quelques commentaires à l'analyse des activités de l'unité et quelques informations nouvelles depuis juin 2009 et ayant un impact fort sur les perspectives de l'unité.

### **Préambule**

La présentation d'une « seule unité », composée de la division MSRGI et de quatre ERAs est un peu artificielle, et particulière à l'évaluation de l'AERES. En effet, les ERAs font partie des CETE (Centres d'Etudes Techniques de L'Equipement), sur lesquels le LCPC n'a qu'une tutelle scientifique, les CETE étant des services déconcentrés du MEEDM, alors que le LCPC est un EPST. Même si la collaboration est très étroite depuis de nombreuses années, il n'a pas toujours été facile de présenter une unité unique sur les quatre dernières années, et de proposer un schéma quadriennal. Le rapport des experts reflète cette situation, qui est en fait aujourd'hui instable, puisque les bouleversements engagés au sein du Ministère en charge de l'Equipement sont tels qu'on ne sait pas, aujourd'hui, quel sera l'avenir des ERA dans le cadre de la réforme des CETE. Il y a des questions qui dépassent l'unité et qui expliquent pourquoi le projet scientifique n'est pas très précis pour les ERA.

### **Remarques générales sur le rapport des experts**

Plusieurs points importants n'ont pas, du point de vue de l'unité, été suffisamment pris en considération et expliquent qu'une partie non négligeable du temps des chercheurs a été consacrée à autre chose qu'à mener des recherches finalisées et à écrire des articles :

- depuis son arrivée à la tête de la division MSRGI en 2002, la Direction a dû procéder au renouvellement de près de 80% du personnel (chercheurs, techniciens), suite à des départs en retraite, des réussites aux concours ou des mutations. Cela représente beaucoup de formations ou de compagnonnage, et donc de temps passé à former les personnels. En revanche, les chercheurs du domaine sismique ont une ancienneté supérieure dans leur discipline et ont été renforcés ces dernières années. Cette pérennité est évidemment très favorable à la production académique, que l'on constate dans le domaine sismique par rapport aux autres domaines d'activité de l'unité ;
- plusieurs investissements ont été réalisés dans la division et les ERA, dont la construction de la station de chutes de blocs, et l'aménagement d'un nouveau laboratoire de pathologie et réactivité des géomatériaux (55 m<sup>2</sup>). Pour sa part, le Laboratoire de Mécanique des sols de Paris a été entièrement rénové ces six dernières années. De plus, depuis deux ans, trois chercheurs (2 MSRGI, 1 ERA de Lyon) sont occupés à temps plein par la construction de la station de chutes de blocs, l'écriture des procédures qualité et sécurité, le lancement et la réception des appels d'offre, les contrôles du chantier, la conception des expérimentations et la métrologie. Plusieurs autres chercheurs parisiens ont aussi passé du temps sur les plans des futurs laboratoires de Marne-la-Vallée, et réfléchi à l'optimisation de ces nouvelles installations ;
- environ 40% des recherches menées pendant les années 2005-2009 constituent des orientations nouvelles pour la division, dont certaines vont progressivement encore monter en puissance ;
- les recherches et expertises menées par le LCPC (et donc la division MSRGI) sont certifiées ISO9001 : là aussi cela représente beaucoup de temps pour écrire les procédures d'essais, archiver soigneusement les résultats, consigner en fait toutes les données des études et recherches, préparer les audits qualité internes et extérieurs (3 par an en moyenne) ;



- le statut des ERA n'est pas complètement pris en compte (appartenance à des services différents avec un fonctionnement et des missions différents du LCPC), avec ce mélange de recherches et d'études opérationnelles étroitement liées. Les chercheurs des ERA sont ainsi en charge de la mise au point méthodologique (par des actions de recherche) mais aussi de la réalisation concrète d'études applicatives (par exemple pour les PPR sismiques) ;
- dans les dernières années, plusieurs personnes ont consacré du temps à la rédaction d'une HDR. Cela représente parfois une année blanche pour un chercheur en termes d'articles ;
- comme le rapport le souligne, la division MSRGI et les ERA se sont fait une spécialité de réaliser des instrumentations en vraie grandeur, qui sont longues et lourdes à concevoir et à exécuter. Mais on oublie souvent qu'après il y a une masse importante de données à traiter et à archiver ; cela prend beaucoup de temps (notamment en dynamique).

Tous ces éléments expliquent en partie que nous ayons mis du temps à valoriser nos productions ces dernières années. A cela s'ajoute une demande de la profession, de publier en français pour rendre accessible nos documents aux ingénieurs des entreprises françaises. C'est notamment la raison pour laquelle nous publions et continuerons à publier dans le BLPC, qui est aujourd'hui totalement bilingue et gratuit.

Les chercheurs de l'unité sont tout à fait conscients des efforts qu'il reste à faire en matière de diffusion académique, mais nous sommes convaincus que nos travaux et nos réalisations dans le domaine géotechnique sont déjà largement reconnus par la profession et la communauté internationale. La forte présence des chercheurs de l'unité dans les sociétés savantes liées à la géotechnique, dans les Comités techniques de normalisation ou au sein de la Société Internationale de Mécanique des sols contribue également à cette large reconnaissance, au même titre que les publications académiques.

Notre souhait est que, progressivement, toutes les équipes de l'unité (au sens large) arrivent à concilier des recherches originales, pertinentes et de haut niveau avec une production académique régulière et internationale à l'image de ce que réussit à faire l'équipe Risque sismique. Nous sommes sur le point de retrouver une certaine stabilité pour les autres équipes avec au moins un ou deux chercheurs confirmés dans chaque équipe, et le soutien de techniciens supérieurs. Nous avons besoin de cette stabilité et d'activités à moyen terme pour mener nos recherches sur la problématique complexe des sols naturels en interactions avec des ouvrages.

### **Nouvelle organisation du LCPC – Création d'un département Géotechnique et Eau**

Les recherches et expertises du LCPC seront bientôt organisées en cinq grands départements. Les divisions actuelles vont disparaître ; ainsi la division MSRGI n'existera plus au 1<sup>er</sup> janvier 2010. Un grand département « Géotechnique – Eau » sera créé : il regroupera trois anciennes divisions : division MSRGI (Mécanique des Sols, des Roches et de la Géologie de l'Ingénieur, Paris), division RMS (Reconnaissance et Mécanique des Sols, Nantes), division EAU (Eau et Environnement, Nantes), soit un département d'environ 120-130 personnes (doctorants et post-docs inclus). Le programme scientifique de ce nouveau département est à concevoir.

Cette information est essentielle pour les perspectives de recherches. A court terme les recherches entamées vont se poursuivre. Mais pour le plus long terme, des réflexions vont accompagner cette réorganisation et les grandes orientations du nouveau département seront définies. Nul doute que le rapport des experts AERES constituera un des éléments importants de ces réflexions stratégiques.

Ce regroupement permettra également de répondre à certaines remarques du rapport des experts sur la taille des équipes et sur la pérennité de certaines orientations. Par ailleurs, ce département « Géotechnique-Eau » atteindra une taille significative pour être évalué dans sa globalité par l'AERES dans quatre ans.

### **Point 3 du rapport - Analyse globale de l'unité**

Nous sommes d'accord avec le comité sur le nombre des projets ANR. Comme le dispositif était nouveau pour nous, nous avons volontairement répondu favorablement à de nombreuses demandes de partenariat. Cela explique le nombre de projets dans lesquels nous sommes impliqués. Ces projets se terminent en 2009 ou 2010. Par la suite, l'unité souhaite participer à quelques projets seulement, mais en étant soit pilote (comme le projet Musca sur les problèmes d'érosion et d'affouillement qui n'a pas été retenu en 2009, mais sera reproposé sous une forme améliorée), soit un partenaire de premier plan.

#### **Point 4 du rapport - Analyse équipe par équipe et par projet**

##### *Risque sismique*

Rien à ajouter si ce n'est que le LCPC continue de renforcer cette équipe. Deux recrutements de chercheurs sont prévus en 2010, dont un à Grenoble pour la mission Risque sismique LCPC-LGIT.

##### *Risque liés aux mouvements de terrain*

L'équipe est à renforcer à terme. L'arrivée d'une chargée de recherche en décembre 2009 permettra de relancer l'activité de recherche « Mouvements de terrain non rocheux », en liaison avec les LRPC en charge de cette thématique.

##### *Risque érosion et risque sécheresse*

La question se pose effectivement de la pérennité de ces activités. La création du département « Géotechnique et environnement » au sein du LCPC, en 2010, aura pour conséquence de réunir les actuelles divisions MSRGI et « Eau et environnement » dans la même structure. La question d'une taille critique pourrait donc se poser en termes différents. On peut imaginer que ces thématiques sortent renforcées du regroupement prévu. Mais nous sommes d'accord : cela mérite une réflexion approfondie, à mener désormais au niveau du département.

##### *Comportement des matériaux naturels et artificiels*

Le chef d'unité est d'accord avec l'analyse faite. Plusieurs articles sont en cours de rédaction. Il est vrai que l'on a plutôt tendance à écrire des articles de synthèse sur le comportement des matériaux, liés à un site ou à un ouvrage. Ces articles de synthèse demandent plus de résultats et de travail.

##### *Ouvrages complexes et géotechnique urbaine - Concernant CESAR-LCPC*

La phrase « les développeurs sont dans une équipe distincte (hors MSRGI) » ne correspond pas à la réalité. En fait, trois chercheurs de la division MSRGI travaillent à temps plein au développement des modules de CESAR-LCPC liés à la géotechnique. Ces dernières années, ces chercheurs et les doctorants qu'ils ont encadrés ont apporté des possibilités de calcul nouvelles, dans le domaine de l'analyse limite, de la dynamique des sols, des lois de comportement homogénéisées et, récemment, des lois de comportement cyclique. La grande ambition est de proposer une loi de comportement cyclique aussi simple que peut l'être le modèle de Mohr-Coulomb pour les problèmes statiques monotones. Le modèle a été établi et programmé dans CESAR-LCPC : il a été validé sur des modélisations de pieux chargés latéralement de manière cyclique (recherches liées au projet National SOLCYP et au projet ANR SOLCYP). Ce modèle simple n'est pas parfait, mais il a l'avantage de bien décrire la réponse globale des pieux pour une dizaine de cycles et d'avoir seulement deux paramètres de plus à caler sur des essais cycliques. Cette voie de recherche est prometteuse, elle sera prochainement couplée avec l'exploitation d'essais in situ...

Cet exemple montre la capacité de développement de la division MSRGI en termes de lois de comportement et de modules de calcul de CESAR-LCPC.

Là encore, il y a des efforts à faire en termes de productions académiques. Nous en sommes pleinement conscients.

### **Point 5 du rapport - Analyse de la vie de l'unité**

Effectivement, le déménagement à Marne-la-Vallée sera très bénéfique pour la division MSRGI pour au moins six aspects :

- la création d'une dalle d'interactions sol-structure (200 m<sup>2</sup>) dans le prolongement de la dalle d'essais des structures ;
- la construction d'une fosse géotechnique couverte (250 m<sup>2</sup>) ;
- la juxtaposition de tous les laboratoires de la division sur un grand plateau mutualisé, alors qu'actuellement les laboratoires parisiens sont dispersés sur plusieurs bâtiments et étages ;
- des relations renforcées avec le laboratoire Navier de l'Ecole des Ponts et ses composantes géotechniques ;
- nos doctorants bénéficieront d'un environnement scientifique élargi et d'une vraie vie de campus ;
- l'ouverture vers les élèves de l'Ecole, dont quelques-uns se dirigent de nouveau vers le monde de la recherche. Dans le master recherche MSROE (Mécanique des Sols, des Roches et des Ouvrages dans leur Environnement), que nous cogérons avec l'Ecole des Ponts, Paris 6 et Centrale Paris, il y a cette année 8 élèves de l'Ecole des Ponts, 3 centraliens, plusieurs normaliens. Il y a là une vraie opportunité pour augmenter encore le nombre de thèses, séduire d'excellents candidats, et établir des partenariats avec des entreprises.

La vie de l'unité s'en trouvera modifiée, et ce qui pouvait apparaître comme un isolement disparaîtra au profit d'une synergie scientifique que nous espérons fructueuse. La taille du regroupement favorisera l'organisation de séminaires internes et les échanges ; nous serons aussi en mesure d'accueillir plus facilement des chercheurs étrangers dans un cadre de travail bien amélioré.

### **Point 6 du rapport - Conclusions**

#### *Points forts*

Pas de commentaires particuliers. Nous remercions les experts pour cette reconnaissance de nos travaux, leur originalité et leur importance pour l'avancée des connaissances en Géotechnique, et pour l'amélioration des méthodes de calcul des massifs et de caractérisation des sols et des roches naturels. Cette reconnaissance récompense aussi les efforts réalisés par le LCPC pour maintenir ses équipes théoriques et expérimentales à un haut niveau de compétences et d'expertises.

#### *Points à améliorer*

Le renforcement des relations entre le futur département et les ERA (ou les structures qui pourraient les remplacer) est bien sûr un objectif prioritaire pour nous. Nos recherches sont parfaitement complémentaires et fructueuses. Malgré les distances, les différentes équipes travaillent harmonieusement ensemble et produisent d'excellents résultats dans le cadre des opérations de recherche des LPC. La présence d'au moins chercheur confirmé dans chaque ERA est également un objectif ; celui-ci sera quasiment atteint très bientôt.

Après une phase de participation à de nombreux projets de recherche, l'unité a restreint ses réponses aux appels d'offre pour se concentrer sur quelques projets où elle est en position de pilote ou co-pilote. C'est notamment le cas du projet Rufex (financement FUI accepté) ou du projet Musca (non encore retenu par l'ANR). La station d'essais de chutes de blocs devrait également permettre de monter des projets de recherche de premier plan.

Nous sommes d'accord sur le fait que les thématiques liées à l'énergie (CO<sub>2</sub>, géothermie) seront à réexaminer dans le cadre du futur département. Les propositions contenues dans le rapport sont très intéressantes et nourriront nos réflexions.

La visibilité internationale sera renforcée : nous y veillerons soit par des projets européens, soit par des collaborations bilatérales. Outre l'augmentation des publications internationales, nous comptons aussi sur la prochaine organisation de la 18<sup>ème</sup> Conférence Internationale de Mécanique des Sols et de Géotechnique à Paris, du 1<sup>er</sup> au 5 septembre 2013, pour promouvoir nos travaux et augmenter encore le rayonnement de l'unité. Philippe Mestat a été désigné pour présider le comité d'organisation de cette grande manifestation.

### **Point 7 du rapport - Recommandations**

Le futur statut des ERA n'est à ce jour pas connu. Il est donc difficile d'évoquer l'avenir, c'est ce qui explique l'absence ou la faible présence des ERA dans le projet scientifique global. Néanmoins, il est fort probable que des équipes de recherche demeureront au sein des CETE ; si tel est le cas, les relations seront forcément très étroites entre le futur département et les ERA (ou les nouvelles structures mises en place). Ces relations étroites devraient également porter leur fruit dans le domaine des productions académiques et favoriser une augmentation des articles dans des revues internationales. La matière technique et scientifique est là, ce n'est pas cela qui manque ; c'est plutôt le temps de la rédaction qui manque. L'augmentation, que l'on constate déjà, du nombre des doctorants dans les ERA actuelles est aussi un élément qui va permettre d'augmenter à moyen terme les publications en revues.

La station d'essais de chutes de blocs est un grand équipement exceptionnel, que nous valoriserons le mieux possible. Les grandes lignes du programme scientifique ont été arrêtées. Il reste à le finaliser en partenariat avec les collectivités, les organismes de recherche et les laboratoires universitaires intervenant dans le domaine du risque naturel.

La thématique sécheresse et érosion des sols est à redéfinir, nous en sommes d'accord, à la fois en tenant compte du rapprochement avec la division « Eau et environnement » (au sein du même département) et du rapprochement géographique avec la composante CERMES du laboratoire Navier à Marne-la-Vallée, qui a une longue expérience dans le domaine du comportement des sols non saturés. Ces deux rapprochements vont renforcer notre capacité à mener des recherches pertinentes et originales dans ces domaines. Le montage du projet ANR Musca (étude des phénomènes d'érosion et d'affouillements) a par ailleurs permis de multiplier et d'élargir les contacts avec des partenaires privés (EDF, SAIPEM) et universitaires (en particulier dans le domaine de la sédimentologie). La composante modélisation numérique est à construire.

Le transfert des appareillages d'essais in situ originaux vers la pratique est un souci que nous avons depuis plusieurs années. Cela se fait lentement pour plusieurs raisons. La première, sans doute la plus importante, concerne la robustesse du matériel. Si nos appareillages sont manipulés avec soin lors des recherches, il n'est pas évident de les rendre suffisamment robustes pour une utilisation à grand rendement en chantier. Deuxièmement, plus les essais deviennent complexes, plus l'interprétation des résultats peut être délicate et nécessite de multiplier les essais sur des sols différents pour valider les procédures et définir le dépouillement. Enfin, le matériel et les essais doivent avoir un coût raisonnable. Il n'est pas facile de satisfaire tous ces critères simultanément. Mais nous continuons de progresser : la recherche menée sur l'analyse des paramètres de forage est un bon exemple de ce que nous faisons. A partir de techniques d'essais bien connues, on enregistre des paramètres complémentaires qui vont permettre d'affiner la reconnaissance des sols. Ces aspects d'essais in situ et en laboratoire resteront au cœur de notre savoir-faire technique et scientifique.

Le contrat avec Total est en fait issu d'une très ancienne collaboration entre le LCPC, l'Ecole des Ponts et la société Elf (devenue depuis Total). Le laboratoire de Mécanique des roches de la division MSRGI est le laboratoire commun LCPC-Laboratoire Navier. Cela signifie que les recherches du laboratoire Navier dans le domaine de la Mécanique des roches expérimentale sont réalisées dans les locaux de la division MSRGI. Les expérimentations simulant des effets à grandes profondeurs sont également anciennes : il y a une dizaine d'années la division et Navier ont participé à un projet

européen sur le comportement des failles de l'isthme de Corinthe. Des expérimentations ont été menées pour recréer les conditions de cisaillement des matériaux de ces failles à grande profondeur. La division a donc des compétences anciennes pour faire ce type d'étude. Il est vrai que c'est marginal par rapport au projet scientifique de l'unité, mais il s'agissait aussi de répondre dans le cadre du laboratoire de Mécanique des roches commun à une demande du laboratoire Navier.

La diffusion des résultats d'essais sur ouvrages en vraie grandeur est généralement effectuée dans le cadre de mémoires de thèse, disponibles sur le site des thèses en ligne de ParisTech/Ecole des Ponts. La division publie également régulièrement des rapports de recherche où les résultats sont longuement présentés et commentés. Sauf cas de confidentialité, nous avons toujours répondu favorablement aux demandes de mise à disposition des données. Il est vrai que nous n'avons pas franchi le pas de mettre ces données sur un site internet. Cela demande un certain travail, et une réflexion est à mener.

Concernant la modélisation numérique, l'unité ne conçoit pas son développement indépendamment des autres activités d'essais de terrain et en laboratoire. Les équipes travaillent ensemble à deux niveaux :


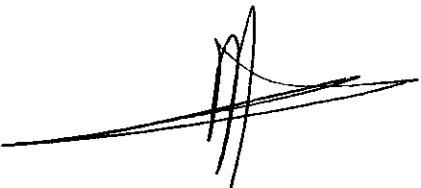
- par rapport aux résultats d'essais de laboratoire, pour élaborer et valider des lois de comportement, puis fixer des stratégies de détermination des valeurs des paramètres ;
- par rapport aux résultats d'essais en vraie grandeur, pour valider des modèles numériques, comprenant les lois de comportement des matériaux et les lois d'interaction sol-structures, et l'effet du couplage hydromécanique.

Le travail est effectué dans un va-et-vient continu entre l'amélioration des procédures de calcul et de modélisation et l'acquisition de données pour la validation. L'objectif final est de proposer des modélisations numériques validées relativement simples et robustes, s'appuyant sur les essais classiques de la mécanique des sols et des roches ou sur des essais spécifiques (plus complexes à réaliser et plus délicats à interpréter) qui pourraient être réalisés en fonction des conditions économiques des projets. L'ambition est de proposer une offre globale « essais-interprétation-procédure de calcul-logiciel » à la communauté scientifique et technique, dans les domaines statiques, cycliques et dynamiques non linéaires.

Nous menons aussi de nombreuses comparaisons avec les résultats des essais effectués sur modèles réduits centrifugés (partenariat étroit et de longue date avec la division RMS du LCPC Nantes).

Du point de vue de l'unité, la stratégie à moyen terme pour CESAR-LCPC a été évoquée précédemment. La division MSRGI a beaucoup investi dans le développement des modules de calcul de CESAR-LCPC depuis près de 25 ans : cela représente au moins une quarantaine de thèses en modélisation géotechnique, et une maîtrise partagée entre au moins trois chercheurs permanents de la division (à temps complets sur les développements numériques). Ce logiciel est devenu pour nous un outil de capitalisation scientifique essentiel pour de nombreux développements théoriques et de valorisation des procédures de calcul des ouvrages que nous avons mis au point et validés sur des cas réels.

Paris, le 18 novembre 2009

	
Philippe Mestat Chef de la division MSRGI	Hélène Jacquot-Guimbal Directrice générale du LCPC