

RAPPORT D'ÉVALUATION DE L'UNITÉ
GÉOSCIENCES - Centre de géosciences

SOUS TUTELLE DES ÉTABLISSEMENTS ET
ORGANISMES :

École nationale supérieure des mines de Paris-
Université Paris sciences et lettres – MINES Paris-
PSL

CAMPAGNE D'ÉVALUATION 2023-2024
VAGUE D

Rapport publié le 07/02/2024



Au nom du comité d'experts :

Christian Sue, président du comité

Pour le Hcéres :

Stéphane Le Bouler, président par intérim

En application des articles R. 114-15 et R. 114-10 du code de la recherche, les rapports d'évaluation établis par les comités d'experts sont signés par les présidents de ces comités et contresignés par le président du Hcéres.

Pour faciliter la lecture du document, les noms employés dans ce rapport pour désigner des fonctions, des métiers ou des responsabilités (expert, chercheur, enseignant-chercheur, professeur, maître de conférences, ingénieur, technicien, directeur, doctorant, etc.) le sont au sens générique et ont une valeur neutre.

Ce rapport est le résultat de l'évaluation du comité d'experts dont la composition est précisée ci-dessous. Les appréciations qu'il contient sont l'expression de la délibération indépendante et collégiale de ce comité. Les données chiffrées de ce rapport sont les données certifiées exactes extraites des fichiers déposés par la tutelle au nom de l'unité.

MEMBRES DU COMITÉ D'EXPERTS

Président :	M. Christian Sue, Université Grenoble Alpes
	M. Alain Dupuy, Bordeaux INP
	M. Patrick Landais, CEA
	Mme Donatienne Leparoux, Université Gustave Eiffel, Marne-la-Vallée
Expert(e)s :	M. Manuel Pelletier, CNRS (représentant du personnel d'appui à la recherche)
	M. Mathieu Ribatet, Centrale Nantes
	M. Jean Sulem, Ecole des Ponts ParisTech, Marne-la-Vallée

REPRÉSENTANTE DU HCÉRES

Mme Sylvie Bourquin

REPRÉSENTANT DES ÉTABLISSEMENTS ET ORGANISMES TUTELLES DE L'UNITÉ DE RECHERCHE

M. Yannick Vimont, MINES Paris-PSL

CARACTÉRISATION DE L'UNITÉ

- Nom : Centre de géosciences, Mines Paris-PSL
- Acronyme : GÉOSCIENCES
- Nombre d'équipes : 6
- Composition de l'équipe de direction : Vincent Lagneau, directeur, et Hervé Chauris, directeur adjoint

PANELS SCIENTIFIQUES DE L'UNITÉ

ST Sciences et technologies
ST3 Sciences de la terre et de l'univers

ST2 : Physique
ST5 : Sciences pour l'ingénieur

THÉMATIQUES DE L'UNITÉ

L'unité est structurée en six équipes de recherche (listées ci-dessous) et trois équipes support (moyens expérimentaux, formation, communication).

L'activité scientifique de l'unité est organisée autour de deux thématiques directrices clairement identifiées : « compréhension et modélisation des processus physiques » d'une part et « données - processus » d'autre part, déclinées en trois champs d'application (exploitation durable des ressources, utilisation de l'espace souterrain, ressources en eau et tracages). La première thématique correspond à l'activité historique de l'unité centrée sur la chaîne observation-laboratoire-modélisation qui répond à sa mission d'identifier et résoudre des problèmes industriels ou sociétaux. La seconde thématique est émergente dans l'unité et se positionne en rupture par rapport à l'historique du laboratoire. Elle est centrée sur le couplage entre l'exploration des données avec des outils d'apprentissage profond et la résolution de problèmes inverses en géosciences. Ces deux thématiques se déclinent au sein des équipes ou dans des projets fédérateurs entre les équipes.

Les équipes de recherche couvrent un large panel des géosciences appliquées aux problématiques industrielles (listées avec leurs acronymes et le nombre d'EC rattachés) :

- L'équipe Géologie (GEOL, 4 EC) est centrée sur un continuum terrain-laboratoire-modèles traitant de deux problématiques sociétales : la dynamique des plaines alluviales à différentes échelles de temps et la vulnérabilité des ressources en eau face aux pollutions anthropiques.
- L'équipe Géophysique (GEOPHY, 4 EC) développe des compétences tournées vers l'imagerie du sous-sol, de plus en plus tournées vers des applications environnementales. Elle a été motrice dans le développement du thème « données - processus » dans l'unité.
- L'équipe Système Hydrologiques et Réservoirs (SHR, 4 EC) se concentre sur des problématiques de transferts dans la zone critique, de métabolisme des eaux de surface et de bilan eau-énergie-matière (ex. du bassin de la Seine).
- L'équipe Hydrodynamique et Réactions (HR, 7 EC) se fixe pour objectif de comprendre, de quantifier et de modéliser les phénomènes couplés physicochimiques (transport et réaction géochimiques) en développant en particulier des approches numériques et logicielles.
- L'équipe Géologie de l'Ingénieur et Géomécanique (GIG, 10 EC) développe une activité scientifique axée sur l'exploitation et l'usage du sous-sol avec une évolution marquée de ses centres d'intérêt depuis les énergies carbonées (thème historique) vers les énergies renouvelables (thème majeur aujourd'hui).
- L'équipe Géostatistique (GEOSTAT, 6 EC) se concentre sur trois aspects qui vont de développements méthodologiques jusqu'aux applications sur les thématiques des autres équipes, en passant une importante activité logicielle.

HISTORIQUE ET LOCALISATION GÉOGRAPHIQUE DE L'UNITÉ

Le Centre de géosciences, Mines Paris-PSL (GÉOSCIENCES) a été créé le 1^{er} janvier 2006 à la suite du regroupement sur le site de Fontainebleau, des unités de petite taille de MINES ParisTech travaillant dans le domaine des sciences de la Terre au sens large. Un dispositif expérimental centré sur l'activité de forage est installé à Pau. Si toutes les équipes sont localisées à Fontainebleau, elles ne sont pas regroupées au sein d'un même bâtiment.

ENVIRONNEMENT DE RECHERCHE DE L'UNITÉ

L'environnement scientifique de l'unité est cadré par les missions de sa tutelle (Mines Paris-PSL) orientant fortement son activité vers la recherche partenariale en prise directe avec les industriels du domaine, en particulier les grandes entreprises liées aux ressources minérales.

L'unité a été impliquée dans le Groupement d'intérêt scientifique, Gis Géodénergies soutenu par le Programme d'investissement d'avenir (PIA) avec comme objectif d'accélérer le développement des filières industrielles de la géothermie profonde, du stockage géologique du CO₂ et du stockage de l'énergie. Elle contribue à l'activité de l'Institut Carnot M.I.N.E.S, en particulier pour son département thématique « Sciences de la Terre et de l'Environnement ». L'unité a également porté la direction scientifique du Piren Seine (Programme Interdisciplinaire de Recherche sur l'eau et l'environnement du bassin de la Seine), et est impliqué dans le portage de plusieurs actions de ce dispositif.

EFFECTIFS DE L'UNITÉ : en personnes physiques au 31/12/2022

Catégories de personnel	Effectifs
Professeurs et assimilés	3
Maîtres de conférences et assimilés	5
Directeurs de recherche et assimilés	9
Chargés de recherche et assimilés	17
Personnels d'appui à la recherche	20
Sous-total personnels permanents en activité	54
Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés	2
Personnels d'appui non permanents	0
Post-doctorants	4
Doctorants	34
Sous-total personnels non permanents en activité	40
Total personnels	94

RÉPARTITION DES PERMANENTS DE L'UNITÉ PAR EMPLOYEUR : en personnes physiques au 31/12/2022. Les employeurs non tutelles sont regroupés sous l'intitulé « autres ».

Nom de l'employeur	EC	C	PAR
MINES PARIS-PSL	8	26	6
AUTRES	0	0	14
Total personnels	8	26	20

AVIS GLOBAL

La qualité scientifique de haut niveau du Centre de géosciences (Géosciences) est reconnue au niveau national, avec une visibilité internationale en progrès mais qui reste à consolider. L'unité développe des compétences scientifiques stratégiques très bien exploitées, en particulier concernant la modélisation numérique pour l'imagerie et la compréhension des processus couplés. Deux points forts spécifiques du laboratoire sont le développement, la modernisation et la maintenance, d'une part de ses codes numériques ainsi que la mise à disposition en partie ouverte de ces outils, et d'autre part d'outils expérimentaux et méthodologiques.

Le management de la direction et le renouvellement des responsables d'équipes sont appréciés par l'ensemble du personnel, avec une attention particulière apportée à l'implication des nouveaux recrutés dans les instances du laboratoire. La politique incitative sur le passage des Habilitations à diriger des recherches (HDR) mise en œuvre au cours de la période évaluée est remarquablement efficace.

L'unité se concentre sur une recherche partenariale excellente et obtient des niveaux de succès en termes de contrats industriels remarquables et pérennes, malgré la forte réduction des activités liées aux

hydrocarbures. Le choix stratégique de mettre en avant la thématique « données-processus » fédérative au niveau de l'unité apparaît très pertinent dans l'écosystème spécifique du Centre de géosciences.

En contrepartie, le taux de publications de l'unité reste relativement modeste, en partie dû à son modèle économique, mais le comité note une amélioration significative sur les aspects bibliométriques au cours de la période évaluée.

La pyramide des âges est défavorable pour certaines équipes, tout particulièrement dans le schéma actuel de l'unité organisée en petites équipes très fractionnées. Le comité note, par ailleurs, un manque de cohérence entre l'organisation actuelle de l'unité en six équipes, réduites en nombre de personnels, et les axes thématiques structurants affichés au niveau du centre. Il apparaît que le modèle économique imposé à l'unité (financements sur contrats) est un frein au développement de projets financés par l'ANR. C'est une situation assez paradoxale qui mérite réflexion. De même, la disparition du soutien de base de l'école pénalise la réactivité et la capacité de ressourcement des équipes. En termes de stratégie future, le comité n'est pas pleinement convaincu par la trajectoire de l'unité telle qu'elle est présentée au travers du projet Forêt de Fontainebleau. Enfin, le comité alerte sur un déficit avéré de personnel technique (2 postes non pourvus) qui génère à la fois un mal être du personnel et un risque stratégique pour l'unité à court terme.

ÉVALUATION DÉTAILLÉE DE L'UNITÉ

A - PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

Concernant les produits et activités de recherche, GÉOSCIENCES a fourni des efforts notables en termes de publications, bien que cet aspect reste un point qui peut encore nettement être amélioré.

La visibilité à l'international reste en deçà de ce qui pourrait être attendu d'une unité comme GÉOSCIENCES. Une politique d'échange de chercheurs à l'international reste à mettre en place. Les activités de terrain et d'acquisition de données sont au centre des préoccupations de l'unité, cet aspect a été amélioré.

Concernant l'organisation et la vie de l'unité, il faut saluer l'intégration des jeunes chercheurs dans le laboratoire, à la fois dans son schéma de pilotage et dans des actions mises en place pour les soutenir, en particulier les actions incitatives pour le passage de leur HDR et pour leur implication dans l'encadrement de doctorants.

Les EC s'impliquent aujourd'hui de façon très notable dans les parcours d'enseignements au niveau master. C'est une recommandation qui a été prise en compte avec succès.

L'organisation des services administratifs en pôle est en cours. En revanche, il reste d'importants problèmes de recrutements au niveau des techniciens qui représentent un risque pour l'unité et ses activités expérimentales.

Concernant les perspectives scientifiques, les recommandations émises par le précédent comité ont globalement été intégrées dans la réflexion qui a mené aux thèmes phares actuels de l'unité.

B - DOMAINES D'ÉVALUATION

DOMAINE 1 : PROFIL, RESSOURCES ET ORGANISATION DE L'UNITÉ

Appréciation sur les objectifs scientifiques de l'unité

L'organisation scientifique de l'unité autour de deux thématiques (compréhension et modélisation des processus et données-processus) et leurs déclinaisons en trois champs d'application (exploitation durable des ressources, utilisation de l'espace souterrain, ressources en eau et traçages) est, au premier abord, totalement pertinente au regard des compétences disponibles et des enjeux actuels. Néanmoins, la façon dont est décrite l'activité scientifique, au travers de six équipes, est trop souvent organisée par champs disciplinaires plutôt qu'au travers de thématiques structurantes et potentiellement transverses aux équipes et cela nuit à une bonne appréciation des objectifs scientifiques.

Appréciation sur les ressources de l'unité

Avec 36 chercheurs et enseignants-chercheurs (pour 38,5 en début de contrat) et 20 personnels d'appui à la recherche (PAR), l'unité reste de taille modeste et potentiellement fragile. Elle s'appuie également sur des post-doctorats et des doctorants (48 au cours de la période considérée). Ses ressources financières propres se situent en moyenne aux alentours de 3 M€ par an (pas de dotation d'État en dehors des salaires des fonctionnaires). Il faut constater que le profil d'activité de l'unité est quasiment celui d'un Epic (Établissement public à caractère industriel et commercial), avec 35 % sur appel à projet (AAP), 35 % recherche, 15 % transfert et 15 % autres) et impose une activité contractuelle importante. Par ailleurs, la disparition de la dotation récurrente fournie par l'École des Mines (2017) contraint de dégager une marge plus importante sur les contrats afin de financer le ressourcement. Les ressources humaines en légères baisses ont été largement renouvelées au cours du contrat et le seront à nouveau dans les prochaines années ; il sera essentiel d'y porter une grande attention.

Appréciation sur le fonctionnement de l'unité

Le travail réalisé au cours du contrat par l'équipe de direction est très appréciable. Avec un management rajeuni, attentif aux nouveaux entrants, participatif pour la définition des objectifs scientifiques et plus collectif, l'unité s'est dotée d'une gouvernance adaptée aux enjeux. Il existe une réelle politique d'accueil et de suivi pour les jeunes C et EC, une volonté de leur transmettre des responsabilités et un accompagnement dans l'optique de leur permettre de préparer une HDR ou de développer des projets d'envergure.

1/ L'unité s'est assigné des objectifs scientifiques pertinents.

Points forts et possibilités liées au contexte

La force de l'unité repose en grande partie sur sa capacité à associer de façon équilibrée observation et modélisation (incluant l'intégration logicielle) et ceci au niveau de la majorité des équipes (continuum terrain-modèle). C'est au travers de cette approche originale que l'unité doit trouver son positionnement et déployer ses projets. L'ambition de l'unité de renforcer la thématique émergente données-processus reposant sur la modélisation, le traitement des données et l'approche par le problème inverse constitue une réelle opportunité de développement. Elle bénéficie d'une animation scientifique renforcée et de recrutements pertinents. Les compétences acquises, par exemple pour la chaire industrielle ANR, ISR-U (In Situ Resource Utilisation), offrent, dans un contexte de tension sur les matières premières, des possibilités supplémentaires d'activité mobilisant les compétences de l'unité dans les domaines de l'espace souterrain et du transport réactif. De même, le couplage des compétences en imagerie du sous-sol (équipe GEOPHY) et en comportement du sous-sol et des ouvrages (équipe GIG) est de nature à positionner l'unité sur des enjeux portés par la puissance publique. Enfin, les codes développés en interne, et notamment le code HYTEC (couplant hydrogéologie et géochimie), sur le transport réactif, constituent une ligne de force sur laquelle devrait continuer à reposer la visibilité de l'unité.

Points faibles et risques liés au contexte

Les opportunités portant sur les trois champs d'application retenus par l'unité ne s'accompagnent pas suffisamment d'une stratégie scientifique claire et transverse aux équipes actuelles. Elles doivent constituer le moteur d'un repositionnement associé aux nouveaux enjeux (notamment en matière d'environnement et de ressources) relevant de ces trois champs d'application. L'organisation en (très) petites équipes donne une impression de morcellement de l'activité scientifique qui nuit à une visibilité des priorités. Par ailleurs, les modélisations des flux et des temps de transfert (eau, matière, énergie) présentées dans la majorité des équipes ne semblent pas trouver une convergence vers des enjeux ou des objets communs. Enfin, le repositionnement de l'équipe GEOPHY sur des objets non-pétroliers est sans doute encore insuffisant. Plus globalement, la reconnaissance et la visibilité internationale de l'unité peuvent encore être améliorées.

2/ L'unité dispose de ressources adaptées à son profil d'activités et à son environnement de recherche et les mobilise.

Points forts et possibilités liées au contexte

La forte activité contractuelle de l'unité constitue un atout lui assurant des ressources propres significatives et une forme d'indépendance vis-à-vis d'autres sources de financement. Ceci est d'autant plus important qu'il existe une assez bonne stabilité pluriannuelle des ressources globales. En matière de compétences, des nouveaux entrants ont pris leur place y compris dans le management d'équipe et assurent de fait un renouvellement des idées et des projets. Par ailleurs, il existe un raisonnable équilibre des compétences entre les trois volets (observation, expérimentation, modélisation) qui assure la pérennité de la stratégie de développement scientifique de l'unité. Enfin, l'unité dispose de moyens expérimentaux et de calcul à la hauteur des enjeux qu'elle aborde.

Plus généralement, l'unité dispose de compétences et de programmes scientifiques qui sont en mesure de répondre aux attentes de la puissance publique et de l'industrie, notamment dans les domaines des nouveaux usages du sous-sol (stockage de gaz ou de déchets, géothermie, ouvrages) ou du support à l'exploitation de ressources minérales (transport réactif, mine verte, etc.). L'implication de l'unité dans le réseau Carnot Mines (volet Energie et ressources naturelles) et dans le pôle de compétitivité des industries du sous-sol, Avenia, marque l'ancrage de l'unité dans les projets à finalité industrielle.

Points faibles et risques liés au contexte

En matière de ressources humaines, l'unité a perdu l'équivalent de trois postes au cours du précédent contrat. Ceci, associé au départ en retraite de plusieurs cadres au cours du prochain contrat conduit à une fragilité en matière de renouvellement des compétences (on peut également y voir des opportunités). Le même risque peut être considéré pour les personnels PAR (avec notamment le potentiel départ de 4 gestionnaires et la tension existante dans le fonctionnement de la halle d'essais du site de Fontainebleau).

Si l'activité contractuelle offre une forme d'indépendance, au travers de la gestion par Armines (y compris dans le cadre de son nouveau statut), elle n'offre pas toujours les meilleures conditions financières pour l'unité et ne facilite pas le ressourcement et la réactivité scientifique. Pour les mêmes raisons, la « rentabilité » de programmes nationaux gérés par l'ANR par exemple, n'est pas suffisante pour que l'unité s'y investisse, ce qui génère une menace quant à la visibilité du Centre de géosciences. L'unité se trouve ainsi à la fois en termes d'activité et de structure budgétaire assez comparable à un Epic et cela présente des risques inhérents à ce type de structure, d'autant qu'elle n'en a pas la masse critique.

3/ Les pratiques de l'unité sont conformes aux règles et aux directives définies par ses tutelles en matière de gestion des ressources humaines, de sécurité, d'environnement, de protocoles éthiques et de protection des données ainsi que du patrimoine scientifique.

Points forts et possibilités liées au contexte

Les pratiques et le fonctionnement de l'unité répondent aux réglementations applicables. Ceci s'inscrit dans la politique plus globale de l'École des Mines dont les pratiques sont considérées comme conformes aux règles définies par les tutelles. Des efforts entrepris en matière de parité sont à mentionner (même s'il reste des progrès à réaliser) ainsi que la mise en place de politiques en matière de QVT (Qualité de vie au travail) et HSE (Hygiène, sécurité, environnement). Dans ces domaines, les actions conduites par l'unité reposent en grande partie sur des comités et des textes réglementaires établis au niveau de l'École des Mines et d'Armines. Cela permet notamment de disposer de documents communs aux unités de l'école, de partager des retours d'expérience, REX, et de faire reposer les décisions sur l'expertise de personnels (délégué de site ou responsable HSE Armines, par exemple) compétentes dans ces domaines. La gestion de la période COVID semble avoir été efficace et les mesures prises en matière de télétravail ont été appréciées. Elles ont été adaptées aux risques et aux exigences de service.

Points faibles et risques liés au contexte

Le DAE ne fait mention ni de difficultés particulières dans la gestion des ressources humaines ni de risques psycho-sociaux particuliers. En revanche, les entretiens avec les personnels ont permis d'identifier des cas possibles de souffrance au travail au niveau des PAR. Un point particulier d'attention sur ces sujets reste le fait que les membres de l'unité soit réparti entre plusieurs bâtiments.

DOMAINE 2 : ATTRACTIVITÉ

Appréciation sur l'attractivité de l'unité

L'unité dispose d'atouts en matière d'attractivité dont il faut s'assurer qu'ils soient habilement mobilisés. La réputation de l'École des Mines, l'intégration dans l'Université PSL, les relations étroites avec le milieu industriel ainsi que les interfaces disponibles avec d'autres centres de recherche de l'école constituent des éléments de visibilité capables de conforter l'attractivité de l'unité. L'unité ne s'est pas approprié ces différents atouts pour améliorer son attractivité. Plus spécifiquement, le Centre de géosciences apparaît encore insuffisamment ouvert vers l'international au travers de partenariats solides et structurants qui seraient en mesure de lui donner plus de visibilité. Cela se ressent au niveau de l'unité mais aussi pour chacune des équipes. Il semble indispensable que l'unité soit en mesure d'afficher plus explicitement ses priorités scientifiques d'ensemble et la stratégie associée. L'affichage actuel n'est peut-être pas le plus pertinent pour donner une image dynamique et porteuse de l'unité.

- 1/ L'unité est attractive par son rayonnement scientifique et s'insère dans l'espace européen de la recherche.
- 2/ L'unité est attractive par la qualité de sa politique d'accompagnement des personnels.
- 3/ L'unité est attractive par la reconnaissance de ses succès à des appels à projets compétitifs.
- 4/ L'unité est attractive par la qualité de ses équipements et de ses compétences techniques.

Points forts et possibilités liées au contexte pour les quatre références ci-dessus

En matière de rayonnement scientifique des efforts significatifs ont été consentis afin de valoriser au mieux les points forts de l'unité (projet européen H2020 Orchyd, programme interdisciplinaire Piren Seine). Ils doivent être maintenus pour porter la nouvelle génération d'EC de l'unité.

L'attractivité est incontestablement un point sur lequel l'accent a été mis au cours de la période évaluée. Avec un suivi attentif des jeunes chercheurs, une incitation forte à passer une HDR (6 soutenues au cours de la période et 3 à venir) et des modalités d'accueil bien établies, l'unité dispose d'une organisation qui devrait lui permettre d'attirer de bons candidats sur les postes à ouvrir au cours de la prochaine période. Il en va de même pour ce qui concerne la démarche d'accompagnement des doctorants (journée d'accueil, assistance administrative, séminaires) y compris après leur soutenance.

Les succès aux appels d'offres (AO) sont principalement concentrés sur la chaire ANR ISR-U et sur le projet Orchyd qui constituent de belles réussites dans leurs domaines respectifs. Le positionnement de l'unité à l'interface entre applications industrielles et appui aux politiques publiques et recherche amont est un atout important qu'il serait nécessaire de mieux valoriser notamment au niveau européen. Sur ce point, des rapprochements avec des industriels et des startups pour constituer des consortia seraient à étudier par l'unité.

La halle paloise, les outils d'observation, les capteurs Molonari, les équipements du laboratoire de géomécanique, ainsi que l'ensemble des moyens logiciels de l'unité constituent des éléments d'attractivité significatifs. Néanmoins, il n'existe pas d'indicateurs permettant de jauger le rôle de ses équipements en matière d'attractivité (notamment au travers de leur caractère unique pour certains).

Points faibles et risques liés au contexte pour les quatre références ci-dessus

Les indicateurs présentés apparaissent encore insuffisants et inégalement répartis au sein de l'unité. Si certains ont pu prendre des responsabilités nationales ou internationales, cela reste encore insuffisant pour améliorer l'attractivité. Il apparaît indispensable que l'unité et ses leaders scientifiques s'engagent dans des actions capables de mettre en lumière ses points forts. À ce sujet, l'idée d'organiser un colloque sur le problème inverse en géosciences apparaît très pertinente et devrait faire partie des objectifs prioritaires pour la prochaine période. De plus, les candidatures ERC portées par l'unité au cours de ces dernières années n'ont pas été couronnées de succès et cela est évidemment un frein au rayonnement scientifique et à l'attractivité de l'unité.

Si l'attractivité de l'unité est assez exemplaire en ce qui concerne les EC et C, la situation est plus complexe et parfois inquiétante pour les PAR (démission de deux jeunes recrutés en 2022 et 2023, forte concurrence de l'industrie).

Très clairement, c'est le modèle économique et la structure d'Armines (principal gestionnaire des fonds de l'unité) qui pénalisent assez fortement l'unité dans son implication au niveau de la réponse à des AO, à minima au niveau national, type ANR.

Il y a un réel enjeu dans le renouvellement ou l'adaptation des moyens expérimentaux et de modélisation. La définition d'un site propre expérimental présenté dans la trajectoire de l'unité ajouterait sans doute de la complexité dans l'établissement des priorités sur le plan des équipements.

DOMAINE 3 : PRODUCTION SCIENTIFIQUE

Appréciation sur la production scientifique de l'unité

Au cours de la période 2017-2022, la production scientifique de l'unité a progressé avec 276 publications dans des revues nationales et internationales. Cette moyenne monte à 1,5 avec les brevets et les chapitres d'ouvrage. C'est encore relativement modeste mais cela montre des progressions très significatives depuis la précédente période notamment pour les équipes GEOPHY et CIG qui ont très largement amélioré leur bilan respectif. Les taux de publications moyens varient d'une équipe à l'autre (0,9 à 2 /an/EC). Les publications réunissant des membres de deux équipes ou plus ne représentent que moins de 10 % du total ce qui doit interroger.

Enfin, il existe une grande variabilité de la production scientifique entre C et EC (13 sont en dessous de 1, 12 entre 1 et 2, et 11 au-dessus de 2). Les C et EC les moins publiants sont, dans la plupart des cas, sans HDR, âgés de plus de 55 ans et avec une activité très orientée vers les contrats industriels.

- 1/ La production scientifique de l'unité satisfait à des critères de qualité.*
- 2/ La production scientifique de l'unité est proportionnée à son potentiel de recherche et correctement répartie entre ses personnels.*
- 3/ La production scientifique de l'unité respecte les principes de l'intégrité scientifique, de l'éthique et de la science ouverte. Elle est conforme aux directives applicables dans ce domaine.*

Points forts et possibilités liées au contexte pour les trois références ci-dessus

Le Centre de géosciences a fait de réels efforts pour améliorer la production scientifique tant sur le plan quantitatif que qualitatif. Il faut nuancer les appréciations concernant la production scientifique académique car seuls 35 % de l'activité sont consacrés à la recherche (plus de 50 % étant consacrés au transfert et aux AAP). Les résultats portant sur la période 2017-2022 sont encourageants pour l'avenir notamment pour des équipes qui ont très significativement amélioré leur rythme de publications. Avec une moyenne de 1,2 publications/an/EC dans des revues nationales (Comptes Rendus Geoscience), internationales (Nature Communication, Basin Research., Scientific Report Nature, Journal Geophysical Research, etc.). Cette moyenne monte à 1,5 avec les chapitres d'ouvrage et les brevets (par ex. méthodologie de forage profond), il reste une vraie marge de progrès et la direction de l'unité doit continuer à mobiliser les équipes sur ce plan. Enfin, les titulaires d'une HDR antérieure à 2017 forment une ossature robuste (5 C/EC publiant 2,5 à 3 pub/an). Comme indiqué précédemment, il y a une forte hétérogénéité dans les productions scientifiques individuelles et d'équipe qui est très bien expliquée par le poids des activités liées à des contrats industriels. Sur ce point, une intensification des travaux communs à 2 ou plusieurs équipes devrait à la fois être source de résultats publiables supplémentaires et gommer une part des hétérogénéités constatées.

L'École des Mines et l'unité ont mis en place des actions de sensibilisation concernant l'intégrité scientifique et déployé des moyens de prévention afin de faciliter la tâche des C et EC .

Points faibles et risques liés au contexte pour les trois références ci-dessus

Les récents détenteurs d'une HDR (obtenue depuis 2017) publient raisonnablement bien mais de façon assez hétérogène (1 à 3,5 publications par an). Les publications communes à deux équipes sont trop rares (moins de 10% du total), témoignant d'un cloisonnement encore trop grand et sans doute d'un manque de stratégie sur les priorités scientifiques de l'unité.

DOMAINE 4 : INSCRIPTION DES ACTIVITÉS DE RECHERCHE DANS LA SOCIÉTÉ

Appréciation sur l'inscription des activités de recherche de l'unité dans la société

La proximité avec le milieu industriel est une caractéristique centrale de l'unité. C'est à la fois une opportunité (accès à des données importantes ou à des observations pertinentes comme sur le sujet de l'ISR-U ou participation sur le long terme à un programme comme le PIREN-Seine) mais aussi un engagement de long terme qui contraint le modèle économique mais aussi scientifique de l'unité. L'inscription des recherches dans la société n'est pas pleinement convaincante pour une unité dont 50 % de l'activité totale est sensée être liée à ces aspects sociétaux et peut être encore optimisée.

- 1/ L'unité se distingue par la qualité et la quantité de ses interactions avec le monde non-académique.*
- 2/ L'unité développe des produits à destination du monde culturel, économique et social.*
- 3/ L'unité partage ses connaissances avec le grand public et intervient dans des débats de société.*

Points forts et possibilités liées au contexte pour les trois références ci-dessus

La proximité avec le monde industriel et l'interface administrative et financière que constitue Armines dessinent un modèle de recherche partenariale efficace.

La participation à des structures d'interface comme le Carnot Mines, la chaire industrielle IMT (industrie minérale et territoire), ou le pôle de compétitivité Avenia sont des éléments structurants pour l'unité (et pour certaines de ses équipes). La participation à trois chaires de mécénat créées au cours de la période évaluée est un signe positif et une opportunité à cultiver pour l'avenir.

La présence de l'unité dans des actions de modération scientifique ou dans des débats publics est utile mais ne semble se traduire que par des contributions individuelles (certes de haut niveau).

Points faibles et risques liés au contexte pour les trois références ci-dessus

Il y a une certaine fragilité dans le modèle partenarial établi et le nombre de programmes financièrement et scientifiquement rentables pour l'unité est finalement assez limité. Par exemple, on voit mal comment sera poursuivi dans le temps et sous une forme valorisable le programme ISR-U. De même, la suite du projet Orchyd n'apparaît pas clairement établie et cela pourrait constituer un risque.

Les actions de l'Unité dans les débats scientifiques publics mériteraient d'être plus solidement structurées et partagées au sein de l'unité.

ANALYSE DE LA TRAJECTOIRE DE L'UNITÉ

Au cours de la période évaluée, l'unité a cherché à organiser son activité au travers de deux thématiques (compréhension et modélisation des processus et données-processus) et leurs déclinaisons en trois champs d'application (exploitation durable des ressources, utilisation de l'espace souterrain, ressources en eau et traçages). Ces priorités ou objectifs stratégiques apparaissent pertinents et en accord avec les compétences et moyens disponibles au sein de l'unité.

Sur les neuf recommandations principales présentées à l'issue de la précédente évaluation Hcéres, plusieurs ont fait l'objet d'une attention particulière amenant à des progrès sensibles (implication des jeunes C et EC dans la réflexion stratégique, attractivité pour les doctorants, plus d'ouverture et de participation aux décisions en interne, amélioration de la production scientifique). En revanche, sur d'autres points les résultats sont moins visibles (succès au guichet ERC, aide à la décision publique par exemple).

Pour ce qui concerne les recommandations portant sur la stratégie et le projet scientifique, il apparaît que le travail est encore en cours.

- S'agissant des actions en rupture intégrées dans la thématique « données-processus », la démarche visant à les faire émerger est intéressante mais il est utile de voir, au-delà de leur émergence au cours de la période qui s'achève, comment elles seront maintenues pour insuffler une dynamique innovante pour l'unité (problématique du ressourcement). La culture de la modélisation très présente dans l'unité apparaît fortement mobilisatrice dans plusieurs projets et elle doit rester le cœur de l'activité du Centre de géosciences. Les choix faits pour soutenir une approche comme le problème inverse appliqué aux géosciences, en la dotant de sept contrats doctoraux au cours de la période, sont très pertinents et structurants.

Dans la trajectoire proposée pour le prochain contrat, le renforcement de la thématique « données-processus » est clairement affiché mais la description de la trajectoire reste très technique et montre peu comment elle va se déployer au cours du prochain contrat. On comprend que l'imagerie sismique, puis le transport réactif et la géomécanique seront concernés, qu'une équipe de support informatique sera mise en place pour soutenir les actions de cette thématique et que l'activité de développement et de maintenance des codes sera soutenue. Néanmoins, on perçoit mal les vrais objectifs et il manque une identification des enjeux pour l'unité. Il est difficile de comprendre pourquoi l'unité ne met pas explicitement en avant une thématique qui serait par exemple « modélisation des processus complexes fortement couplés », cela serait de nature à donner plus de visibilité aux actions. Par ailleurs, il est difficile d'estimer combien de personnes seraient mobilisées autour de cet axe.

Enfin, c'est la structuration même de l'unité qui pourrait être repensée pour mobiliser et concentrer les forces de différentes équipes autour des quelques thématiques structurantes (comme ce qui pourra être fait entre GEOPHY et GEOSTAT sur le problème inverse). Le découpage disciplinaire en équipes de petite taille semble nuire à l'expression d'une stratégie. La trajectoire présentée sur la thématique « données-processus » n'atténue pas réellement cette perception.

La précédente évaluation Hcéres avait recommandé que l'unité améliore ses accès aux données et au terrain au travers notamment de moyens d'observation et d'expérimentation complémentaires permettant d'acquérir des données en propre. Ceci a amené le Centre de géosciences à envisager sa participation active à un site fédérateur (Forêt de Fontainebleau) pour l'ensemble des équipes, localisé à Fontainebleau et son territoire et dont l'observation permettrait d'aborder notamment les enjeux climatiques et la résilience, l'analyse du passé pour mieux comprendre le futur, les usages de l'eau, la géothermie et la transition énergétique et l'imagerie. Ainsi toutes les équipes de l'unité seraient concernées au travers de 3 axes de recherche :

- trajectoires d'un territoire (sous-sol, environnement, pratiques humaines, histoire des infrastructures, etc.),
- territoire naturel et de valorisation (services écologiques, patrimoine culturel, ressources naturelles),
- la forêt comme laboratoire du futur.

Les moyens importants mis en œuvre (participation à l'Appel à manifestation d'intérêt, AMI « grands programmes de recherche de l'Université PSL », intégration dans d'autres programmes) représenteraient 3 M€, 10 contrats postdoctoraux et 10 contrats doctoraux pour les cinq premières années. Ce programme Forêt de Fontainebleau est ambitieux mais le comité perçoit mal les bornes et les enjeux à court terme pour l'unité (développement, organisation, mobilisation des compétences scientifiques, association avec les biologistes, agronomes, SHS, etc.). On peut se demander pourquoi l'unité n'a pas recherché dans les observatoires existants (y compris ceux relevant des interactions homme-milieu), un terrain d'observation et d'expérimentation au sein duquel elle pourrait déployer ses compétences (transferts réactifs, phénomènes couplés, dynamique des processus, imagerie, etc). Il n'est pas mentionné si des contacts ont été établis avec l'INSU et avec les réseaux d'observatoires français de l'infrastructure Ozcar (Observation de la zone critique : application et recherche), le programme Critex (équipements innovants pour la zone critique) associant les observatoires sur les bassins versants. Par ailleurs, l'Observatoire de recherche en environnement sur le fonctionnement des écosystèmes forestiers, F-ORE-T, rassemble déjà 15 sites fortement instrumentés et deux réseaux. Il pourrait y avoir un vrai risque pour l'unité à le déployer : forte mobilisation du personnel, thématiques nouvelles voire marginales pour l'unité, compétition avec d'autres sites d'observation déjà matures, etc.

Il serait plus pertinent pour l'unité de construire sa trajectoire sur la base de deux thèmes porteurs :

- modélisation des processus complexes fortement couplés, incluant une approche de type problème inverse et qui concernerait l'ensemble des équipes
- usages du sous-sol autour des équipes GEOL, GIG, HR et pro-partie SHR.

RECOMMANDATIONS À L'UNITÉ

Recommandations concernant le domaine 1 : Profil, ressources et organisation de l'unité

Le comité recommande à l'unité de conduire une réflexion approfondie sur sa structuration en équipe (nombre et périmètre) pour : (i) renforcer les travaux transverses, (ii) améliorer la cohérence scientifique de l'unité, (iii) remédier à la fragilité des équipes dans le schéma actuel.

Compte tenu des prochains départs en retraite d'EC, il est essentiel qu'une réflexion collective soit conduite en amont sur le contenu thématique et la priorisation des postes.

Il faudra veiller à la progressive évolution des moyens expérimentaux et assurer le renouvellement du personnel d'appui à la recherche pour accompagner les nouvelles orientations scientifiques. En ce sens, il est indispensable et urgent de mobiliser la direction des RH de l'École des Mines pour pourvoir les deux postes de techniciens vacants.

Le modèle économique de l'unité la pénalise quant aux réponses aux AAP nationaux (ANR). C'est un frein à son développement et à sa visibilité scientifique qu'il faut chercher à lever en accord avec la direction de l'école.

Recommandations concernant le domaine 2 : Attractivité

Le comité recommande de mettre en place une stratégie scientifique visible à l'extérieur du centre (Mines Paris-PSL et autres acteurs nationaux et internationaux). Un effort pourrait notamment être porté sur l'émergence d'un projet fédérateur au sein du laboratoire de type ERC très visible. Un effort important est à réaliser sur ce point.

Le comité recommande de résoudre au plus vite, avec l'appui des RH de Mines Paris-PSL, le problème des personnels techniques. En effet, l'attractivité insuffisante pour ces personnels pénalise actuellement l'unité et présente un risque dans le développement et le maintien de ses activités expérimentales, ses activités de terrain et le déploiement de son offre d'outils numérique, par ailleurs exemplaire.

La forte compétition nationale et internationale sur le couplage observation-expérimentation-modélisation impose à l'unité de mettre en avant ses approches originales (par exemple, problèmes inverses en géosciences) pour améliorer sa reconnaissance et sa visibilité au niveau international.

Recommandations concernant le domaine 3 : Production scientifique

Le comité recommande de poursuivre les efforts qui ont été engagés sur les projets transverses aux équipes et fédérateurs au sein de l'unité. Les taux de publications pourraient être améliorés, bien qu'en progrès au cours de la période évaluée. Ils sont par ailleurs assez hétérogènes entre les équipes et entre les personnels. Le comité recommande d'être attentif à ces écarts et de développer les publications transverses aux équipes qui sont pour l'instant trop peu nombreuses.

Il apparaît indispensable que des solutions soient mises en place afin d'améliorer la rentabilité des contrats nationaux de type ANR. Sur ce point, des discussions avec les Epic confrontés à des problématiques similaires pourraient être utiles. Au niveau européen, il faudra songer à préparer le renouvellement du volume de contrats et positionner l'unité sur ses points forts (là encore il y a un affichage stratégique à constituer).

La direction de l'unité et les responsables d'équipe devront être attentifs aux écarts de taux de publications et veiller à accompagner les récents et futurs HDR dans l'amélioration de leur rythme de publication.

Le prochain contrat sera marqué par un renouvellement supplémentaire des cadres et il sera essentiel de trouver des moyens d'accompagnement aux futurs recrutés afin qu'ils puissent installer dans les meilleures conditions leur activité scientifique et contribuer rapidement à la production scientifique de l'unité.

Recommandations concernant le domaine 4 : Inscription des activités de recherche dans la société

L'unité développe ses activités de recherche en priorité en partenariat avec l'industrie. En ce sens, elle répond bien à ses missions. Un effort pourrait être fait pour mieux structurer ses actions vers le grand public.

Enfin, le comité recommande à l'unité de développer une réflexion sur l'impact de ses pratiques sur l'environnement, en particulier en termes d'impact carbone, avec les outils disponibles (p. ex.,

<https://labos1point5.org/>) et les outils en cours de développement dans de nombreux laboratoires en France.

RÉPONSES AUX POINTS D'ATTENTION DES TUTELLES

Le comité a pris connaissance de l'évolution du statut d'Armines et des spécificités inhérentes quant à l'organisation de l'unité et en a tenu compte lors de son évaluation.

ÉVALUATION PAR ÉQUIPE OU PAR THÈME

Équipe 1 : Géologie

Nom du responsable : M. Damyen Huyghe

THÉMATIQUES DE L'ÉQUIPE

L'équipe GEOL de petite taille (4 C/EC, 1 PAR), met à profit ses compétences en géosciences et en particulier en sédimentologie, sur deux problématiques : la « dynamique des plaines alluviales », et les « flux et temps de transfert des sédiments et polluants du bassin versant à la rivière ». Son activité repose sur des travaux sur le terrain et en laboratoire, nourrissant le développement de modèles.

Sur le premier thème, il s'agit de caractériser le fonctionnement des plaines alluviales, soumises à la pression anthropique et aux perturbations climatiques. Les résultats de terrain et analyses obtenus sont complétés par l'utilisation de modèles et d'approches numériques en collaboration avec les équipes SHR et GEOSTAT. Ces travaux concernent essentiellement le bassin parisien et s'inscrivent dans les activités du Piren Seine, ainsi que dans le projet Alluv3D porté par le BRGM.

La seconde thématique a pour objectif de mieux comprendre l'impact des polluants anthropiques dans ces milieux alluviaux, thématique qui fédère l'équipe GEOL avec les équipes SHR et GEOSTAT autour du projet inter-Carnot Mines Traversière coordonné par l'équipe GEOL.

PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

L'attention portée sur la baisse du nombre de publications lors de la précédente évaluation a été prise en compte, avec un taux de publications en progrès autour de 1,8/an/personne pendant la période 2017-2022. Un effort est également fait concernant l'implication et la participation des membres de l'équipe à des manifestations scientifiques, principalement nationales (Association des sédimentologues français, ASF, Réunion des sciences de la Terre, RST, Groupe de recherche Climat, vie, environnement, GDR CEV).

Les modes de financements qui étaient majoritairement d'origine industrielle, ont été complétés avec des apports académiques, des agences de l'eau et des gestionnaires parapubliques, en particulier pour des financements de thèse. Concernant le dépôt de brevet, cela ne constitue pas un objectif de l'équipe, ce qui ne l'empêche pas de poursuivre la valorisation de l'outil de modélisation Flumy par d'autres moyens.

Concernant les HDR, un membre de l'équipe a obtenu son HDR en 2022 ; et deux autres sont prévues en 2023, ce qui montre une évolution remarquable par rapport aux recommandations du précédent rapport sur ce point.

Le recentrage des activités sur des chantiers locaux a été pris en compte, avec désormais des études qui portent principalement sur le bassin de Paris.

Globalement, l'équipe a été attentive aux recommandations données dans le précédent rapport d'évaluation avec des effets positifs sur son activité et son fonctionnement.

EFFECTIFS DE L'ÉQUIPE : EN PERSONNES PHYSIQUES AU 31/12/2022

Catégories de personnel	Effectifs
Professeurs et assimilés	0
Maîtres de conférences et assimilés	1
Directeurs de recherche et assimilés	0
Chargés de recherche et assimilés	3
Personnels d'appui à la recherche	1
Sous-total personnels permanents en activité	5
Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés	0
Personnels d'appui non permanents	0
Post-doctorants	0
Doctorants	2
Sous-total personnels non permanents en	2

activité	
Total personnels	7

ÉVALUATION

Appréciation générale sur l'équipe

Sur la période, l'équipe GEOL a montré une augmentation de son taux de publications (1,8/an/personne) et une augmentation des membres titulaires de l'HDR, ce qui est très positif. Les outils et méthodes utilisés sont en adéquation avec ses recherches. Les thématiques de l'équipe sont pertinentes autant du point de vue des objectifs que des objets étudiés, avec des ancrages majoritairement régional et national cohérents. Les synergies entre les membres de l'équipe et avec d'autres équipes ne sont pas encore suffisamment claires et doivent être renforcées. L'articulation avec les deux thématiques phares de l'unité n'apparaît pas assez clairement. L'équipe diversifie les sources de financement, y compris des partenariats industriels. Elle est bien intégrée dans la vie collective de l'unité, mais sa taille très réduite, son positionnement par rapport aux autres équipes et sa spécificité méritent une réflexion approfondie en termes de réorganisations potentielles.

Points forts et possibilités liées au contexte

L'équipe a su réorienter ses thématiques des énergies fossiles vers des thématiques scientifiques qui s'inscrivent parfaitement dans les grandes questions sociétales actuelles (bassins, ressources en eau au sens large), ouvrant des possibilités importantes de collaboration avec des organismes gestionnaires des ressources en eau. Les publications de l'équipe, avec un taux en augmentation, se font dans des revues nationales (Comptes Rendus Geosciences) ou internationales (Scientific Report Nature). L'initiation et le développement de collaborations avec d'autres équipes de l'unité apportent une plus-value aux travaux de l'équipe (en particulier au travers du logiciel de modélisation Flumy™), qui doit maintenant se traduire en termes de publications. L'équipe occupe une place centrale sur la réflexion sur les outils, leur structuration au sein de l'unité, et les moyens humains associés. Le lien direct avec les moyens expérimentaux et les outils d'analyse associés est une force de l'équipe, notamment impliquée dans la plateforme et dans le laboratoire d'étude géomorphologique. Le bilan de l'équipe et la dynamique en cours concernant les HDR sont des éléments positifs.

L'équipe est très active en communication, avec des actions en direction du grand public ou de science participative à travers le projet de sciences participatives sur l'observation de l'environnement (ÉcorCair), contribuant ainsi à la visibilité de l'unité. Enfin, les C et EC de cette équipe ont les charges d'enseignement les plus importantes de l'unité (159h/an) ce qui montre son investissement dans ce domaine.

Points faibles et risques liés au contexte

Comme pour d'autres équipes de l'unité, sa taille (4 C et EC) est un point faible, même si sa pyramide des âges est un élément positif. En plus des charges et responsabilités d'enseignement, les membres de l'équipe s'investissent dans des actions de communication de l'unité, ou encore dans la responsabilité de certaines plateformes des moyens expérimentaux de l'unité (laboratoire d'analyse des roches et des eaux, laboratoire de géomorphologie). Si le nombre de PAR associé à l'équipe, ou encore de C et EC n'augmente pas dans les prochaines années, la question du développement des activités, ou l'implication dans des projets de plus grandes envergures se poseront.

Les projets communs à l'équipe ou regroupant plusieurs de ses membres, sont encore trop peu nombreux. Leur développement pourrait conforter le groupe dans sa spécificité au sein de l'unité. Le risque est que la structure et le travail d'équipe n'apportent que peu de plus-value pour ses membres.

Analyse de la trajectoire de l'équipe

La thématique de l'étude des systèmes fluviaux restera au cœur de la recherche menée par l'équipe GEOL, avec, entre autres, l'impact des forçages climatiques. Le développement de cette thématique apparaît très cohérent vis-à-vis des compétences et des travaux effectués par les membres de l'équipe et est porteuse au niveau sociétal. Le cadre offert par l'École des Mines offre des possibilités de soutien financier intéressantes, bien que le problème soulevé au niveau des contrats avec l'ANR reste à régler. Le choix d'étudier des sites analogues ayant subi des changements climatiques est tout à fait pertinent. L'orientation autour des géoressources est plus originale par rapport au contrat précédent, mais repose sur des compétences solides

existantes au sein de l'équipe. La thématique « géologie des réservoirs » trouvera ici des applications en phase avec les préoccupations sociétales et économiques actuelles orientées vers des énergies et ressources non carbonées, mais aussi des problématiques liées aux stockages en subsurface des déchets radioactifs. Il s'agira cependant de créer une synergie à la fois au sein de l'équipe et avec les autres équipes de l'unité, ce qui n'est pas encore très visible. Enfin, si ces deux thèmes rentrent dans les thématiques de l'unité, le lien avec le projet de site (Forêt de Fontainebleau) porté par l'équipe ne semble pas être un élément de cohésion et de synergie par rapport aux deux thèmes prévus par l'équipe ni plus largement au niveau de l'unité. Son développement futur devra se faire en prenant soigneusement en compte les ressources humaines de l'équipe et les aspects transversaux avec les autres équipes.

RECOMMANDATIONS À L'ÉQUIPE

Le comité recommande, dans un premier temps, de développer des projets fédérateurs au sein de l'équipe. Compte tenu de la taille de l'équipe et des interactions avec les autres équipes, en particulier en ce qui concerne l'alimentation et l'utilisation des modèles numériques qui apportent une réelle plus-value, le comité recommande de réfléchir à un rapprochement plus poussé avec d'autres équipes afin de mieux contribuer aux thématiques globales de l'unité. Cela permettrait de mieux mettre en valeur les apports de l'équipe GEOL dans le renforcement souhaité du thème « données et processus ». Cela devrait permettre aussi d'affirmer la place des thématiques de l'équipe au sein de l'unité et de confirmer la dynamique en cours autour de ces thématiques.

Le comité recommande également à l'équipe de prêter une attention particulière à l'adéquation entre les ambitions affichées du point de vue des projets envisagés (ANR, ERC, projet Forêt de Fontainebleau, etc.) et les pistes expérimentales, ainsi que les moyens mobilisables en termes de ressources humaines. La taille de l'équipe reste un point d'attention afin de ne pas épuiser les ressources existantes.

L'équipe a suivi les recommandations du comité précédent Hcéres en recentrant une partie de ses activités sur le bassin de Paris. Ce socle en termes de sites d'études doit être équilibré avec d'autres sites d'intérêt, surtout dans l'optique d'améliorer la visibilité internationale de l'équipe.

Équipe 2 : Géophysique
 Nom du responsable : M. Pierre Dublanquet

THÉMATIQUES DE L'ÉQUIPE

L'équipe GEOPHY oriente ses programmes de recherche, de façon historique sur l'imagerie sismique du sous-sol par des propositions de stratégies innovantes et par leurs validations sur des jeux de données. Les deux grandes thématiques développées sur le période sont basées : 1) sur une approche déterministe pour « l'imagerie quantitative directe » par un opérateur inverse à l'opérateur de propagation et qui permet de pallier la lourdeur du temps de calcul de l'inversion quantitative par l'opérateur adjoint ; 2) sur des méthodes stochastiques pour la « tomographie et incertitude probabiliste ». L'intérêt de l'approche vise à estimer l'incertitude des paramètres du modèle défini en sortie des processus d'inversion. Son inconvénient est lié notamment au temps de calcul lourd. L'équipe a traité ce point par trois propositions : l'efficacité des algorithmes, une stratégie de paramétrisation parcimonieuse et l'utilisation de méta-modèles.

Une troisième thématique, nouvelle dans l'équipe, porte sur le contrôle hydro-mécanique de la sismicité. Ce type d'approche s'inscrit dans la sismologie moderne pour la caractérisation de l'aléa sismique et vise à approcher les lois usuelles définies empiriquement, telle que celle de Gutenberg-Richter, par une compréhension et une modélisation des phénomènes physiques associés à la sismicité et de leurs effets.

Ces trois thématiques s'inscrivent dans les deux axes stratégiques de l'unité : « compréhension et modélisation des processus physiques » et « données - processus ». Cette dernière correspond à un axe en rupture pour l'unité et l'équipe GEOPHY en est un des moteurs essentiels à travers ses compétences sur le champ des problèmes inverses. Elle a pu essaimer ce type d'approche au sein des autres équipes de l'unité, notamment l'équipe GEOSTAT.

PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

Le précédent comité préconisait d'augmenter la production scientifique sous forme de publications et d'animation de la communauté.

On note un accroissement notable des publications scientifiques (multipliées par 2 par rapport à la période précédente : 36 au lieu de 18) et l'investissement dans de plus nombreuses responsabilités éditoriales (positions de coédition ou reviewers) ainsi que l'organisation de workshops internationaux. Un effort reste à faire sur la représentation de l'équipe en congrès.

Il était également suggéré de favoriser les collaborations internes et externes.

L'effort a été mené pour développer de nouvelles collaborations avec des équipes et instituts de recherche nationales et internationales de rayonnement scientifique incontesté tout en maintenant les collaborations existantes. Par exemple, on note les collaborations nationales avec le CEA et l'Inria, Geoazur, EPFL, ENS, IGP, EOST à travers le Corinth Rift Laboratory et internationales avec Tufts University (Boston) ainsi que le maintien de collaborations avec le Brésil (Campinas et Rio Grande). Les collaborations internes actives avec l'équipe GEOSTAT et avec GEOL et GIG à travers le co-encadrement de thèses sont à noter. D'autres sont en gestation et ne se traduisent pas encore par des travaux de recherche concrets. L'ensemble de ces collaborations vont de pair avec une diversification des échelles et des applications ciblées, ouvrant sur d'autres champs que ceux historiques de la prospection pétrolière. Enfin, elles ont permis l'accès à de grands jeux de données réelles de qualité.

Suite à la préconisation de porter une attention particulière au maintien de la masse critique : le nombre d'EC a été stabilisé sur la période.

Et enfin, le précédent comité proposait de réfléchir à une stratégie scientifique sur les moyen et long termes pour la projection des membres, permettant de cibler les collaborations et les profils de recrutement. La réflexion de l'équipe a conduit à une réorientation des applications en les diversifiant vers la géophysique environnementale et à l'ouverture d'une ligne thématique portant sur le champ de la mécanique des failles.

EFFECTIFS DE L'ÉQUIPE : EN PERSONNES PHYSIQUES AU 31/12/2022

Catégories de personnel	Effectifs
Professeurs et assimilés	1
Maîtres de conférences et assimilés	1
Directeurs de recherche et assimilés	1

Chargés de recherche et assimilés	1
Personnels d'appui à la recherche	1
Sous-total personnels permanents en activité	5
Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés	0
Personnels d'appui non permanents	0
Post-doctorants	1
Doctorants	15
Sous-total personnels non permanents en activité	16
Total personnels	21

ÉVALUATION

Appréciation générale sur l'équipe

L'équipe GEOPHY montre sur la période une dynamique de recherche et de collaborations dont le nombre de publications traduit l'efficacité, à la fois dans des axes d'imagerie sur lesquels elle est historiquement génératrice d'outils innovants, que sur la nouvelle thématique qu'elle s'est donnée. Elle a su diversifier les applications visées par ses développements méthodologiques. Le grand nombre de doctorants au cours de la période est également un indicateur du dynamisme mais aussi d'attractivité de l'équipe.

De façon générale, on note une montée en puissance de l'équipe, basée sur des compétences fortes et des approches de pointes qui se traduisent par une augmentation notable des publications (36 pour 18 durant la période précédente), réparties équitablement sur les thématiques identifiées mais de façon plus hétérogène sur les EC, ainsi que sur le développement de collaborations externes.

Points forts et possibilités liées au contexte

L'évolution positive des activités de l'équipe GEOPHY durant la période évaluée, sur le plan de la production scientifique, de l'étendue des collaborations et de l'animation dans la communauté internationale, apparaît comme le fruit de compétences fortes sur le plan scientifique mais aussi d'une organisation réfléchie et menée sous l'angle d'une réflexion stratégique collective. Ainsi, les orientations thématiques sont claires et fructueuses, la capacité d'accueil de doctorants est forte et l'exigence sur le plan des publications est ambitieuse.

Les publications sont réparties de façon relativement égales pour les deux thématiques d'imagerie (respectivement 8 et 7 publications). Un nombre plus important a été réalisé sur la thématique émergente (11 publications) montrant une réelle volonté dans ce sens. Concernant la répartition des publications, le taux est variable allant de 1 à 2,7 / an pour une moyenne de 1,7 généralement dans des revues internationales (par ex. Journal Geophysical Research, Journal Seismology, etc.).

Les différentes actions menées pour répondre aux recommandations de la dernière évaluation ont eu un impact sur le plan scientifique mais aussi du suivi professionnel du personnel : 2 HDR ont été soutenues durant la période évaluée. Huit des 11 doctorants ayant soutenus dans la période ont trouvé un CDI en sortie de thèse, les trois autres ont obtenus un contrat post-doctoral.

On note une attractivité pour les étudiants et un suivi des doctorants vers le monde professionnel, avec un souci d'accompagnement fin sur les plans scientifiques, organisationnels et professionnels.

L'insertion accrue de l'équipe dans le tissu scientifique international se traduit à la fois par une bonne attractivité et un rayonnement de l'équipe à travers le développement des collaborations externes qui ont permis l'accès à de grands jeux de données de qualité. Ainsi, elle a développé des collaborations externes avec des laboratoires de recherche académiques français tels que l'IPGP, ENS, GéoAzur, Istep, mais aussi à l'internationale avec KIT (Karlsruhe), EPFL (Lausanne), Tufts University, Université de Campinas puis Université de Rio Grande UFRN au Brésil.

L'équipe s'inscrit de façon active dans les enjeux et l'économie sociétale à travers ses collaborations avec l'industrie.

Concernant la thématique hydro-mécanique de la sismicité, les collaborations scientifiques avec GéoAzur, qui mène des expérimentations de laboratoire, a permis des interactions sur le plan de l'acquisition de données via des protocoles de mesures réfléchis en fonction de l'expertise théorique. Ce type de synergie, a

permis à l'équipe GEOPHY d'intégrer de façon efficace l'acquisition de données dans sa démarche de validation des développements théoriques et numériques qu'elle mène dans la thématique. Enfin, en interne à l'unité, l'équipe GEOPHY a joué un rôle moteur dans la thématique en rupture nouvellement abordée dans l'unité et à travers des collaborations actives avec l'équipe GEOSTAT. Des coencadrements de thèse avec d'autres équipes internes montrent une velléité fédératrice au sein de l'unité.

Points faibles et risques liés au contexte

Les investissements dans l'animation scientifique internationale sont déséquilibrés au sein de l'équipe et reposent essentiellement sur deux membres qui ont des tâches de directions internes, générant un risque d'essoufflement.

Un déséquilibre existe également sur le taux de publications, laissant envisager une marge de progression à l'échelle de l'équipe.

Sur le plan de la stratégie scientifique, l'ouverture sur la nouvelle thématique recouvre un champ scientifique distinct de l'imagerie sismique. L'effectif de l'équipe étant réduit, le maintien de l'essor des deux thématiques demandera une vigilance stratégique.

Analyse de la trajectoire de l'équipe

La trajectoire de l'équipe GEOPHY vise l'approche de systèmes « sismo-hydro-mécaniques ». Cette thématique permettra de fédérer à la fois les approches d'imageries historiques de l'équipe et la thématique hydro-mécanique récemment développée, mais aussi de continuer à étoffer les collaborations internes avec les autres équipes de recherche. L'aspect fédérateur et collaboratif est pertinent. Cependant, les aspects « imagerie » sont peu décrits dans le projet alors que l'équipe aurait tout à gagner à s'appuyer sur les compétences historiques de l'équipe dans le domaine tout en maintenant des développements adaptés et valorisables de ces approches, ces derniers dépendant de l'évolution des cibles recherchées.

Dans sa trajectoire, l'équipe indique également ses implications dans le projet de l'unité à développer une approche collective sur un site local à Fontainebleau. Cette proposition évoque des mesures géo-radar mais reste peu détaillée. La maturation d'un questionnement sur les orientations et implications de l'équipe de façon plus précise sur ce sujet permettrait à l'équipe de s'associer aux aspects fédérateurs de l'approche à travers des actions potentiellement valorisables sur le plan de la recherche.

RECOMMANDATIONS À L'ÉQUIPE

Pour maintenir son développement dynamique et l'équilibre dans la répartition des effectifs, en lien avec la progression des effectifs HDR et de possible départ à la retraite, l'équipe GEOPHY devra réfléchir à l'accueil de nouveaux C et EC ou à l'association stratégique avec d'autres équipes de l'unité.

L'équipe GEOPHY pourrait équilibrer les actions d'animation scientifique et de publication sur l'ensemble des EC de l'équipe, dans le but de continuer à les faire progresser.

En parallèle de sa trajectoire vers la thématique sismo-hydro-mécanique et les aspects fédérateurs de cette approche, l'équipe GEOPHY sera vigilante à poursuivre une stratégie de recherche en imagerie basée sur ses compétences historiques et valorisable dans le domaine.

Dans l'objectif de diversification des applications vers les questions environnementales, l'équipe gagnerait à mener une réflexion sur une stratégie d'équipe pour accéder à des données expérimentales sur sites cadrés ou contrôlés et avec des protocoles de mesures pour lesquels son expertise théorique et numérique peut être mise à contribution, en fonction de ses objectifs d'imagerie.

Le co-encadrement de thèse avec d'autres équipes pourrait être davantage développé.

Équipe 3 : Systèmes Hydrologiques et Réservoirs

Nom du responsable : M. Nicolas Flipo

THÉMATIQUES DE L'ÉQUIPE

Les thématiques de recherche de l'équipe SHR s'inscrivent dans l'étude de la zone critique, et plus particulièrement sur les eaux de surface et les nappes souterraines, et sont déclinées selon trois thèmes : le bilan eau-énergie-matière à l'échelle du bassin de la Seine, les transferts dans la zone critique, et le métabolisme des eaux de surface. Le développement et la mise en œuvre de modèles reposant sur des méthodologies innovantes ont été appliqués à la modélisation des flux d'eau à l'échelle du bassin de la Seine, avec des applications concrètes dans la gestion des ressources ou des risques. Des couplages ont pu être effectués avec d'autres modèles sur les transferts de chaleur entre surface et souterrain, permettant pour la première fois à cette échelle, d'établir des bilans énergétiques incluant les eaux de surface et l'atmosphère. L'équipe contribue aussi à des développements instrumentaux de terrain, avec le projet Molonari mini (MOnitoring LOcal des échanges NAppe-Rivière) ou d'outils, comme l'utilisation d'isotopes stables comme traceurs. Ces méthodes et ces approches originales (inversion bayésienne, couplage inversion de données sismiques et hydrothermiques) ont permis des avancées dans l'étude des flux de chaleur en particulier à l'interface nappe-rivière, ou dans l'étude des transferts et de stockages dans un bassin versant karstifié. Enfin, l'évaluation du métabolisme des eaux de la Seine, abordée au travers du modèle ProSe-PA, porte sur l'impact du système d'assainissement sur la ressource en eau, avec l'assimilation des données de l'oxygène dissout à l'échelle de l'agglomération parisienne.

PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

La démographie de l'équipe, et le recentrage des thématiques ont permis une nette amélioration du taux de publications, dont la disparité avait été soulignée lors de la dernière évaluation. La montée en puissance des jeunes recrues contribue à cette tendance positive.

Enfin, la recommandation de plus participer aux enseignements de l'école a été prise en compte, en particulier en s'appuyant des travaux autour du projet instrumental d'observation avec les capteurs Molonari.

EFFECTIFS DE L'ÉQUIPE : EN PERSONNES PHYSIQUES AU 31/12/2022

Catégories de personnel	Effectifs
Professeurs et assimilés	0
Maîtres de conférences et assimilés	0
Directeurs de recherche et assimilés	2
Chargés de recherche et assimilés	2
Personnels d'appui à la recherche	1
Sous-total personnels permanents en activité	5
Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés	0
Personnels d'appui non permanents	0
Post-doctorants	0
Doctorants	4
Sous-total personnels non permanents en activité	4
Total personnels	9

ÉVALUATION

Appréciation générale sur l'équipe

Si l'équipe SHR a vu ses effectifs diminuer au cours de la période, elle a su rester dynamique en effectuant un recentrage très pertinent de ses thématiques de recherche, avec le développement et la mise en œuvre de plusieurs modèles et logiciels (modèle de Prédiction qualité de la Seine, ProSe, le logiciel Ginette, ou le modèle Catchment Water Quality Simulator, CaWaQS) qui ont été appliqués à des problématiques de gestion ou de suivi des ressources en eau, et des interactions aux interfaces nappes/rivières ou eaux de surface/atmosphère. L'équipe a su développer de nouvelles approches et des développements méthodologiques qui pourront être une base solide pour les futurs travaux, et plus généralement pour la communauté. Ces travaux ont donné lieu à une valorisation notable sous forme de publications (autour de 2 articles/an/personne), ou avec la mise à disposition de données (par ex. sur la plateforme des communautés professionnelles de l'état Osmose). Il faut également souligner l'excellente dynamique autour du projet de développement d'instrumentation Molonari, qui lui permet de contribuer à une infrastructure nationale (Terra Forma), d'être impliquée dans l'enseignement de l'école, de répondre à ses thématiques scientifiques et de poursuivre une activité de développement instrumental. Enfin, le positionnement de plusieurs membres de l'équipe au sein du Piren Seine est remarquable, avec la direction de ce dispositif, et aussi dans les axes et les différents blocs du Piren Seine. Cela a constitué un élément de structuration et d'interactions constructives entre les membres de l'équipe et concoure positivement à son identité, à son attractivité et à son rayonnement national. Si l'équipe peut être félicitée pour cette stratégie efficace et pertinente, elle a conscience des limites de ce cadre, en particulier avec l'arrêt de la charge de la direction du Piren Seine, ou de son caractère régional.

Ces différents éléments et l'implication des agents dans de nombreux projets font que l'équipe est un expert régional avéré sur le bassin de la Seine. L'équipe reste attentive à dépasser ce cadre régional en contribuant à des programmes nationaux ou internationaux, comme le montrent ses efforts pour intégrer le PEPR One Water (Programmes et équipements prioritaires de recherche One Water) ou la réponse à l'AAP DFG (Deutsche Forschungsgemeinschaft)-ANR, ou dans ses implications dans le réseau Ozcar.

Points forts et possibilités liées au contexte

Le point de fort de cette équipe est son implication majeure et son positionnement remarquable dans le Piren Seine, dans la zone atelier, ZA Seine, ou encore au sein des infrastructures de recherche Ozcar et Terra Forma. Les activités scientifiques menées ainsi que les résultats obtenus sont des critères avérés d'attractivité et de rayonnement scientifique ; l'équipe étant reconnue comme un expert national du bassin de Paris, autant pour des aspects observation, que pour les modèles développés et mis en œuvre. La co-animation du thème « données » de l'infrastructure e-LTER (International Long Term Ecological Research Network), ou les quelques invitations à des séminaires de laboratoires étrangers sont des indicateurs intéressants d'une attractivité internationale qui peut être améliorée. Le taux de publications est en progrès (2 articles/an/personne) dans des revues en général internationales (par ex. Water Research).

Les membres de l'équipe sont également impliqués dans des activités d'animation ou en responsabilité de tout ou une partie de ces dispositifs, comme la direction du Piren Seine portée par le responsable de l'équipe SHR entre 2015 et 2023. Ce sont des facteurs de valorisation et de rayonnement indéniables.

Les modèles numériques développés, mis en œuvre et mis à disposition par l'équipe sont un point fort, aussi bien pour améliorer la compréhension du fonctionnement global du bassin versant de Paris sur les échanges nappe-rivière par exemple, mais aussi comme aide à la décision pour les gestionnaires de ces ressources soumises à de fortes contraintes environnementales. La politique de déploiement et de mise à disposition des outils numériques dans le cadre de licences ouvertes est une stratégie qui apparaît payante et offre une réelle visibilité à l'équipe.

Enfin, le développement des outils d'observation, capteurs Molonari et mini-Molonari est un point fort de l'équipe, qui a su s'intégrer au travers de Terra Forma, à la dynamique nationale autour du développement de capteurs innovants et bas prix pour l'observation environnementale, tout en contribuant à l'acquisition de données importantes pour le modèle CaWaQS, et plus particulièrement sur les transferts de chaleur entre les différentes masses d'eau. Cet axe présente une articulation exemplaire avec des activités d'enseignement autour de ce projet.

Les interactions avec le monde socio-économique se font au travers d'une stratégie de mise à disposition des outils en les passant sous licence ouverte, et par la mise à disposition de données sur des plateformes comme celle des services publics Osmose. L'équipe a aussi obtenu quatre bourses CIFRE durant la période, démontrant sa capacité à répondre à des besoins du monde économique, tout en maintenant un travail académique conséquent.

Points faibles et risques liés au contexte

Comme d'autres équipes du Centre de géosciences, la petite taille de l'équipe est un point faible. Les activités d'observation sur le terrain, les analyses, ou encore le développement des outils et leur mise à disposition sont des activités coûteuses en ressources humaines, et qui doivent être maintenues sur la durée compte tenu des objectifs et des thématiques scientifiques de l'équipe SHR. Il apparaît clairement que les membres de l'équipe sont déjà fortement impliqués sur ces différentes tâches, contribuant à des activités qui devraient en partie être prises en charge par des PAR. Les perspectives de recrutement étant très contraintes au niveau de l'unité et de sa tutelle, il y a là un point de vigilance sur les moyen et long termes.

La recherche de financement imposée par le modèle économique de la tutelle peut être un frein pour l'équipe car les champs scientifiques de SHR, qui rentrent tout à fait dans les grands défis sociétaux actuels, ne sont pas portés majoritairement par des soutiens financiers de partenaires industriels, mais plutôt par des agences publiques ou des partenaires institutionnels dont les supports ne permettent pas toujours de dégager la marge indispensable au fonctionnement de l'équipe.

Analyse de la trajectoire de l'équipe

La trajectoire de l'équipe est à l'image de ses activités au cours de la période évaluée : dense, ambitieuse, et pertinente. Elle s'articule autour de deux objectifs globaux, le développement d'approches méthodologiques pour mieux quantifier le nexus eau-énergie-alimentation d'un grand bassin versant, et l'autre autour du transfert des outils numériques développés et des résultats de modélisation obtenus par l'équipe SHR.

Ces deux objectifs, qui reposent d'une part sur une continuité des actions actuelles, et sur des pistes nouvelles ou en progression dans l'équipe (par exemple les travaux sur le cycle du carbone, ou l'intérêt sur des grands jeux de données de télédétection, ou encore l'utilisation de l'intelligence artificielle pour diminuer les efforts de simulation), sont très bien détaillés par l'équipe, avec une déclinaison en sous objectifs. Certains de ces axes permettront sans aucun doute une interaction avec d'autres équipes du centre, et apporteront également une contribution aux projets du centre, « données-processus » et site propre expérimental.

Cependant, cette trajectoire apparaît peut-être trop ambitieuse, avec de nombreuses ouvertures souhaitées, et qui nécessiteront des moyens, en particulier humains qui ne sont pour le moment qu'au stade de la demande. Cela ne remet pas en cause la qualité et le contenu des projets scientifiques envisagés, mais leur faisabilité. Au-delà des projets déjà engagés, au travers des thèses ou du projet Carbonium par exemple, l'équipe doit prendre le temps de peser les risques associés et de bien anticiper les moyens à mobiliser. Même si l'intention est compréhensible, peut-être devrait-elle se focaliser à encore mieux faire rayonner ces travaux actuels avant d'envisager d'élargir ses champs d'étude (données télédétection, éléments nutritif, milieux forestiers, développement de capteurs pour le suivi des gaz dissouts O₂, CO₂ et CH₄).

Si les demandes RH exprimées par l'équipe SHR sont bien dimensionnées et qualitativement pertinentes avec la trajectoire, il s'agit de s'assurer d'avoir une réelle visibilité sur ces moyens RH avant de se lancer dans des actions qui pourraient nuire au cœur des activités de l'équipe, qui sont déjà importantes. Cette relative prudence ne remettrait pas en cause le positionnement de l'équipe au sein du Piren Seine par exemple, ni dans sa capacité à maintenir une offre de logiciels aussi bien en direction du monde académique que du domaine industriel.

RECOMMANDATIONS À L'ÉQUIPE

L'équipe doit être vigilante à préserver un équilibre entre ses différentes activités terrain-outil-observation-analyses-modèle qui imposent des actions sur le long terme avec des moyens RH limités. La faisabilité des actions en cours ainsi que celles qui pourraient être développées, doit être bien réfléchi. L'exemple de Terra Forma qui a permis l'accès à des ressources partagées avec d'autres laboratoires, est une démarche qui doit être envisagée pour les autres activités portées par l'équipe. Compte tenu de la grande qualité des travaux menés, des outils d'observation développés, ou de l'expertise des outils numériques de l'équipe, il ne fait aucun doute qu'elle pourra trouver des synergies possibles avec d'autres unités en France ou au-delà, pour soutenir ses activités sur le long terme.

L'équipe doit poursuivre ses tentatives pour mieux contribuer aux PEPR One Water ou FairCarbon, ou aux AAP de l'ANR. De manière plus globale, l'équipe aurait peut-être à gagner à explorer les différents dispositifs d'observation existants comme les Services nationaux d'observation, SNO du domaine Surfaces et interfaces continentales, SIC de l'INSU, voire à étudier la possibilité de développer un code communautaire pour ses outils.

L'équipe SHR doit poursuivre une indispensable amélioration de son rayonnement international. Fort de son ancrage et de ses expertises régionales, elle doit maintenant être plus visible au-delà du Bassin parisien, et l'implication dans un éventuel site de l'infrastructure e-LTER est une opportunité qui devra être envisagée.

Équipe 4 : Hydrodynamique et Réactions

Nom du responsable : Mme Irina Sin

THÉMATIQUES DE L'ÉQUIPE

L'activité centrale de l'équipe HR vise à comprendre, quantifier et modéliser les phénomènes couplés physico-chimiques. Elle s'appuie sur le développement de deux codes : CHESS (Chemical Equilibrium of Species and Surfaces) pour la spéciation et HYTEC pour le transport réactif. Les applications principales de ces codes sont le stockage des déchets radioactifs et la lixiviation in situ de l'uranium (ISR). L'équipe développe aussi une approche du transport multiphasique depuis plus de 10 ans avec des applications au stockage de gaz et plus particulièrement de CO₂.

PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

Le précédent rapport identifiait plusieurs pistes de progrès et notamment des améliorations à envisager sur la visibilité de l'unité

On peut en effet penser que compte tenu de la qualité des travaux scientifiques engagés au sein de l'équipe HR, elle puisse jouir d'une grande reconnaissance internationale. Des progrès ont été réalisés notamment au travers de l'intégration dans des réseaux scientifiques mais, compte tenu du rôle central de cette équipe, il semblerait qu'il puisse encore être améliorés.

Il était également suggéré de repenser l'animation d'équipe

Au même titre que ce qui a été mis en place au niveau de l'unité, le renouveau de l'animation (ici le changement de responsable d'équipe) ainsi que l'intégration attentive de nouveaux C et EC semble contribuer à une animation plus efficace et ouverte que ce qui avait été relevé lors de la précédente évaluation. Ceci doit être mis au crédit de la nouvelle direction.

Des améliorations devaient être également envisager pour l'équilibre entre modélisateurs et expérimentateurs.

L'équipe n'est pas dotée d'expérimentateurs et c'est donc une recommandation qui pouvait difficilement être suivie.

Et enfin, il était conseillé de centrer les priorités et interfacier les outils avec les industriels

Très clairement l'équipe cherche à se centrer sur son cœur de compétence (développement d'un code de simulation) et entend préserver ce positionnement qui lui permet d'assurer un vrai rayonnement tant au niveau académique que vis-à-vis des industriels intéressés.

EFFECTIFS DE L'ÉQUIPE : EN PERSONNES PHYSIQUES AU 31/12/2022

Catégories de personnel	Effectifs
Professeurs et assimilés	1
Maîtres de conférences et assimilés	0
Directeurs de recherche et assimilés	2
Chargés de recherche et assimilés	4
Personnels d'appui à la recherche	0
Sous-total personnels permanents en activité	7
Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés	0
Personnels d'appui non permanents	0
Post-doctorants	2
Doctorants	3
Sous-total personnels non permanents en activité	5
Total personnels	12

ÉVALUATION

Appréciation générale sur l'équipe

L'équipe HR a poursuivi sa très forte implication dans le transport réactif multiphasique, thématique identifiée comme axe porteur lors de la précédente évaluation. Cela permet à l'équipe de disposer d'une bonne visibilité internationale.

La production scientifique est appréciable (en moyenne 1,7 pub/an/personne) et se fixe l'objectif d'augmenter le nombre de publications en valorisant les nouvelles fonctionnalités d'HYTEC.

Avec le passage de 4 à 7 C et EC au cours de la période évaluée (auxquels s'ajoutent 2 chercheurs industriels associés en 2022), l'équipe est sur une phase de croissance intéressante qu'il faudra attentivement gérer.

Points forts et possibilités liées au contexte

C'est le code HYTEC qui porte la reconnaissance de l'équipe et l'essentiel de l'activité est axée sur son développement. Les fonctionnalités additionnelles portant sur la capacité à réaliser des couplages complets, la représentation de la distribution hétérogène des gaz ou la quantification de la consommation d'eau liée aux réactions sont autant d'éléments originaux et pertinents qui ajoutent des possibilités d'utilisation du code sur des systèmes complexes.

La nécessité de nombreux projets touchant à l'exploitation et aux usages du sous-sol de disposer de moyens d'évaluation des processus complexes associés à ces usages offre des opportunités renouvelées pour l'équipe HR, il est important qu'au niveau national et international, elle puisse s'en saisir.

Cette stratégie de développement apparaît très attractive, notamment pour les doctorants (12 thèses sur la période), et se traduit par la publication de 14 articles de rang A dans des revues internationales (par ex. Mathematics and Computers in Simulation) au cours de la période dont un excellent article de synthèse sur le transport réactif multiphasique et multicomposant (Mineral. Soc. America).

La présence de l'équipe dans des projets européens est très satisfaisante et ses relations avec l'industrie permettent de disposer de financements importants (700 à 900 k€ de contrats par an). Il est sur ce point essentiel que l'équipe continue activement à participer à des exercices d'analyses comparatives.

Points faibles et risques liés au contexte

La charge contractuelle pesant sur l'équipe est importante et elle pourrait éventuellement nuire au ressourcement en continu des C et EC. Il faudra sans doute continuer à veiller à un bon équilibre entre autonomie financière et capacité à conduire des recherches partenariales de haute qualité.

Les applications de HYTEC restent très orientées sur l'amont (*in situ recovery* ISR, Orano) et aval (stockage ; Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire, IRSN ; Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives, CEA) du cycle nucléaire et cela peut apparaître comme un risque.

Comme la plupart des équipes de du Centre de géosciences, HR publie peu avec les autres équipes (2/14), ce qui est de toute évidence une faiblesse. Il existe des domaines d'interface très intéressants à développer avec les équipes GEOPHY, SHR, GEOSTAT et CIG notamment qui pourraient permettre de traiter des couplages supplémentaires et répondre à des exigences nouvelles (industrie et académique).

Analyse de la trajectoire de l'équipe

La trajectoire proposée par l'équipe s'articule autour de trois grands chantiers.

- Transition numérique : ce premier chantier s'inscrit dans l'idée de mettre en place un support informatique au sein de l'unité. Il bénéficiera par ailleurs du soutien du centre de recherche en informatique de l'école. Cela paraît être une activité incontournable pour assurer le développement du code et son utilisation dans de nouveaux domaines.

- Thématique données-processus : c'est le chantier central de l'équipe avec l'objectif d'accélérer les calculs, de réduire les imprécisions et d'avoir accès à des systèmes chimiques plus complexes (spéciation). Cela apparaît également pertinent mais il aurait été intéressant de disposer de quelques exemples sur lesquels les progrès envisagés permettraient d'obtenir une amélioration significative des résultats.

- Transition énergétique : l'essentiel se concentre sur les stockages et les couplages multiphasique multicomposants gazeux. Ici également les efforts à consentir sont importants mais indispensables pour maintenir le statut du code et de l'équipe sur la scène internationale. La prise en compte de complexités

phénoménologiques (interfaces multiples, couplages, Température-temps) apparaît nécessaire pour répondre aux attentes de l'industrie notamment sur les aspects liés au stockage en couches géologiques (gaz, H₂, CO₂, déchets).

- Un point particulier est consacré au couplage mécanique-transport réactif : cela fait clairement partie des progrès attendus notamment au regard de la performance des matériaux ouvragés en conditions géologiques et sur le long terme. C'est un domaine en plein essor mais qui ne trouve pas encore de solution pleinement satisfaisante.

Enfin, on voit mal comment l'activité de l'équipe s'inscrit dans la thématique de projet Forêt de Fontainebleau.

RECOMMANDATIONS À L'ÉQUIPE

Le comité recommande de poursuivre et intensifier les travaux en consortium Pôle Géochimie Transport (PGT) et à participer aux exercices d'analyses comparatives internationaux. Elle recommande aussi de poursuivre la diversification des applications de HYTEC vers des champs de R&D liés à la transition énergétique. En ce sens, l'animation plus directe de groupes d'utilisateurs académiques et industriels autour de HYTEC, allant encore plus loin que ce qui est réalisé au sein du consortium PGT pourrait constituer une force supplémentaire. Il faut que l'équipe évalue la possibilité d'établir des partenariats sur le long terme avec des équipes orientées sur l'expérimentation. Il serait important que l'équipe bénéficie de la relance de certains programmes de R&D autour des ressources en métaux rares, du stockage des gaz, de l'énergie et du CO₂ pour diversifier les applications des codes. Disposer de liens partenariaux forts et durables avec d'autres industriels constituerait un élément de robustesse important. Il semble que l'équipe a enclenché cette diversification tout en conservant des liens forts avec ses partenaires historiques (Orano notamment).

Enfin, le comité recommande d'organiser autour des trois chantiers des interactions plus visibles en interne, pour optimiser son intégration dans l'unité.

Équipe 5 : Géologie de l'Ingénieur et Géomécanique

Nom du responsable : M. Laurent Gerbaud

THÉMATIQUES DE L'ÉQUIPE

Les thématiques de recherche de l'équipe GIG portent sur l'usage et l'exploitation du sous-sol. Elles se déclinent suivant trois axes : comportement des géomatériaux sous sollicitations multi-physiques, interactions structures/géomatériaux et modélisation des ouvrages souterrains.

PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

Le précédent rapport préconisait d'accroître les activités de publication et la visibilité internationale. On notera un effort de publication réalisé par l'équipe. Cependant le taux de publication dans les revues internationales de rang A reste assez faible (0,7/an/EC) et déséquilibré entre les C et EC.

Il était également suggéré de développer les coopérations internationales. L'équipe a obtenu le projet européen H2020, Orchyd, et l'ITN Smile (International training network) qui démarre en 2023 devraient permettre à l'équipe d'accueillir des doctorants internationaux. L'activité forages a permis aussi le développement de partenariats industriels internationaux.

Le précédent comité conseillait de réorienter des activités de recherche. L'équipe a poursuivi des activités de recherche sur les thématiques de référence où son expertise est bien établie tout en élargissant les champs d'investigation notamment pour le stockage souterrain d'énergie et la géothermie.

EFFECTIFS DE L'ÉQUIPE : EN PERSONNES PHYSIQUES AU 31/12/2022

Catégories de personnel	Effectifs
Professeurs et assimilés	1
Maîtres de conférences et assimilés	2
Directeurs de recherche et assimilés	2
Chargés de recherche et assimilés	3
Personnels d'appui à la recherche	1
Sous-total personnels permanents en activité	9
Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés	2
Personnels d'appui non permanents	0
Post-doctorants	1
Doctorants	5
Sous-total personnels non permanents en activité	8
Total personnels	17

ÉVALUATION

Appréciation générale sur l'équipe

L'équipe GIG est bien positionnée sur des thématiques de recherche pertinentes pour l'usage et l'exploitation du sous-sol. Ses activités de recherche et son projet sont en cohérence avec le projet scientifique de l'unité et les besoins sociétaux d'exploitation des ressources pour la transition énergétique. Sa visibilité internationale s'est accrue avec notamment la coordination d'un projet européen H2020. Sa

production scientifique est quantitativement assez faible mais de haute qualité avec des publications dans les journaux de référence du domaine. On mentionnera aussi l'obtention du prix de thèse Pierre Londe obtenue par une doctorante en 2020. Les nombreux partenariats industriels démontrent la pertinence de ses recherches et sa visibilité dans le monde de l'entreprise. L'équipe a su développer des liens pérennes avec les entreprises et contribue dans une large part aux ressources propres du laboratoire. Avec une activité contractuelle en moyenne de 1,4 M€ par an, l'équipe contribue à près de 50 % des ressources propres de l'unité. Ses thèmes de recherche couvrent un large spectre, depuis des travaux amonts sur le comportement des roches jusqu'aux applications industrielles notamment pour l'amélioration des techniques de forages profonds. Les recherches menées dans l'équipe s'appuient, d'une part, sur des dispositifs expérimentaux innovants et, d'autre part, sur le développement de codes de calculs pour la modélisation numérique de processus couplés. L'équipe doit cependant veiller au maintien et au renouvellement des compétences alors que des départs à la retraite sont prévus dans les cinq prochaines années. Les projets expérimentaux ambitieux nécessitent un renforcement notable de l'équipe technique.

Points forts et possibilités liées au contexte

L'équipe a un bon positionnement scientifique pour répondre aux défis de la transition énergétique. Son expertise scientifique et technique lui permet de nouer des partenariats suivis avec des acteurs industriels majeurs et également de coordonner des programmes européens ambitieux. Pour cela, les plateformes expérimentales de pointe en mécanique des roches sont un atout important. La forte activité contractuelle permet de financer la recherche de l'équipe avec une certaine autonomie, mais avec les risques inhérents. La production scientifique est de haute qualité avec des publications dans des revues internationales qui font référence dans le domaine (Rock Mechanics and Rock Engineering, International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences). De plus, un membre de l'équipe a participé à l'organisation de manifestations internationales et a rejoint le comité éditorial du journal *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences* qui est un journal majeur en mécanique des roches.

Points faibles et risques liés au contexte

Le taux de publication est assez faible (0,7/an/personne) et déséquilibré entre chercheurs. Les nouveaux projets, notamment dans le cadre du programme H2020 et de nouveaux projets financés par l'ANR devraient contribuer à augmenter l'activité de publication de l'équipe.

L'équipe comporte un nombre assez faible d'HDR, ce qui limite les capacités d'encadrement de doctorants. Les interactions avec les autres équipes de l'unité sont actuellement faibles (peu de publications ou d'encadrement de thèses en commun).

Les futurs départs à la retraite représentent un risque avéré de perte de compétences.

Analyse de la trajectoire de l'équipe

La trajectoire scientifique exposée est pertinente et ambitieuse. Les thèmes de recherche entrent pleinement dans les thématiques et les champs d'application affichés par l'unité. Sa mise en œuvre nécessitera l'élargissement des compétences de l'équipe notamment en caractérisation microstructurale et en intelligence artificielle ainsi que l'accès à des outils avancés d'imagerie.

L'équipe aurait intérêt à développer des synergies plus fortes avec d'autres équipes comme GEOPHY, GEOSTAT et GEOL afin de mettre en commun des ressources et des compétences. Les thématiques de recherche de son projet scientifique justifieraient la mise en place d'actions de recherche transverses avec d'autres équipes.

RECOMMANDATIONS À L'ÉQUIPE

Les compétences de l'équipe en géomécanique pour la transition énergétique doivent permettre de poursuivre et renforcer les partenariats avec les acteurs industriels majeurs du domaine en particulier dans le domaine de la géothermie de surface et du stockage en souterrain.

Le comité recommande d'augmenter le nombre d'HDR dans l'équipe, ce qui doit permettre d'améliorer les capacités d'encadrement de doctorants et de dynamiser les thématiques scientifiques.

Le comité recommande de renforcer les coopérations internes au sein l'unité et à l'extérieur tant à l'échelle nationale qu'internationale.

La visibilité de l'équipe pourra s'élargir par une dynamique de valorisation et de publications plus ambitieuses en termes de taux de publications.

L'équipe doit s'interroger sur ses besoins de recrutement et de collaborations internes et externes pour mettre en œuvre son projet scientifique, en particulier dans le domaine de la donnée et de l'apprentissage automatique.

Enfin, le comité recommande de réfléchir à une stratégie de recrutement de chercheurs pour faire face aux prochains départs à la retraite.

Équipe 6 : Géostatistique

Nom du responsable : M. Nicolas Desassis

THÉMATIQUES DE L'ÉQUIPE

L'équipe GEOSTAT travaille sur trois thématiques interconnectées : le développement méthodologique, le développement logiciel (gstlearn (Geostatistics & Machine Learning) et Flummy™), et leurs applications. Pour cela, l'équipe se repose sur une modélisation probabiliste traditionnelle en statistique spatiale, une plus novatrice mêlant codes numériques issus de la physique et statistique, et plus récemment, l'apprentissage statistique (réseaux de neurones principalement). Les applications des méthodes développées portent historiquement sur le domaine minier et pétrolier mais une diversification a été engagée sur des thématiques environnementales notamment (risque encouru par les assurances).

PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

Le précédent rapport insistait sur la nécessité que l'équipe s'implique plus encore dans la recherche fondamentale et en diminuant le volume des articles applicatifs. Peu d'efforts semblent avoir été fait en ce sens. C'est un point à surveiller mais un recrutement récent pourrait permettre de rééquilibrer la balance entre théorie et application.

Le rapport précédent incitait également l'équipe à poursuivre ses partenariats avec le milieu non académique. Cette recommandation semble avoir été prise en compte avec le renouvellement des applications, p. ex., en modélisation des extrêmes environnementaux et avec une collaboration avec la Gendarmerie nationale notamment.

Le précédent rapport incitait à renforcer le renouvellement des générations et aider les jeunes chercheurs à se construire une renommée. Hormis un récent recrutement junior, ce renouvellement n'a pas eu lieu, alors que des départs à la retraite ont eu lieu sans être compensés par le recrutement de jeunes C ou EC.

Le rapport précédent incitait l'équipe à diversifier ses domaines d'applications et ce point a été totalement pris en compte. Le rapport indiquait que l'approche par SPDE (stochastic partial derivative equation) était prometteuse mais il n'est pas clair de voir quels ont été les avancements réalisés entre les deux évaluations. Le rapport soulignait également le manque de clarté sur le thème Machine Learning. C'est toujours le cas et cette thématique ne semble pas encore avoir émergé totalement mais des progrès substantiels ont été faits et devraient aboutir à des résultats solides.

EFFECTIFS DE L'ÉQUIPE : EN PERSONNES PHYSIQUES AU 31/12/2022

Catégories de personnel	Effectifs
Professeurs et assimilés	0
Maîtres de conférences et assimilés	1
Directeurs de recherche et assimilés	1
Chargés de recherche et assimilés	4
Personnels d'appui à la recherche	3
Sous-total personnels permanents en activité	9
Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés	0
Personnels d'appui non permanents	0
Post-doctorants	0
Doctorants	6
Sous-total personnels non permanents en activité	6

Total personnels	15
------------------	----

ÉVALUATION

Appréciation générale sur l'équipe

L'équipe GEOSTAT est reconnue pour ses travaux liés à la géostatistique, tant sur les points méthodologiques qu'applicatif. Dernièrement, elle a élargi ses compétences en travaillant sur les SPDE et l'apprentissage automatique sans toutefois délaissier ses interactions avec le monde industriel. De plus, l'équipe développe son propre logiciel ce qui contribue à renforcer ses liens avec le monde industriel. La production scientifique est appréciable (en moyenne 1,5 pub/an/personne) dans des revues de premier plan. Il est à souligner que tous les membres de l'équipe participent à part égale aux publications. L'équipe a subi un nombre important de départs à la retraite dernièrement (plus un à venir prochainement), cela menace la taille de l'équipe, son dynamisme mais aussi son attractivité quant aux possibles recrutements futurs. C'est un point qu'il faudra gérer avec précaution. Enfin, l'équipe est la seule à collaborer avec toutes les autres équipes de l'unité et joue ainsi un rôle central au sein de l'unité.

Points forts et possibilités liées au contexte

L'équipe bénéficie d'une renommée internationale pour ses développements théoriques autour de la statistique spatiale depuis les années cinquante et soixante. D'un point de vue plus opérationnel et industriel, ses logiciels `gstlearn` et `Flumy™` assurent une visibilité au sein du secteur privé et facilitent grandement les partenariats avec des entreprises. Les développements méthodologiques récents sont très bons et certains membres de l'équipe (dont certains sont émérites) ont dans ce domaine une expertise reconnue internationalement. La chaire Geolearning vient également consolider la visibilité de l'équipe sur le plan national notamment en facilitant les collaborations avec l'unité BioSP de l'INRAE d'Avignon. La production scientifique de cette équipe est en moyenne de 1,5 publications/an/EC dans des revues internationales (par ex. *Journal of data science*, *Hydrology and Earth System Sciences*, etc.).

Points faibles et risques liés au contexte

Le nombre conséquent de départs récents à la retraite (auquel un nouveau départ à venir s'ajoutera dans un futur proche), menace la taille de l'équipe qui pourrait devenir critique. Son dynamisme et son attractivité pour les recrutements futurs en sont menacés.

L'arrêt de la collaboration avec la PME Geovariances pourrait poser des problèmes pour la mise en production des futurs codes produits.

Si la volonté de diffuser le code sur les langages populaires en statistique (R et Python), la concurrence (au moins sur le langage R) est féroce puisque de nombreux packages sont déjà présents depuis plus d'une décennie et largement utilisés par la communauté académique mais aussi par le secteur privé.

Comme mentionné plus haut, l'équipe collabore avec toutes les équipes de l'unité et apporte un réel plus à ces dernières. Il ne faudrait pas que cela se fasse au détriment des travaux théoriques, ou au minimum appliqués, contribuant aux mathématiques appliquées.

L'ouverture vers de nouvelles thématiques en statistique spatiale (p. ex., valeurs extrêmes) est une bonne initiative mais nécessitera des partenariats extérieurs à l'unité puisque l'expertise en extrêmes semble limitée localement.

Analyse de la trajectoire de l'équipe

Les perspectives proposées par l'équipe GEOSTAT s'articulent autour de deux grands chantiers : approches SPDE et par modèles génératifs. La première approche est extrêmement compétitive puisque des équipes travaillent sur cette thématique depuis plusieurs années déjà. Aussi, il n'est pas évident de comprendre la trajectoire visée par l'équipe sur les SPDE. L'approche par modèles génératifs, c'est-à-dire par réseaux adverses, est clairement plus novatrice et demande un effort à long terme afin de monter en compétence sur ce domaine (les GAN, qui sont une généralisation de certains modèles géostatistiques classiques, une fois ceux-ci discrétisés, étant loin d'être faciles à manipuler). L'équipe amorce un virage radical en s'éloignant sur certaines approches de la géostatistique classique basée sur des modèles probabilistes pour coupler modèles physiques et apprentissage statistique. C'est un changement de cap audacieux, et ce d'autant plus de la réputation en géostatistique que s'est construite l'équipe sur maintenant plus de 50 ans. Ce virage peut être

bénéfique en renforçant les interactions avec les autres équipes mais présente néanmoins le risque de perdre en visibilité internationale, ainsi qu'un risque de dispersion scientifique pouvant limiter l'impact de l'équipe au sein de la communauté des mathématiques appliquées.

RECOMMANDATIONS À L'ÉQUIPE

Le comité recommande de poursuivre l'effort de recrutement et le renouvellement des générations pour éviter la diminution drastique de la taille de l'équipe. C'est un point à surveiller, et ce, d'autant plus que l'équipe collabore avec toutes les autres équipes de l'unité et pourrait avoir une charge de travail trop importante. Il conseille de rendre l'équipe plus visible dans le monde académique, notamment au sein de la communauté des mathématiques appliquées, grâce aux codes développés, en prenant soin de mettre en valeur leur originalité pour se démarquer de la concurrence sévère de codes ouverts déjà bien établis dans ce domaine. L'équipe doit publier ses travaux fondamentaux en veillant à garder un bon équilibre entre publications interdisciplinaires et mathématiques appliquées. Le comité recommande de développer de nouveaux partenariats pérennes sur les nouvelles thématiques de l'équipe, en particulier la thématique des événements « extrêmes ». Enfin, le comité recommande d'envisager une possible fusion avec une autre équipe de l'unité puisque le ratio nombre de C/EC par nombre d'équipes contraste beaucoup avec la majorité des structures actuelles de type UMR.

DÉROULEMENT DES ENTRETIENS

DATES

Début : 16 octobre 2023 à 18h00

Fin : 18 octobre 2023 à 16h00

Entretiens réalisés : en présentiel

PROGRAMME DES ENTRETIENS

Programme des entretiens HCERES – Géosciences Mines - 17 et 18 octobre 2023

Lundi 16 octobre

20h : Diner réunion de travail (membres du comité et conseillère scientifique Hcéres, CS)

Jour 1, Mardi 17 octobre

Séance plénière [Couperin, Bât P, 3.02]

Présence : membres du comité, CS Hcéres, représentants des tutelles, direction de l'unité, responsables des équipes, ouvert au personnel de l'unité

8h30 - 8h50 Accueil du comité et des participants

8h50 - 9h00 Introduction de la visite par la CS Hcéres (Sylvie Bourquin)

9h00 - 10h45 Présentation de l'UMR : bilan des activités et trajectoire = 60 min + 45 min

10H45-11h pause

11h00 - 11h35 Présentation du Bilan + trajectoire Equipe Géologie = 20 min + 15 min

11h35 -12h10 Présentation du Bilan + trajectoire Equipe Géophysique = 20 min + 15 min

12h10 - 12h45 Présentation du Bilan + trajectoire Equipe Systèmes hydrologiques et réservoirs = 20 min + 15

12h45 – 13h45 Pause déjeuner à huis clos

13h45 - 14h20 Présentation du Bilan + trajectoire Equipe Hydrodynamique et réactions = 20 min + 15 min

14h20 -14h55 Présentation du Bilan + trajectoire Equipe Géologie de l'ingénieur et géomécanique = 20 min + 15 min

14h55 -15h30 Présentation du Bilan + trajectoire Equipe Géostatistique = 20 min + 15 min

15h30 – 15h45 Pause

15h45 – 16h45 Visite du laboratoire [Boufflers, Bât I, 1.08 et La Halle] Séances en huis clos

16h45– 17h45 Rencontre huis clos avec les personnels d’appui à la recherche, administratifs et techniques et CDD administratifs et techniques de l’unité

Présence : membres du comité, CS Hcéres, personnels concernés de l’unité, sans la direction de l’unité, et sans les responsables de plateformes.

17h45 – 18h45 Rencontre huis clos avec les enseignants-chercheurs et les chercheurs de l’unité

Présence : membres du comité, CS Hcéres, personnels concernés de l’unité, sans la direction de l’unité, et sans les responsables d’équipe.

20h : Diner et réunion de travail (membre du comité et CS Hcéres)

Jour 2, mercredi 18 octobre

Suite des séances huis-clos

8h30 – 9h30 Rencontre huis clos avec les doctorants, post-doctorants et CDD recherche

Présence : membres du comité, CS Hcéres, personnels concernés de l’unité, sans la direction de l’unité.

9h30 – 10h30 Rencontre huis clos avec les responsables des équipes de recherche et de support

Présence : membres du comité, CS Hcéres, personnels concernés de l’unité, sans la direction de l’unité.

10h30 – 10h45 Pause

10h45 – 11h45 Rencontre huis clos avec la direction de l’unité

Présence : membres du comité, CS Hcéres, direction de l’unité.

11h45 – 12h15 Rencontre huis clos avec la tutelle

Présence : membres du comité, CS Hcéres, représentants des tutelles, sans la direction de l’unité.

12h15 – 13h15 Pause déjeuner huis clos - début de la réunion du comité

13h15 – 15h45

Réunion à huis clos du comité d’experts [Couperin, Bât A, 2.02]

Présence : membres du comité, CS Hcéres

Séance plénière

15h45 – 16h00 Message de conclusion du président (Christian Sue)

Séance plénière : membres du comité, CS Hcéres, direction de l’unité, personnel de l’unité.

Fin de la visite

OBSERVATIONS GÉNÉRALES DES TUTELLES

Arnaud TOURIN

Vice-président recherche, sciences et société

+33 1 80 48 59 13
arnaud.tourin@psl.eu

Paris, le 1^{er} février 2024

M. Eric SAINT-AMAN
Directeur
Département d'évaluation de la recherche
HCÉRES

Référence : DER-PUR250024254 - GÉOSCIENCES - Centre de géosciences

Monsieur le Directeur,

L'Université PSL et MINES Paris-PSL remercient l'ensemble des experts du Comité pour leur travail d'évaluation.

Vous trouverez ci-après les observations de portée générale formulées sur leur rapport par MINES Paris-PSL.

Je vous prie de recevoir, Monsieur le Directeur, mes salutations les plus cordiales.



Arnaud Tourin

Évaluation de l'Unité de Recherche GEOSCIENCES Observations

La Direction de Mines Paris - PSL tient à saluer le Comité de visite HCERES pour l'objectivité et le sérieux de son évaluation qui a reconnu la qualité scientifique de haut niveau du Centre de Géosciences.

Le Comité a souligné plusieurs points forts du Centre, tels que ses compétences en matière de codes numériques, ses outils expérimentaux et méthodologiques, ou encore l'excellence de sa recherche partenariale, autant d'éléments caractéristiques de son identité depuis de nombreuses années. Nous l'en remercions.

Le comité a néanmoins identifié plusieurs points d'attention sur lesquels nous souhaitons apporter des éléments de réponses.

S'il a pu être perçu par le Comité comme un frein au développement de projets académiques, le modèle économique adopté par Mines Paris – PSL constitue un levier majeur du financement des activités de Recherche de l'établissement. Il repose effectivement sur une forte activité partenariale avec les acteurs de la sphère socio-économique mais intègre d'autres moyens.

Ainsi, l'Ecole des Mines finance sur son budget propre trois contrats doctoraux par an pour le Centre de Géosciences, pour soutenir sa politique scientifique.

Par ailleurs, l'Ecole demeure fortement attachée et soutient le montage de projets de recherche plus académiques, tels que ceux financés par l'ANR, qui contribuent à ancrer ses centres dans le paysage de Recherche national.

Le Centre de Géosciences a fait le choix assumé de privilégier l'activité avec les industriels, entretenant ainsi des collaborations étroites de longue date, mais il ne néglige pas pour autant les projets ANR qui sont perçus localement comme des tremplins pour ses jeunes chercheurs et contribuent à la visibilité du Centre.

La question du rayonnement scientifique constitue, comme l'a souligné le Comité, un enjeu important. Le Centre de Géosciences peut non seulement capitaliser sur sa reconnaissance par les acteurs industriels français et internationaux, mais également sur des vecteurs relevant d'une logique plus académique. Le taux de publications en progression - y compris avec ses partenaires industriels – en est un. La mise en place d'échanges de Chercheurs avec des institutions étrangères et le montage d'ERC figurent également parmi les pistes actuellement explorées, Armines étant en mesure dans ce dernier cas d'apporter un soutien efficace aux personnels pour le montage de leurs projets.

Le Comité a émis des réserves au sujet de la structuration interne de l'Unité et *in fine* sur la lisibilité de sa trajectoire. Nous en prenons bonne note. Une discussion interne a été initiée sur l'organisation des équipes afin de prendre en compte, notamment, les moyens disponibles et la perception du positionnement scientifique, en n'excluant aucune hypothèse : refonte des équipes thématiques, fusion de certaines équipes, ou conservation des équipes organisées autour de programmes pour maximiser l'identification du centre sur des sujets clés et un projet fédérateur adéquat. Les évolutions résultant de ces réflexions devraient par ailleurs se traduire positivement en termes de publications inter-équipes qui constituent déjà 10% du volume total de publications.

Le Comité a également signalé plusieurs points de vigilance vis à vis des Ressources humaines.

En premier lieu, il a été noté un déficit avéré de personnels techniques. L'École fait effectivement face, au-delà du Centre de Géosciences, à des difficultés de recrutement sur ce type de postes. En conséquence, elle mobilise depuis plusieurs mois des moyens spécifiques, au niveau de la DRH, pour répondre aux besoins (procédures de recrutement, canaux de diffusion des offres, accompagnement des agents en poste, etc.).

Concernant les Personnels d'Appui à la Recherche, le Centre est conscient de fragilités potentielles mais explore différentes options pour répondre ici aussi aux besoins (alternance, apprentissage...).

Enfin, Le départ en retraite de plusieurs cadres a également été noté : ces départs d'Enseignants-Chercheurs ne pouvant pas être remplacés poste pour poste, la réflexion menée sur la structuration du Centre intègrera en conséquence un repositionnement des personnels en poste pour assurer selon les cas une continuité des activités ou un renouvellement des thématiques.

Pour conclure, Mines Paris - PSL tient à remercier les membres du Comité d'évaluation du HCERES pour le très bon esprit - constructif, attentif et bienveillant - dont ils ont fait preuve lors de l'évaluation de l'Unité, ainsi que l'ensemble des personnels du Centre de Géosciences pour leur implication dans la dynamique de l'unité et dans cet exercice d'évaluation exigeant.

Yannick VIMONT
Directeur de la Recherche



Les rapports d'évaluation du Hcéres
sont consultables en ligne : www.hceres.fr

Évaluation des universités et des écoles
Évaluation des unités de recherche
Évaluation des formations
Évaluation des organismes nationaux de recherche
Évaluation et accréditation internationales



2 rue Albert Einstein
75013 Paris, France
T.33 (0)1 55 55 60 10

hceres.fr

 [@Hceres_](https://twitter.com/Hceres_)

 [Hcéres](https://www.youtube.com/Hceres)