

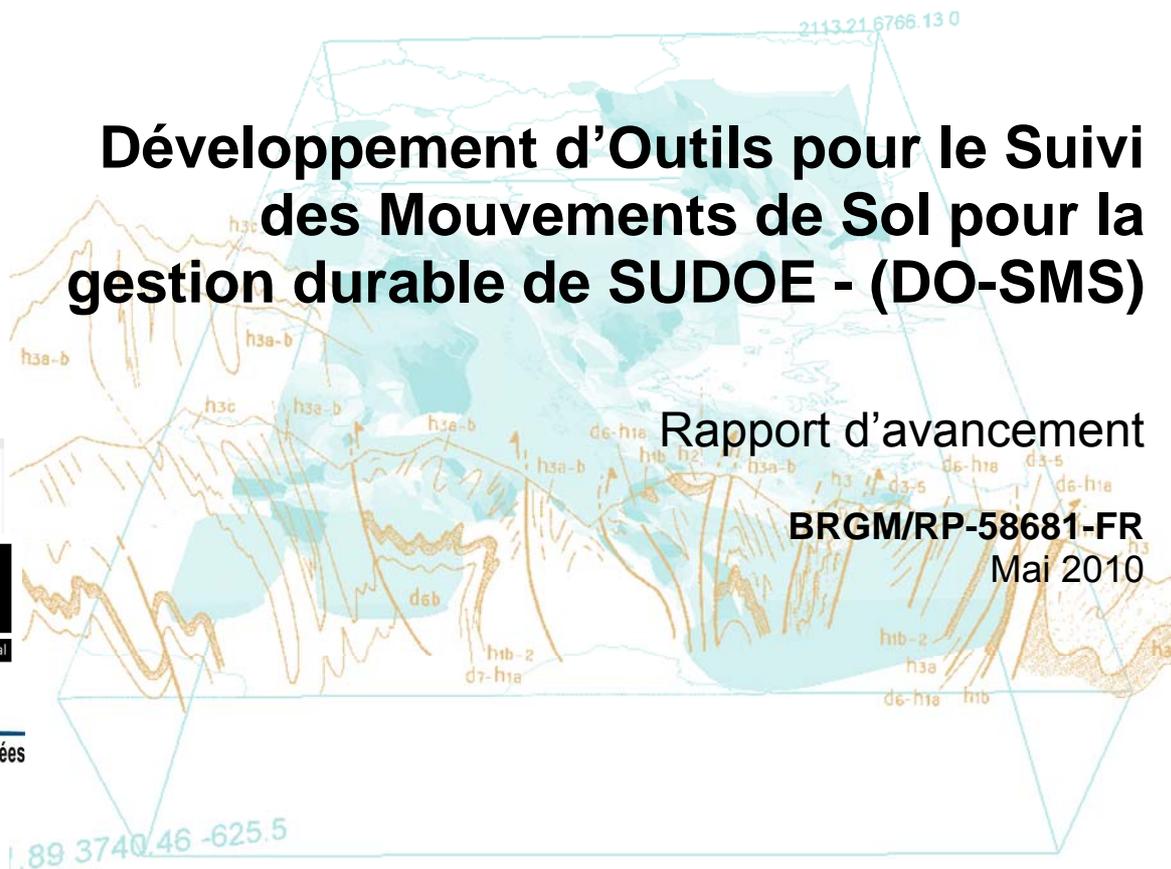


Développement d'Outils pour le Suivi des Mouvements de Sol pour la gestion durable de SUDOE - (DO-SMS)

Rapport d'avancement

BRGM/RP-58681-FR

Mai 2010



Développement d'Outils pour le Suivi des Mouvements de Sol pour la gestion durable de SUDOE - (DO-SMS)

Rapport d'avancement

BRGM/RP-58681-FR
Mai 2010

Étude réalisée dans le cadre des projets
de Service public du BRGM 2009 PSP09MPY13

M. Olivier, B. Monod

Vérificateur :

Nom : **Olivier SEDAN**

Date : **22/06/2010**

Approbateur :

Nom : **Philippe ROUBICHOU**

Date : **23/06/2010**

En l'absence de signature, notamment pour les rapports diffusés en version numérique,
l'original signé est disponible aux Archives du BRGM.

Le système de management de la qualité du BRGM est certifié AFAQ ISO 9001:2008.

Mots clés : Mouvements de Terrain, Glissements de terrain, Carte de Susceptibilité, Modèles de Susceptibilité, Pays Basque

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :

Olivier M., Monod B., (2010) – Développement d'outils pour le suivi des mouvements de sol pour la gestion durable de SUDOE – Rapport d'avancement Mai 2010. BRGM/RP-58681-FR, 53 p., 9 ill., 3 ann.

© BRGM, 2010, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

Synthèse

Le projet DO-SMS s'inscrit dans la problématique « Renforcement de la protection et la conservation durable de l'environnement et du milieu naturel du SUDOE » du programme de coopération territorial de l'espace SUDOE (Sud-ouest de l'Europe).

Ce programme propose de fournir aux acteurs socio-économiques de l'aménagement, du développement durable et du risque, les outils nécessaires à leur gestion et une évaluation des coûts occasionnés par les différentes méthodologies développées. Il s'agit là d'outils dont les desseins sont orientés vers les politiques publiques mais dont les innovations technologiques visant à diminuer les coûts pourront intéresser les entreprises privées du domaine.

Les partenaires du projet DO-SMS sont au nombre de 9 (10 au départ mais il y a eu regroupement des universités de Lisbonne et de Porto) : le CNRS (regroupant le LMTG et le CNRM), l'Université d'Oviedo, l'Université de Cantabrie, l'Université de Saragosse, l'IGME, l'Université Polytechnique de Catalogne, le BRGM, le LRPC, l'Université de Lisbonne (regroupée avec l'Université de Porto).

La première phase de production du projet, qui est décomposé en 6 groupes de tâches (GT), est le GT2 qui vise le développement et l'élaboration de modèles de susceptibilité. Le BRGM est coordinateur de ce groupe de tâche qui a été initié en Janvier 2010.

Dans ce projet, le BRGM concentre ses travaux sur la problématique glissement de terrain, notamment avec l'utilisation du logiciel *ALICE* qui fournit une aide à la cartographie de la susceptibilité des terrains aux glissements.

Il a tout d'abord fallu faire une mise au point sur les différents termes clés des problématiques liées au projet, car les mots employés et les définitions différaient sensiblement d'un pays à l'autre. Ainsi une liste de définitions traduites en Anglais, Espagnol et Français a été élaborée et transmise à tous les partenaires.

Le choix des sites pilotes a ensuite été effectué, en fonction du type de mouvements présents et des informations et données disponibles. Ainsi, quatre sites ont été sélectionnés sur lesquels seront produites des cartes de susceptibilité avec l'aide du logiciel *ALICE*. Ces sites sont représentatifs des différents climats présents dans l'espace SUDOE :

- Côte Basque (France) – Climat Atlantique
- Valle de Tena (Espagne) – Climat de haute-montagne
- Valle de Tresp (Espagne) – Climat méditerranéen
- Nord de Lisbonne (Portugal)– Climat méditerranéen

Le premier site à être étudié est le secteur de la côte basque, car il est le site le plus documenté. Les informations recueillies ont permis d'établir rapidement la carte des faciès du secteur, nécessaire pour l'utilisation d'*ALICE*. Cette carte permet

l'identification des zones possédant une même colonne de roches (superposition de formations géologiques et épaisseurs identiques).

Pour la suite du projet, outre l'élaboration de la carte de susceptibilité aux glissements de terrain du site de la Côte Basque, il est également prévu des missions de terrains (sondages, géophysique, cartographie) sur les sites de Tena et de Lisbonne afin de compléter les données existantes et permettre l'utilisation d'*ALICE* sur ces sites.

.

Sommaire

1. Présentation du projet.....	9
1.1. PROBLEMATIQUE.....	9
1.2. PARTENAIRES	10
1.3. ORGANISATION DU PROJET	10
1.4. OBJECTIFS	11
2. Rôles du BRGM.....	13
2.1. POSITIONNEMENT DU BRGM.....	13
2.2. APPORT TECHNIQUE : LE LOGICIEL <i>ALICE</i>	13
2.2.1. Description du logiciel.....	13
2.2.2. Remarques sur les données nécessaires	14
3. Définition du vocabulaire technique.....	17
3.1. JUSTIFICATION	17
3.2. LISTE DE DEFINITIONS	17
3.2.1. Choix des termes.....	17
3.2.2. Rédaction des définitions	17
4. Sites pilotes.....	19
4.1. SITES PROPOSES	19
4.2. VERIFICATION DE LA PERTINENCE DES SITES D'ETUDE.....	20
4.2.1. Tableaux synthétiques des données disponibles	20
4.2.2. Réunions et visites de terrain	21
4.3. CHOIX DES SITES.....	21
5. Préparation des données pour le site pilote de la Côte Basque.....	25
5.1. ENTREES NECESSAIRES	25
5.2. SOURCES	25

5.3. ELABORATION DE LA CARTE DES FACIES DE LA COTE BASQUE.....	26
5.3.1. Données de base	26
5.3.2. Traitement des données	26
6. Suite du projet	31
6.1. ELABORATION DE LA CARTE DE SUSCEPTIBILITE	31
6.2. CAMPAGNE DE TERRAIN SUR LE SITE DE VALLE DE TENA	31
6.3. ETUDE DES DEUX AUTRES SITES SELECTIONNES	31
7. Conclusion.....	33
8. Bibliographie	35

Liste des illustrations

Illustration 1 – Calcul du facteur de sécurité (FS).....	14
Illustration 2 – Exemples de faciès. Chaque faciès est défini par un nombre de couches et leur épaisseur. Ca ,b ,c : couches « a », « b », « c » ; Ea1, 2 : épaisseur de la couche qui varie suivant la formation	15
Illustration 3 – Localisation des sites pilotes proposés par les partenaires dans l'espace SUDOE.....	20
Illustration 4 – Glissement de terrain dans les altérites de flysch à silex de Guéthary.....	23
Illustration 5 – Topographie et cartes des altitudes des bases des formations sur la zone d'étude. a) MNT (résolution 50m) ; b) Base des alluvions récentes ; c) Base des formation plio-quaternaires ; d) Toit du substratum. (Modifiées à partir de Peter-Borie, 2008)	26
Illustration 6 – Carte reclassée des maximums entre le MNT et la CFz.....	27
Illustration 7 – Carte des épaisseurs des différentes formations : a) Altérites ; b) Plio-quaternaire ; c) Alluvions récentes	28
Illustration 8 – Carte de superposition des différentes formations sur la zone d'étude	29
Illustration 9 – Table attributaire du raster « combinaison »	30

Liste des annexes

Annexe 1 Liste de définitions	37
Annexe 2 Tableau synthétique des informations disponibles sur le site pilote de la côte basque	45
Annexe 3 Exemple de carte de faciès du site pilote de la Côte Basque	51

1. Présentation du projet

1.1. PROBLEMATIQUE

Ce projet s'inscrit dans la problématique n°II « Renforcement de la protection et la conservation durable de l'environnement et du milieu naturel du SUDOE » du programme de coopération territorial de l'espace SUDOE (Sud-ouest de l'Europe). Il s'insère plus particulièrement dans la gestion du risque de mouvements de terrain associés aux spécificités physiques du territoire :

- zone montagneuse dans les Pyrénées,
- activité minière engendrant des subsidences près de Murcia,
- subsidences évaporitiques de la vallée de l'Ebre près de Zaragoza,
- phénomènes de retrait/gonflement des argiles en Midi-Pyrénées,
- déclenchement des mouvements de masses fortement contrôlés par le climat au Portugal.

Ce programme propose de fournir aux acteurs socio-économiques de l'aménagement, du développement durable et du risque, les outils nécessaires à leur gestion et une évaluation des coûts occasionnés par les différentes méthodologies développées. Il s'agit là d'outils dont les desseins sont orientés vers les politiques publiques mais dont les innovations technologiques visant à diminuer les coûts pourront intéresser les entreprises privées du domaine.

Les acteurs scientifiques de l'espace SUDOE bénéficieront d'un descriptif qualitatif et quantitatif aussi exhaustif que possible des mouvements de terrain. Le programme permettra également de conduire une campagne de communication importante sur le sujet des risques naturels. En effet sont souvent privilégiés les risques à faible temps de retour (inondation par ex.) plutôt que les risques à temps de retour plus important, moins prévisibles et dont la cyclicité est moins facile à établir (glissements de terrain par ex.). Pourtant lorsqu'ils surviennent ces phénomènes sont souvent dévastateurs :

- en termes d'infrastructures : les retrait/gonflement ont coûtés plus de 3 milliards d'euros à la France depuis 1989),
- en termes de coût socio-économiques comme ce fût le cas lors du glissement de Paillat (2007) sur la RN 116, axe majeur entre Mont-Louis et Perpignan,
- en termes de vie.

1.2. PARTENAIRES

Des partenaires français, espagnols et portugais ont décidé de se regrouper pour répondre à l'appel à projet en présentant le projet DO-SMS : Développement d'Outils pour le Suivi des Mouvements du Sol.

Les partenaires du projet sont au nombre de 9 : le CNRS (regroupant le LMTG et le CNRM), l'Université d'Oviedo, l'Université de Cantabrie, l'Université de Zaragoza, l'IGME, l'Université Polytechnique de Catalogne, le BRGM, le LRPC, l'Université de Lisbonne (regroupé avec l'Université de Porto).

Les intervenants du projet présentent des compétences reconnues dans le domaine des mouvements de terrain, qu'il s'agisse :

- de géologie (BRGM, IGME),
- de géotechnique (UO, LRPC, UPC),
- de morphologie quantitative (UNIZAR, CNRS/LMTG, UC, UP)
- de météorologie (CNRS/GAME, UL).

1.3. ORGANISATION DU PROJET

Le projet est décomposé en six groupes de tâches (GT) et sera appliqué sur plusieurs sites pilotes correspondant à différents contextes dans les trois pays participants :

- Le premier groupe de tâche (GT1) est dédié à la gestion du projet.
- Le second groupe de tâche (GT2), supervisé par le BRGM, vise le développement et l'élaboration de modèles de susceptibilité. Pour cela il est important de caractériser les sites pilotes en intégrant les informations suivantes : géologie, occupation des sols, morphologie numérique, hydrogéologie, géotechnique. Ces données sont intégrées dans une base SIG cartographique et factuelle décrivant les instabilités gravitaires, leurs principales caractéristiques physiques et les principaux facteurs « déclenchant ». Toutes ces informations seront mises à disposition de l'ensemble des partenaires, à partir d'un site internet.
- Le troisième groupe de tâche (GT3), sous la coordination de l'université de Lisbonne, s'attachera à construire les modèles d'Aléa. Ceux-ci sont réalisés à partir des probabilités d'occurrence des mouvements de terrain obtenues par croisement des cartes de susceptibilité avec les modèles climatiques. Les cartes d'aléa seront enfin précisées par le calcul de la propagation des mouvements et de leur intensité. L'ensemble des tâches GT2 et GT3 ne pourront être menées à bien sans une bonne détection et quantification des mouvements de terrain, réalisées par le biais de mesures topographiques précises in-situ (stations totales, GPS, etc.) ou à l'échelle régionale par interférométrie radar différentielle à partir de points stables (DINSAR-PS) et/ou par corrélation fréquentielle d'images satellitaires optiques.

- le quatrième groupe de tâches (GT4), sous la coordination de l'UC, sera chargé d'établir des cartes de risques par combinaison des cartes d'aléa et de vulnérabilité, appuyée sur des analyses de coûts/bénéfices. Ces cartes représentent le résultat principal du projet puisqu'elles constitueront un outil pratique et concret d'aide à la décision, pour les organismes chargés de la gestion du territoire et de son développement durable : de façon plus générale, elles viendront en appui des politiques publiques relatives à la gestion du risque sur l'espace SUDOE. Ces nouveaux outils permettront aussi : i) de générer des modèles de comportement des matériaux qui pourront être ultérieurement généralisés à l'ensemble du territoire dans des conditions géologiques et climatiques comparables ; ii) de prévoir, par la prise en compte de sites géologiquement équivalents, dans des régions du SUDOE de plus en plus arides du nord au sud ou d'ouest en est, le comportement des matériaux en fonction de l'évolution climatique qui est annoncée comme allant vers des événements pluvieux intenses dans un contexte général de plus grande sécheresse.
- Le cinquième groupe de tâches (GT5) correspondra à l'évaluation et au suivi du projet. Ils seront conduits par deux comités de pilotage dont l'un, interne, sera constitué par les coordonateurs des groupes de tâches et l'autre, externe, par les représentants des autorités compétentes des différents pays. De plus le suivi du projet nécessitera l'homogénéisation des méthodes de mesures et la rédaction d'un protocole commun de cartographie entre les différents pays du territoire SUDOE. Cette tâche sera coordonnée par l'IGME.
- Le sixième groupe (GT6) développera les procédures de communication, de vulgarisation et de capitalisation des connaissances acquises en s'appuyant sur les réseaux des organismes nationaux, IGME, CNRS, BRGM.

1.4. OBJECTIFS

L'objectif final de ce projet est de développer et de fournir aux entités politiques (communales, régionales, gouvernements autonomes) des outils d'aide à la décision pour la prise en charge de la gestion des mouvements de terrain. Des exemples de scénario seront développés sur quelques sites dans cette optique en y intégrant les données de susceptibilité, de l'aléa et de la vulnérabilité des infrastructures socio-économiques (réseaux routier, d'énergie, tissu entrepreneurial). Enfin une extension plus régionale pourra être envisagée en intégrant des scénarii de seuils (de pluviométrie par ex.). Un second objectif sera d'établir un protocole homogène de réalisation de modèles de cartographie du risque sur l'ensemble du territoire SUDOE à partir de la mise en commun des différentes méthodes d'étude des mouvements de terrain par les partenaires du projet.

2. Rôles du BRGM

2.1. POSITIONNEMENT DU BRGM

En fonction de leurs compétences et des études déjà réalisées, les partenaires se sont organisés en différentes thématiques de travail :

- Humidité des sols
- Subsidence
- Glissement de terrain

Le BRGM a choisi de se positionner sur la thématique des glissements de terrain afin d'exploiter le logiciel d'aide à la cartographie ALICE, développé en interne. Le but étant de comparer cette méthodologie avec celles des autres partenaires du projet. Cela permettra également de déterminer la meilleure méthode en fonction des caractéristiques des sites d'étude.

2.2. APPORT TECHNIQUE : LE LOGICIEL ALICE

2.2.1. Description du logiciel

Le programme, développé par le BRGM, permet de calculer un facteur de sécurité au phénomène de glissement de terrain le long de profils créés automatiquement en fonction de la topographie de la zone d'étude. L'évolution qu'il présente par rapport aux méthodes « classiques » de calcul est de permettre : (1) la prise en compte de la variabilité des paramètres mécaniques tels que la cohésion (C), l'angle de frottement (φ), la perméabilité (K), le poids propre (γ), et (2) l'incertitude sur la valeur et la variabilité de ces paramètres. Cette approche mécanique et probabiliste du calcul du facteur de sécurité permet alors une évaluation quantitative de l'aléa glissement de terrain (*Illustration 1*).

Pour fonctionner, le logiciel a besoin de plusieurs données cartographiques, sous forme de *rasters* :

- un modèle numérique de terrain (MNT) qui sert à calculer automatiquement les profils de calculs suivant les lignes de plus grandes pentes,
- une carte d'occupation des sols (type Corine Land Cover) qui permet de prendre en compte le taux d'infiltration, et donc de ruissellement, de la pluie en fonction des terrains rencontrés sur la zone d'étude,
- une carte des « faciès » qui doit être élaboré spécifiquement pour le logiciel. Un faciès représente une colonne de roche constituée par la superposition des différentes couches géologiques et pédologiques. L'épaisseur des couches et leur

caractéristiques géotechniques (C, K, ϕ , γ) sont définies pour chaque faciès. (Illustration 2).

D'autres paramètres de calculs doivent aussi être renseignés, tel que le type et la profondeur des glissements étudiés, ou encore le pas de calcul, la précision et le nombre d'itérations voulu.

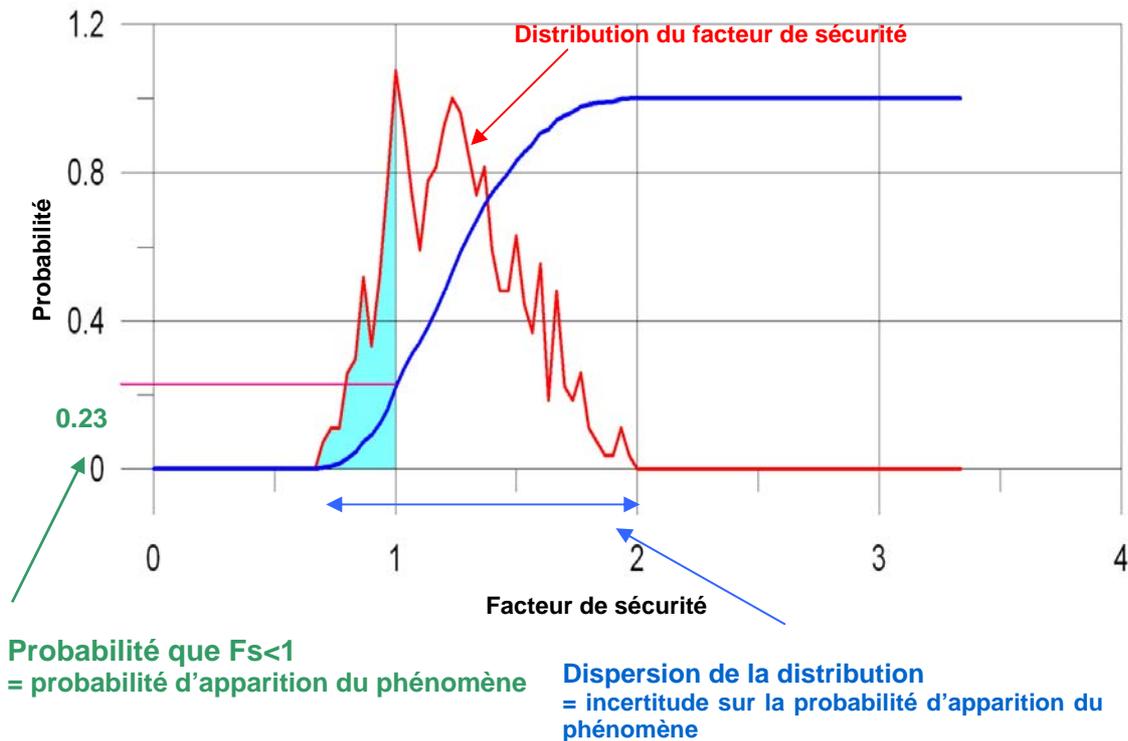


Illustration 1 – Calcul du facteur de sécurité (FS)

2.2.2. Remarques sur les données nécessaires

L'élaboration des cartes de faciès nécessite de posséder un jeu de données très complet (épaisseur et caractéristiques géotechniques) sur l'ensemble des couches de la zone d'étude. Or, ces informations s'obtiennent principalement par forage et par des essais de laboratoires ce qui n'est généralement réalisé que pour des projets de grande envergure (type autoroutes, construction d'immeubles,...). C'est pourquoi il est rare de posséder ces informations dans des zones peu peuplées, en montagne par exemple. Des campagnes de forages et de géophysique sont prévues sur les sites de « Valle de Tena » et du Portugal. Elles permettront d'acquérir des informations sur les épaisseurs des formations présentes dans ces zones. Afin d'estimer les caractéristiques géotechniques des matériaux, il est également possible de se référer aux avis d'experts et/ou de réaliser des corrélations avec des matériaux similaires présents dans d'autres régions.

Il est aussi important de posséder des informations (géométrie, géologie) sur plusieurs glissements de la zone d'étude afin de calibrer le logiciel, c'est-à-dire d'affiner les paramètres de calculs et si besoin les caractéristiques géotechniques en fonction des glissements connus.

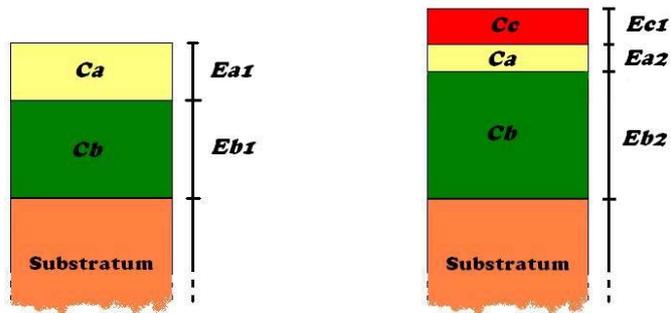


Illustration 2 – Exemples de faciès. Chaque faciès est défini par un nombre de couches et leur épaisseur. Ca ,b ,c : couches « a », « b », « c » ; Ea1, 2 : épaisseur de la couche qui varie suivant la formation

3. Définition du vocabulaire technique

3.1. JUSTIFICATION

Neuf institutions et trois pays différents sont représentés dans ce projet. Des différences d'interprétation sur les mots clés du projet (ex : susceptibilité, aléa, ...) ont été mises en évidence, principalement liées à la traduction des termes employés dans les différentes langues. Il s'est donc avéré nécessaire de produire une liste de définitions et de traduction de ces termes afin de garantir l'homogénéité des études réalisées par les partenaires et d'éviter les incompréhensions et les quiproquos lors des échanges.

3.2. LISTE DE DEFINITIONS

3.2.1. Choix des termes

Onze termes ont été sélectionnés pour la réalisation de cette liste. Les termes choisis sont les mots clés utilisés dans le choix des problématiques du projet ainsi que ceux pouvant présenter plusieurs interprétations, parfois dans la même langue. La liste des termes sélectionnés est présentée ci-dessous :

- Mouvement de terrain
- Glissement de terrain
- Eboulement
- Coulée de boue
- Coulée de débris
- Affaissement
- Argiles gonflantes
- Susceptibilité
- Aléa
- Vulnérabilité
- Risque

3.2.2. Rédaction des définitions

L'élaboration de la liste définitive s'est faite en deux temps. Tout d'abord, une première liste de définition a été élaborée à partir de dictionnaires spécialisés et d'articles scientifiques. La définition est écrite dans la langue dans laquelle elle a été trouvée dans la littérature, puis traduite dans les autres langues. Ainsi chaque

définition est traduite en trois langues : Anglais, Espagnol, Français (la traduction en Portugais n'a pu être réalisée faute de compétences dans cette langue).

Ensuite, cette première version a été transmise aux partenaires afin de récolter leurs remarques et modifications. Suites aux échanges avec les partenaires, des modifications ont été apportées à certaines définitions et traductions. La version finale de la liste est proposée en Annexe 1.

4. Sites pilotes

4.1. SITES PROPOSES

Lors du montage du projet, onze sites d'études ont été proposés par les partenaires. Ces sites sont représentatifs des différents environnements et climats rencontrés dans les trois pays concernés par le projet, ainsi que des différents mouvements de terrain (Illustration 3) :

- Espagne :
 - Valle de Tena (Aragon) : Glissements de terrain – Climat de haute-montagne.
 - Sierra Cartagena (Murcia) : Subsidences minières – Climat méditerranéen à semi-aride.
 - Valle del Ebro (Zaragoza) : Subsidences karstiques – Climat semi-aride.
 - Valle de Miera (Cantabria) : Mouvements divers – Climat atlantique.
 - Valle de Tremp (Catalunya) : Glissements superficiels – Climat méditerranéen.

- Portugal :
 - Nord de Lisbonne : Glissements de terrain – Climat méditerranéen.
 - Nord-Ouest du Portugal (Porto) : Coulée de débris – Climat atlantique tempéré.

- France :
 - Le Fauga (Haute-Garonne) : Argiles gonflantes – Climat méditerranéen à influence océanique.
 - Guéthary – Côte Basque (Pyrénées-Atlantiques) : Glissements de terrain et chutes de blocs – Climat atlantique.
 - Saint-Lary-Soulan (Hautes-Pyrénées) : Glissements de terrain – Climat de montagne.
 - Vallée de la Têt (Pyrénées-Orientales) : Glissements de terrain – Climat de montagne à méditerranéen.

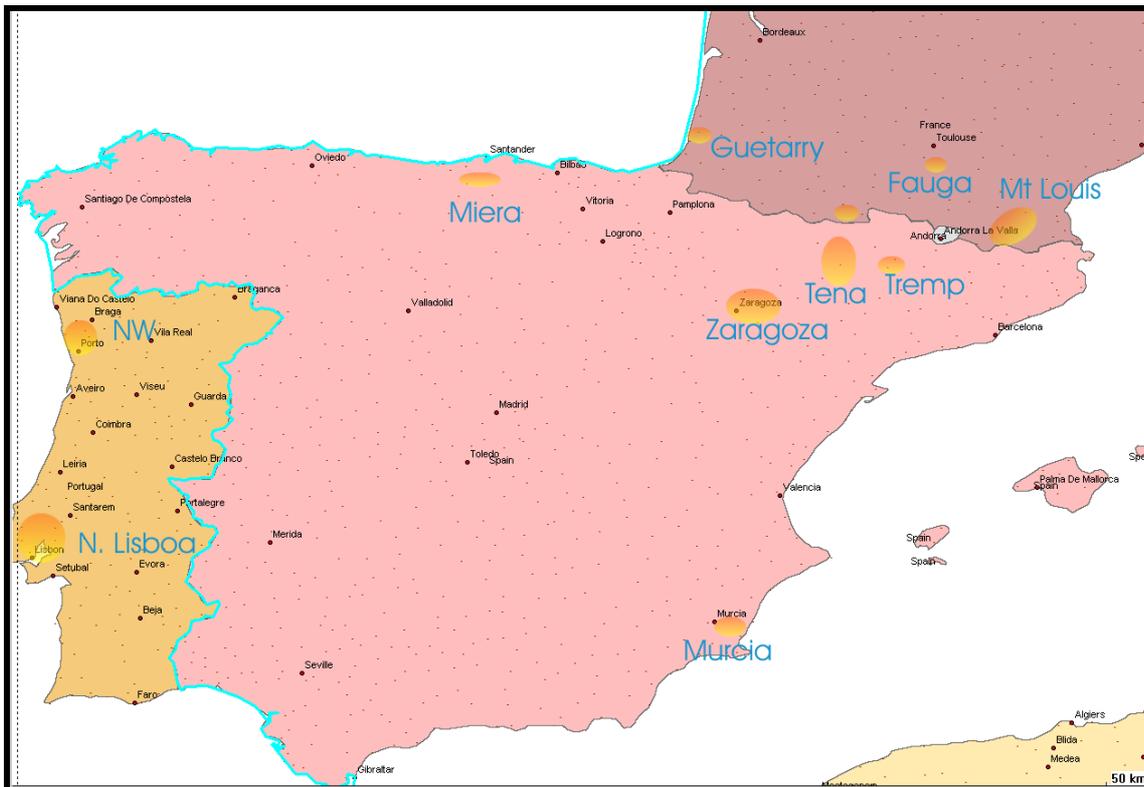


Illustration 3 – Localisation des sites pilotes proposés par les partenaires dans l'espace SUDOE.

4.2. VERIFICATION DE LA PERTINENCE DES SITES D'ETUDE

Afin de pouvoir tester le programme ALICE efficacement, il est nécessaire de sélectionner les sites d'étude non seulement en fonction des types de mouvements de terrain qu'ils présentent mais aussi en fonction des données disponibles. En effet le programme a besoin d'informations assez précises pour fonctionner et le projet ne prévoit pas de réaliser de lourdes campagnes d'essais pour récupérer les données manquantes.

4.2.1. Tableaux synthétiques des données disponibles

Un tableau récapitulatif a été élaboré afin de permettre de synthétiser les informations disponibles sur chaque site pilotes : types de mouvements, données cartographiques existantes sur la zone, résultats d'essais géotechniques, etc. Ainsi il est possible de repérer rapidement tout d'abord quels types de mouvements sont concernés par le site, mais aussi si les données existantes sont suffisantes pour appliquer la méthode sans avoir à effectuer trop d'études supplémentaires. Ces

tableaux pourront également servir d'aide à la réalisation de la base de données regroupant les informations et les données du projet.

Ce tableau a été échangé avec tous les partenaires afin qu'ils le remplissent pour les sites proposés. A ce jour, les tableaux des sites de la Côte Basque, de Saint-Lary-Soulan et de la vallée de la Têt ont été réalisés, les tableaux des autres sites seront transmis ultérieurement par les partenaires. L'annexe 2 présente le tableau synthétique du site de la Côte Basque.

Le remplissage de ces tableaux pour les sites français a permis de rapidement se rendre compte qu'il existait peu de données pour les sites de Saint-Lary-Soulan et de la vallée de la Têt, et que le nombre et le type de glissements n'étaient pas forcément adaptés à l'utilisation d'*ALICE*.

4.2.2. Réunions et visites de terrain

La sélection des sites s'est aussi faite grâce aux visites de terrain et aux réunions organisées avec les partenaires pour faire le point sur les études déjà réalisées et l'état d'avancement.

Deux sorties de terrains ont été effectuées. Une dans la vallée de la Têt, visite conduite par le LRPC qui est en charge de tous les travaux effectués sur la route qui suit la vallée et qui a étudié les glissements la menaçant. La seconde visite s'est déroulée le long du littoral basque, accompagnés par un agent du BRGM Aquitaine qui suit en détail l'évolution des instabilités présentes sur la côte dans le cadre de l'Observatoire de la Côte Aquitaine. Ces visites ont permis d'avoir un aperçu de la taille, du type et des matériaux des glissements ainsi que du contexte géologique du site. Elles ont aussi permis de récolter les informations et observations orales des experts qui sont d'une grande utilité pour l'évaluation de la pertinence du site et qui n'apparaissent pas forcément dans les rapports.

Des rencontres avec les personnes impliquées dans le suivi des sites proposés (partenaires du projet ou extérieurs) ont également été organisées afin d'obtenir des informations sur les études déjà menées sur les instabilités du site et les données disponibles. Les collaborations, les différentes méthodologies et approches sur l'évaluation de la susceptibilité et les participations aux campagnes de terrain ont aussi pût être évoquées lors de ces réunions.

4.3. CHOIX DES SITES

Parmi les sites proposés, une première sélection a été effectuée en fonction des types d'instabilités qu'ils présentent. Ainsi, les sites de Murcia (subsides), Zaragoza (subsides), Porto (coulée de débris) et du Fauga (argiles gonflantes) ne pourront être étudiés avec le programme *ALICE*. Deux autres sites, parmi ceux

présentant des glissements de terrain, ont été éliminés suites aux observations recueillies lors des sorties de terrain et des réunions.

Le site de Saint-Lary-Soulan présente un glissement de relativement grande ampleur, mais peu étudié. Trois inclinomètres ont été installés dans les années 90 lorsque le glissement a provoqué le déplacement d'une culée de pont, mais d'après RTM (service de Restauration des Terrains en Montagne), qui était chargé du suivi, les mesures ont rapidement été arrêtées et aucune étude plus précise n'a été réalisée. Le conseil général s'occupe maintenant de la surveillance du réseau routier dans cette zone, mais aucun autre document sur ce glissement n'a pû être trouvé. Le fait qu'il n'existe qu'un seul glissement inventorié et le manque de données techniques en font un site mal approprié pour l'utilisation du logiciel, il n'est donc pas retenu pour l'étude.

La vallée de la Têt présente plus de glissements, cependant ils sont en général de moindres ampleurs. Le glissement le plus important a eu lieu en 1999 faisant suite à la rupture d'un canal en amont de la zone glissée. Les matériaux ont obstrués la route ce qui a requis l'intervention du LRPC pour étudier le glissement et sécuriser la chaussée. Ainsi un suivi optique des mouvements a été réalisé entre 2007 et 2008, date à laquelle le glissement semblait stabilisé. Cependant aucun essai géotechnique n'a été mené sur les matériaux du glissement. Un autre glissement de grande ampleur est suivi par mesures radar, un peu plus bas dans la vallée, mais il s'agit d'un mouvement très lent (quelques centimètres par an) et qui est très superficiel (inférieur à 1m). Ce type de glissement ne pourra pas être pris correctement en compte avec ALICE. Cette zone a donc aussi été retirée de l'étude.

Le secteur de la côte basque présente de nombreuses instabilités, principalement des glissements de terrain dans les altérites des flysch (Illustration 4). Ce site est celui sur lequel nous possédons le plus de donnée à ce jour. En effet une thèse a été réalisée sur les matériaux de cette région (les flysch et leurs altérites) ainsi que sur les instabilités qu'ils présentent (Peter-Borie, 2008). Une cartographie de l'aléa mouvement de terrain a aussi été effectuée sur toute la côte (Nédellec et al., 2005). Ces documents contiennent une grande partie des informations nécessaires au fonctionnement d'ALICE. Ce site va donc servir de « test » pour identifier et répertorier les éventuelles difficultés qui pourront être rencontrées sur les autres sites, qui seront probablement moins documentés.

Un autre site très intéressant pour répondre aux objectifs du projet est un secteur situé dans la région de Valle de Tena, en Espagne. Plusieurs partenaires, dont le BRGM, vont travailler ensemble sur cette zone afin de compléter les données déjà existantes et appliquer leur méthodologie d'évaluation de la susceptibilité aux glissements de terrain. Ce secteur présente de nombreux glissements avec des enjeux assez importants dus à la présence d'installations de sports d'hiver. Ils sont suivis et étudiés depuis une dizaine d'années par l'IGME et une carte de susceptibilité a déjà été produite.

Suites aux rencontres avec les partenaires de Lisbonne et de Barcelone, les deux sites dont ils suivent l'évolution ont aussi été jugés pertinents pour l'utilisation et la valorisation d'ALICE. Le site portugais, situé au Nord de Lisbonne, concentre un

nombre important de glissements de terrain de toutes tailles ainsi que de nombreux enjeux (maisons, routes). Des études ont été menées sur la corrélation entre les chutes de pluie et l'activation des glissements. De plus, un modèle statistique d'évaluation de la susceptibilité a été appliqué sur la zone. Le site de la Cuenca de Tresp, en Espagne, est une zone de glissements avec peu d'enjeux (quelques maisons pas directement exposées et les routes d'accès). L'UPC y a appliquée une méthode hydromécanique pour déterminer la susceptibilité aux glissements. Cette approche étant similaire à celle employée par *ALICE*, il sera intéressant de comparer les deux outils.



Illustration 4 – Glissement de terrain dans les altérites de flysch à silex de Guéthary.

Ainsi, à ce jour, quatre sites pilotes ont été choisis pour appliquer la méthodologie d'évaluation de la susceptibilité aux glissements de terrain, basée sur le programme *ALICE*. Le site de la Côte Basque est le premier traité car la quantité de données existantes permet une utilisation rapide du programme. La seconde étude se portera sur la Valle de Tena afin d'avoir des résultats à discuter et à comparer avec les autres partenaires qui travaillent également sur ce site. Les deux derniers sites seront traités plus tard suivant la disponibilité des partenaires et les éventuelles données supplémentaires récupérées.

5. Préparation des données pour le site pilote de la Côte Basque

5.1. ENTREES NECESSAIRES

Pour fonctionner, le programme ALICE a besoin de plusieurs données cartographiques en entrées. En premier lieu, il va générer automatiquement des profils de calculs en fonction de la topographie de la zone d'étude. Pour ce faire, il faut lui fournir :

- un MNT
- une carte de directions des pentes
- une carte des drains
- une carte des zones d'accumulation
- une carte des pente

Les quatre dernières cartes sont directement dérivées du MNT grâce aux outils Arctoolbox du logiciel ArcGIS.

Le programme a aussi besoin d'une carte d'occupation des sols. Toutes les cartes de l'Ouest de l'Europe peuvent être téléchargées gratuitement sur Internet (<http://www.stats.environnement.developpement-durable.gouv.fr>) en format ArcGIS.

La carte des faciès est primordiale au fonctionnement du logiciel, c'est aussi celle qui demande le plus de données afin de pouvoir être produite Cette carte représente en effet un modèle 3D simplifié de la zone d'étude, il faut donc posséder les épaisseurs de chaque couche de matériau ainsi que la profondeur du substratum. Cette carte sera complétée dans le logiciel par les caractéristiques géotechniques des matériaux.

Les prochains paragraphes présentent la méthodologie employée pour réaliser la carte des faciès du site pilote de la Côte Basque à partir des données disponibles.

5.2. SOURCES

Toutes les informations sur les épaisseurs des matériaux (altitudes des bases des formations et explications) ont été tirées de la thèse de M. Peter-Borie (Peter-Borie, 2008). Les données numériques ont été fournies par le SGR Aquitaine du BRGM, elles ont servi de support aux différentes opérations nécessaires à la production de la carte des faciès. Ces informations ont été approfondies par la lecture de rapports BRGM portant sur la géologie de la côte basque et sur les instabilités du littoral (Nédellec et al., 2005 ; Mallet et al. 2005 ; Genna et al., 2004)

5.3. ELABORATION DE LA CARTE DES FACIES DE LA COTE BASQUE

5.3.1. Données de base

La carte des faciès a été réalisée à partir des cartes des altitudes des bases des formations présentes sur la côte basque et du MNT de résolution 50m de la zone d'étude (Illustration 5).

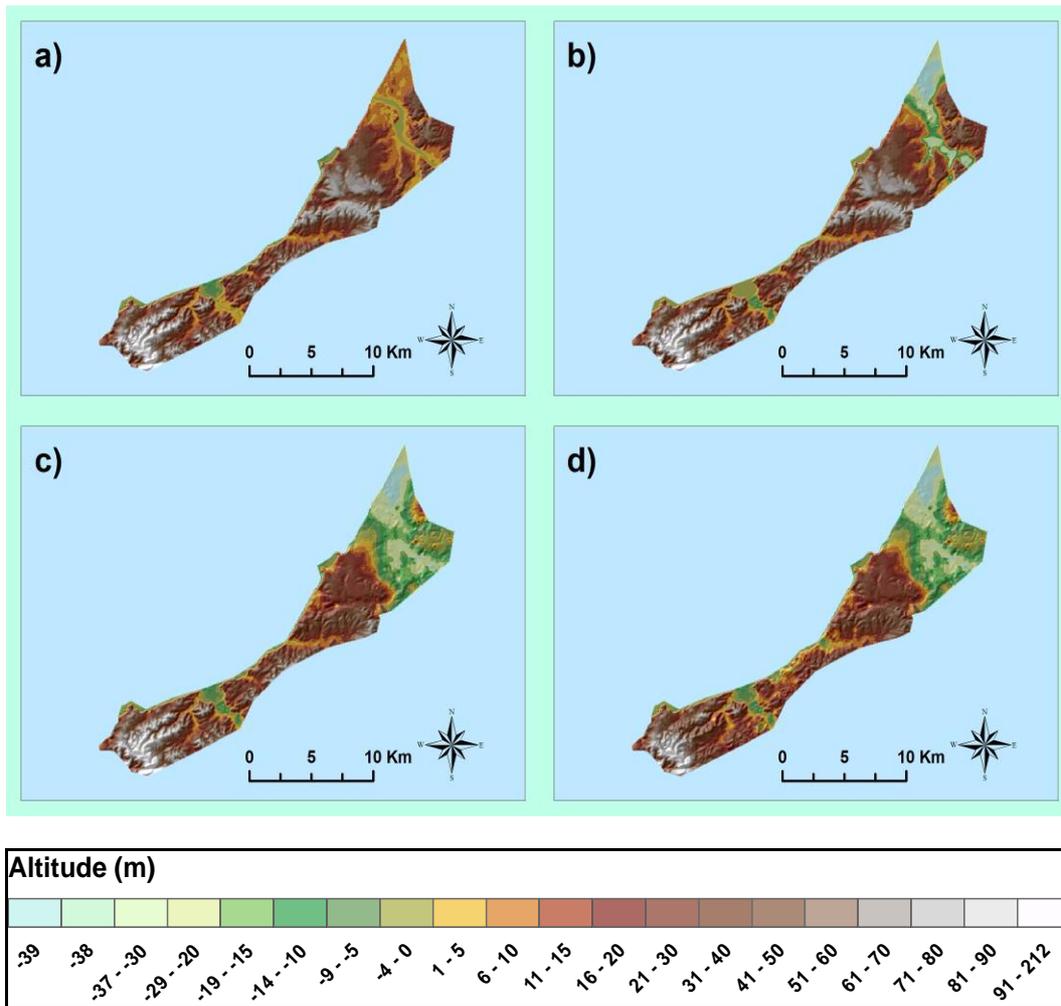


Illustration 5 – Topographie et cartes des altitudes des bases des formations sur la zone d'étude. a) MNT (résolution 50m) ; b) Base des alluvions récentes ; c) Base des formation plio-quadernaires ; d) Toit du substratum. (Modifiées à partir de Peter-Borie, 2008)

5.3.2. Traitement des données

Les opérations sur les rasters ont été réalisées grâce aux outils Spatial Analyst et 3D Analyst du logiciel de SIG ArcGIS de ESRI.

La première étape a été de modifier le MNT car celui-ci prenait en compte la profondeur du fond marin tandis que sur les autres cartes, les pixels situés dans l’océan avaient pour valeur d’altitude 0m. Ceci engendrait donc des valeurs d’épaisseur négatives dans les alluvions récentes lors de la superposition des rasters.

Afin de modifier uniquement les pixels situés dans l’océan, il a fallu réaliser plusieurs opérations successives sur la carte :

- La première étape a consisté à sélectionner les pixels du MNT possédant des valeurs inférieures à ceux de la carte des altitudes des alluvions (notée CFz dans la suite). En effet, le MNT représentant la surface topographique donc l’altitude maximale des différentes formations, les seules zones où les pixels de la CFz auront des valeurs supérieures au MNT seront les zones sous-marines.

Outil : Arctoolbox/Spatial Analyst/Local/Classement du maximum

Raster en sortie : 2 classes (1 : $MNT \geq CFz$ et 2 : $CFz > MNT$).

- Il faut ensuite opérer une reclassification du raster « maximum ».

Outil : Arctoolbox/Spatial Analyst/Reclassement/Reclassification

Raster en sortie : 2 classes avec pour valeurs 0 dans la zone sous-marine et 1 dans les terres (Illustration 6).

- Il suffit ensuite de multiplier le raster « maximum » reclassé avec le MNT d’origine pour attribuer une altitude nulle à tous les pixels du MNT situés dans l’océan.

Outil : Arctoolbox/Spatial Analyst/Mathématiques/Multiplication

Raster en sortie : MNT modifié avec 0 comme valeur d’altitude pour les pixels dans l’océan.



Illustration 6 – Carte reclassée des maximums entre le MNT et la CFz

La seconde partie du traitement consiste à créer les cartes des épaisseurs des formations à partir des cartes d'altitude des bases. Pour cela il suffit de faire la différence entre les valeurs d'altitudes de deux formations successives :

- Ep altérites = Altitude de la base du plio-quaternaire – Altitude de la base des altérites
- Ep plio-quaternaire = Altitude de la base des alluvions -Altitude de la base du plio-quaternaire
- Ep alluvions = MNT - Altitude de la base des alluvions

Outil : Arctoolbox/Spatial Analyst/Mathématiques/Soustraction

Rasters en sortie : Cartes des épaisseurs des formations de même résolution et projection que les cartes des altitudes (Illustration 7). Les valeurs des pixels représentent l'épaisseur des couches.

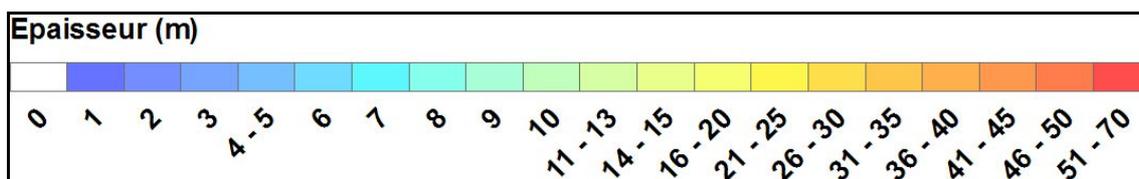
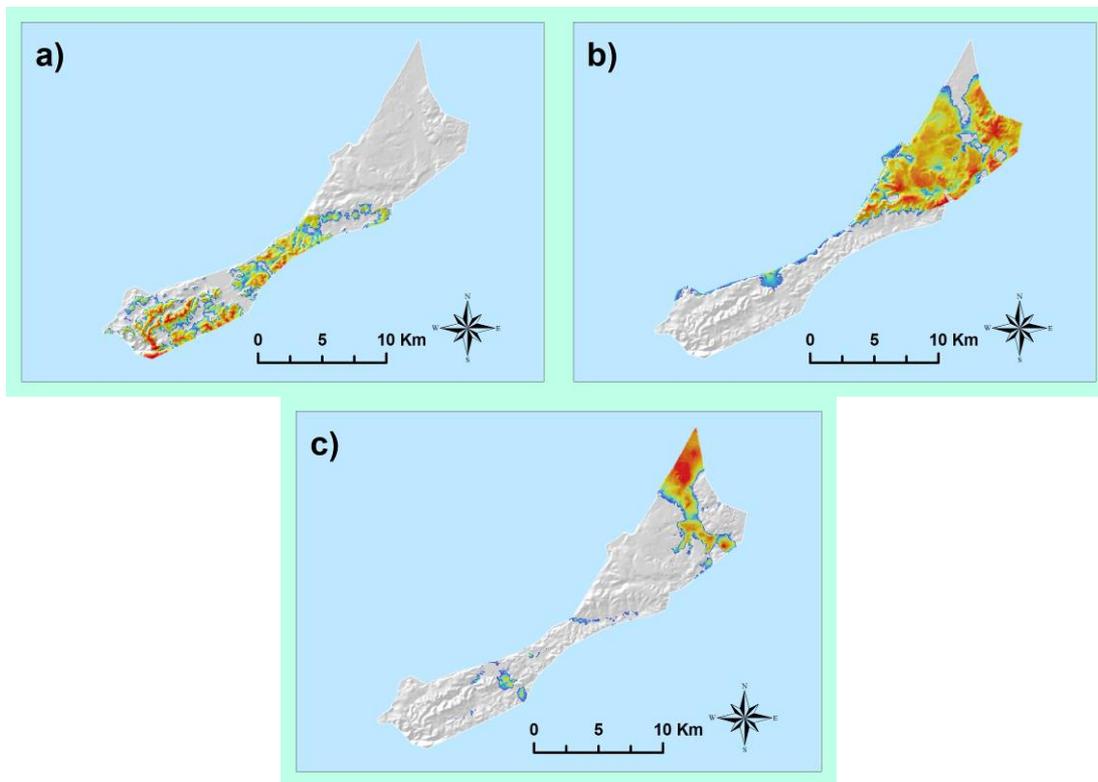


Illustration 7 – Carte des épaisseurs des différentes formations : a) Altérites ; b) Plio-quaternaire ; c) Alluvions récentes

Il convient ensuite de superposer ces 3 cartes afin d'en obtenir une seule représentant les différentes combinaisons de superposition des formations (Illustration 8) ainsi que les épaisseurs de chaque couche pour chacun des pixels de la zone d'étude.

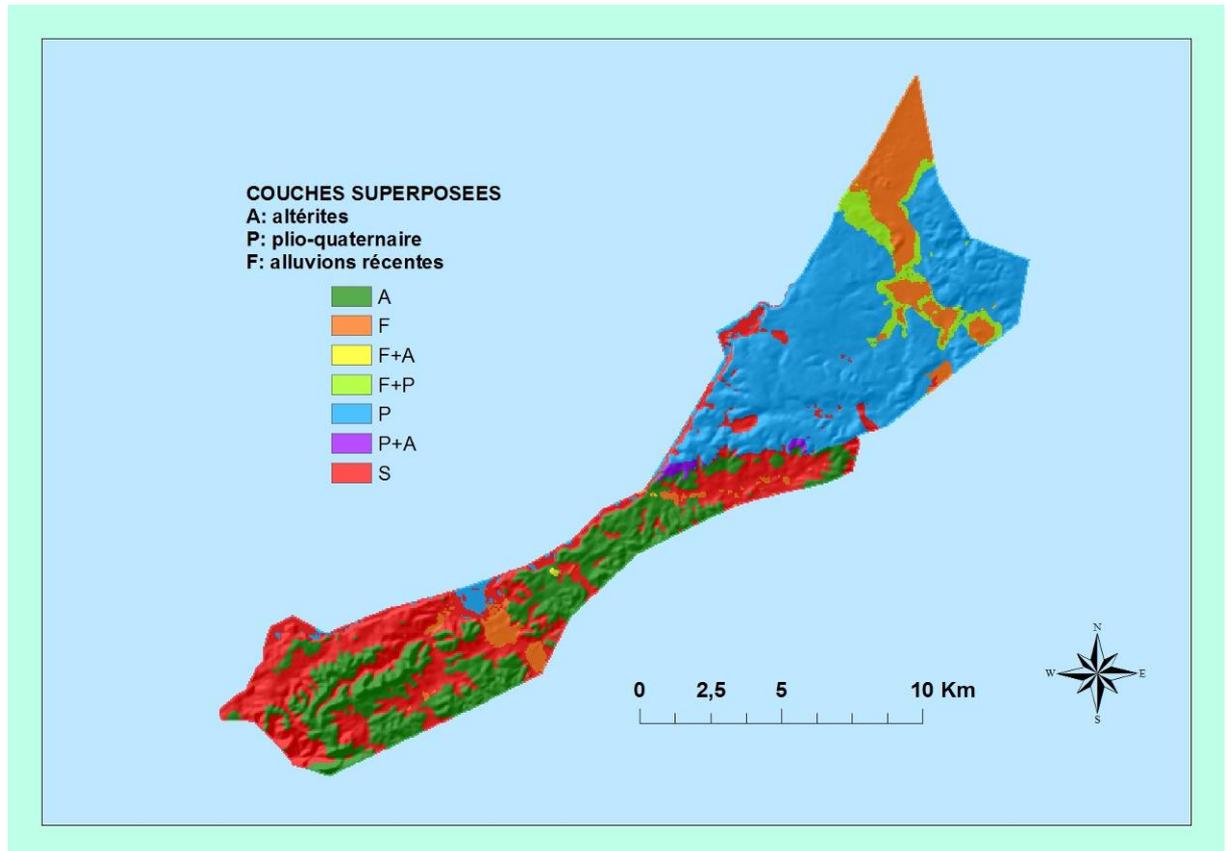


Illustration 8 – Carte de superposition des différentes formations sur la zone d'étude

Outil : Arctoolbox/Spatial Analyst/Local/Combinaison

Raster en sortie : Chaque combinaison de valeurs des épaisseurs possède une valeur unique. 1549 combinaisons ont été calculées sur la zone d'étude.

Cet outil crée aussi une table attributaire attachée au raster qui indique les épaisseurs de chaque couche pour chaque combinaison (Illustration 9). Afin de permettre la représentation des différentes superpositions de couches et la création de la carte des faciès pour ALICE, trois colonnes ont été rajoutées à la table : une colonne indiquant le nombre de couches superposées (de 0 à 3), une colonne indiquant la

nature des formations superposées et une dernière permettant d'indiquer un code de zone pour réaliser la carte des faciès.

Attributs de combine_tot2								
OBJECTID *	VALUE	COUNT	EP FZ	EP PLIO	EP ALTE	NB COUCHES	Ordre Super	FORMATIONS
1017	1017	1	0	10	13	2	P+A	PA20-10
1018	1018	2	0	9	11	2	P+A	PA20-10
1019	1019	2	0	14	8	2	P+A	PA20-10
1020	1020	2	0	20	7	2	P+A	PA20-10
1021	1021	234	0	0	26	1	A	A35
1022	1022	278	0	0	24	1	A	A35
1023	1023	322	0	0	21	1	A	A35
1024	1024	442	0	0	16	1	A	A15
1025	1025	3	0	8	0	1	P	P5
1026	1026	1	0	15	6	2	P+A	PA20-10
1027	1027	1	0	17	21	2	P+A	PA20-10
1028	1028	1	0	12	27	2	P+A	PA20-10
1029	1029	1	0	6	29	2	P+A	PA20-10
1030	1030	1	0	0	27	1	A	A35
1031	1031	3	0	0	23	1	A	A35
1032	1032	1	0	0	19	1	A	A15
1033	1033	3	0	0	16	1	A	A15
1034	1034	1	0	6	14	2	P+A	PA20-10

Illustration 9 – Table attributive du raster « combinaison »

Pour réaliser la carte des faciès, il faut ensuite opérer des sélections dans la table attributive en fonction des classes d'épaisseurs que l'on veut voir figurer sur la carte. Ces classes doivent être évaluées en fonction de la distribution des épaisseurs de chaque couche mais aussi en prenant en compte les dimensions des glissements observés. Plusieurs cartes pourront ainsi être créées afin de tester l'influence du choix des classes sur les résultats. Un exemple de carte de faciès pour le site de la Côte Basque est présenté en annexe 3.

6. Suite du projet

6.1. ELABORATION DE LA CARTE DE SUSCEPTIBILITE

Avant de pouvoir utiliser et valoriser *ALICE*, il faut récupérer des données sur les caractéristiques géotechniques des matériaux du site de la Côte Basque. Quelques essais ont été réalisés et sont présentés dans la thèse (Peter-Borie 2008), mais ils ne sont pas suffisants pour le programme. Un géotechnicien du BRGM qui connaît la région a été contacté, il possède d'anciens rapports géotechniques sur la zone qui pourrait contenir les informations manquantes. Si cela n'est toujours pas concluant, il faudra alors se tourner sur des analogies avec les mêmes matériaux présents dans d'autres régions, et éventuellement tester plusieurs configurations dans *ALICE* afin de trouver laquelle est la plus proche de la réalité.

La prochaine action consistera à entrer les données dans le logiciel *ALICE*. Le site de la Côte Basque servira de test pour manipuler le logiciel et essayer différentes combinaisons de paramètres. Les cartes de susceptibilités fournies par le logiciel devront être vérifiées afin de valider les paramètres. Ceci permettra d'être plus efficace pour les prochains sites à traiter

6.2. CAMPAGNE DE TERRAIN SUR LE SITE DE VALLE DE TENA

Le BRGM participera à différentes actions entreprises sur ce site, notamment au suivi des forages réalisés au niveau du glissement du col du Pourtalet, à l'élaboration d'une carte géomorphologique à 1/5000 de la zone d'étude et aux mesures GPS des déplacements de quelques glissements du secteur. Les résultats de cette campagne permettront en particulier d'obtenir une partie des informations manquantes pour pouvoir utiliser *ALICE*.

6.3. ETUDE DES DEUX AUTRES SITES SELECTIONNES

Les sites de la Cuenca de Tremp en Espagne et du Nord de Lisbonne au Portugal seront traités par la suite en collaboration avec respectivement l'Université Polytechnique de Barcelone et l'Université de Lisbonne.

7. Conclusion

Tous les partenaires impliqués dans la problématique glissement de terrain ont été rencontrés à ce jour. Des collaborations et des échanges de données ont ainsi pu être établies pour la suite du projet.

Le site de la Côte Basque est le premier à être étudié avec le programme *ALICE* car les données existantes sur ce secteur sont suffisantes pour le logiciel et ont été mises à disposition très rapidement. Ce site permettra de tester le programme et de repérer les difficultés qu'il faudra prendre en compte sur les prochains sites d'étude.

Pour les autres sites retenus, il manque encore beaucoup d'informations sur les épaisseurs et les caractéristiques géotechniques des matériaux, il conviendra donc de trouver des moyens de compléter ces données afin de valoriser au mieux le logiciel *ALICE*.

Une fois les cartes de susceptibilité établies sur les sites des partenaires, elles pourront être comparées avec leurs propres cartes basées sur leurs méthodologies et les avantages et inconvénients des différentes méthodes pourront être discutés. Elles serviront ensuite à la production des cartes d'aléas, puis des cartes de risque qui constituent un des produits à livrer du projet.

8. Bibliographie

Genna A., Capdeville J.P., Mallet C., Deshayes L. (2004) – Observatoire de la Côte Aquitaine – Etude géologique simplifiée de la Côte Basque. BRGM/RP-53258-FR, 42p., 25 Fig.

Mallet C., collaboration **Aubié S., Capdeville, J.P., Dubreuilh J., Genna, A., Lamarque C., Nédellec J.L., Mathon C.**, (2005) – Synthèse des études réalisées sur les instabilités de la côte basque entre 2001 et 2005, Rapport BRGM/RP-54012-FR, 32p., 25 Fig.

Nédellec J.L., Zornette N., Mathon C., collaboration **Aubie S. et Imbault M.H.**, (2005)- Observatoire de la Côte Aquitaine – Evaluation et cartographie de l'aléa mouvements de terrain sur la côte basque. BRGM/RP-52783-FR rapport final, 9 illustrations, 2 ann., 41p.

Peter-Borie M., (2008) – Les massifs rocheux du Crétacé supérieur du Labourd occidental : processus d'altération et instabilités littorales. Thèse de doctorat, Université Bordeaux 1, 342p.

Annexe 1

Liste de définitions

DEFINITIONS - DEFINICIONES - DEFINITIONS

Français - Castellano - English

- **Mouvement de terrain - Movimiento de terreno – Ground movement :**

Déplacement plus ou moins brutal du sol ou du sous-sol ; il est fonction de la nature et de la disposition des couches géologiques.

Desplazamiento más o menos intenso del suelo o del sub-suelo, que depende de la naturaleza y de la disposición de las capas geológicas. (Incluye movimientos de ladera y hundimientos.)

Fast or slow displacement of soil or subsoil; it depends on the nature and the placement of the geological layers.

- **Glissement de terrain – Deslizamiento – Slide:**

Mouvement de masses de sol et/ou de rocher le long d'un ou plusieurs plans de glissement.

Movimiento de masas de suelo y/o roca donde se distinguen una o varias zonas de debilidad que separan el material deslizado del material subyacente más estable.

Mass movements, where there is a distinct zone of weakness that separates the slide material from more stable underlying material.

- **Eboulement – Desprendimiento – Fall :**

Chute spontanée ou activée de fragments de toutes tailles nouvellement détachés d'un massif rocheux, à partir d'une falaise ou toute autre pente abrupte. (chute de blocs, éboulement, écoulement)

Caída espontánea o inducida de fragmentos de cualquier tamaño provenientes de un escarpe o cualquier otra pendiente pronunciada. (caída de rocas, derrumbe, vuelco)

Free-falling or precipitous movement of a newly detached segment of bedrock of any size from a cliff or other very steep slope. (rockfall)

- **Coulée de boue - Flujo de lodo – Mudflow :**

Écoulement le long d'une pente d'un mélange de terre à fine granulométrie et d'eau.

Desplazamiento ladera abajo de un suelo mezcla de partículas sólidas de granulometría fina (limo-arcilla) y agua.

The down-slope transfer of fine earth material mixed with water.

- **Coulée de débris - Flujo de derrubios – Debris flow :**

Coulée de boue, de densité élevée fortement chargée de matériaux hétérogènes : blocs, troncs d'arbres, etc.

Flujo de suelo de gran densidad cargado de material heterogéneo como barro, rocas, troncos de árboles, etc.

A high-density mud flow with abundant coarse-grained materials such as rocks, tree trunks, etc.

- **Affaissement - Hundimiento – Subsidence :**

Effondrement d'une surface considérable de terrain, due au déplacement de phases fluides ou solides sous-jacentes ou de matériaux solubles transportés par l'eau. (effondrement)

Colapso de una superficie considerable de tierra, debido al desplazamiento de las fases fluidas o sólidas subyacentes o de materiales solubles transportados por el

agua. Dependiendo de su velocidad se clasifican en colapsos (movimientos rápidos) y subsidencias (movimientos lentos).

Collapse of a considerable area of land surface, due to the removal of liquid or solid underlying or removal of soluble material by means of water.

- **Argiles gonflantes - Arcillas expansivas – Expansive clay :**

Les variations de la quantité d'eau dans certains terrains argileux produisent des gonflements (période humide) et des tassements (périodes sèches). (Phénomène de retrait-gonflement)

Ciertos terrenos arcillosos en los que las variaciones de la cantidad de agua producen hinchamientos (períodos húmedos) y contracciones (períodos secos).

Water content variations in some clayey soils produce expansions (humid period) and shrinkages (dry periods). (Shrinking-swelling phenomenon)

- **Susceptibilité - Susceptibilidad – Susceptibility :**

Probabilité d'occurrence d'un phénomène naturel dans une zone déterminée. Elle permet seulement de déterminer les zones potentiellement affectée par le phénomène et n'implique pas de période de retour.

Probabilidad de la ocurrencia de un movimiento de ladera en una determinada área. La susceptibilidad a movimientos de ladera sólo identifica las áreas potencialmente afectables y no implica un período de tiempo durante el cual podría ocurrir un deslizamiento.

Probability of occurrence of a natural phenomenon in a defined area. It only allows to determine potentially affected areas and does not involve return period.

- **Alea - Peligrosidad – Hazard:**

Probabilité d'occurrence dans une région et au cours d'une période données d'un phénomène pouvant engendrer des dommages.

Probabilidad de que ocurra un fenómeno potencialmente dañino dentro de un área y periodo de tiempo dado.

Probability of occurrence of a potentially damaging phenomenon within a given time period and area.

- **Vulnérabilité- Vulnerabilidad –Vulnerability :**

La vulnérabilité est l'appréciation de la sensibilité des cibles (humaines, économiques, environnementales) présentes dans une zone donnée à un type de phénomène donné.

Valoración de la sensibilidad de los bienes (humanos, económicos y medioambientales) presentes en una zona determinada a un tipo de fenómeno dado.

Sensibility assessment of the targets (human, economic and environmental) located in a given area for a given phenomenon.

- **Risque - Riesgo – Risk :**

Degré attendu de pertes en vies humaines, de blessés, de dommages aux biens et d'atteinte à l'activité économique au cours d'une période de référence et dans une région donnée, pour un aléa particulier. Le risque est le produit de l'aléa par la vulnérabilité.

Grado de pérdidas (de vidas, personas heridas, propiedad dañada y actividad económica detenida) durante un periodo de referencia en una región dada para un peligro en particular. El riesgo es el producto de la peligrosidad o amenaza y de la vulnerabilidad.

Expected losses (of lives, persons injured, property damaged, and economic activity disrupted) due to a particular hazard for a given area and reference period. The risk is the product of hazard and vulnerability.

Sources:

BRGM, (1998) - Atlas communaux des risques naturels de la Guadeloupe – Cartographie des aléas.

Disponible sur : <http://www.brgm.fr/brgm/Risques/Antilles/guad/index.htm>

Don Montague, (1996) - Dictionary of building and civil engineering / Dictionnaire du bâtiment et du génie civil.

Disponible sur : <http://www.casaplusconstruction.com/mo/dic.pdf>

OEA, (1993) - Manual Sobre el Manejo de Peligros Naturales en la Planificación para el Desarrollo Regional Integrado.

Disponible sur : <http://www.oas.org/USDE/publications/Unit/oea65s/begin.htm>

ONUG/DHA, (1992) - Internationally agreed glossary of basic terms related to disaster management.

Disponible sur : [http://www.reliefweb.int/rw/lib.nsf/db900sid/LGEL-5EQNZV/\\$file/dha-glossary-1992.pdf](http://www.reliefweb.int/rw/lib.nsf/db900sid/LGEL-5EQNZV/$file/dha-glossary-1992.pdf)

UCSC, (2009) - Diccionario geotécnico Ingles - Castellano / Dictionary of geotechnics English - Spanish.

Disponible sur : <http://web2.ucsc.cl/~avillalobos/otras/diccionario.pdf>

Annexe 2

Tableau synthétique des informations disponibles sur le site pilote de la côte basque





General

Site name	Guéthary - Côte Basque					
Country	France					
Départements - Provincias - State	Pyénées atlantiques					
Cities concerned	Anglet	Biarritz	Bidart	Guéthary	Saint-Jean-de-Luz	Cibourre
	Urrugne	Hendaye				

Movements	Cartographic Data	Geotechnic Data	Instrumentation
-----------	-------------------	-----------------	-----------------





Movements

Type of movements detected in the studied area	Number	DataBase reference	
		DB name	Internet link
Landslide (translational, rotational, complex or flow)	87	BDMVT	www.bdmvt.net
Rockfall	30	BDMVT	www.bdmvt.net
Subsidence (natural or anthropological)	6	BDMVT	www.bdmvt.net

General	Cartographic Data	Geotechnic Data	Instrumentation
---------	-------------------	-----------------	-----------------







Cartographic Data

	Type	Scale/Resolution	Digitalised	Projection	GIS format
Topographic		1/25000	YES	L2E	MapInfo
Geological	Scan		YES	L2E	
	Vect		YES	L2E	MapInfo
DEM		50m	YES	L2E	
Risk zonification					
Photographic Data	Aerial		NO		

General

Movements

Geotechnic Data

Instrumentation







Geotechnical Data

Type of test	Obtained data	Date	Observations
Identification	Atterberg Limits		
	Volumic mass granulométrie		
Pressio	Em, Eoed, E'		
	pf, pl		
Triax	C		
	Phi		

General

Movements

Cartographic Data

Instrumentation







Instrumentation

Type of instrumentation	Installation date	Number
Piezometer		8
Humitub	janv-06	1

General

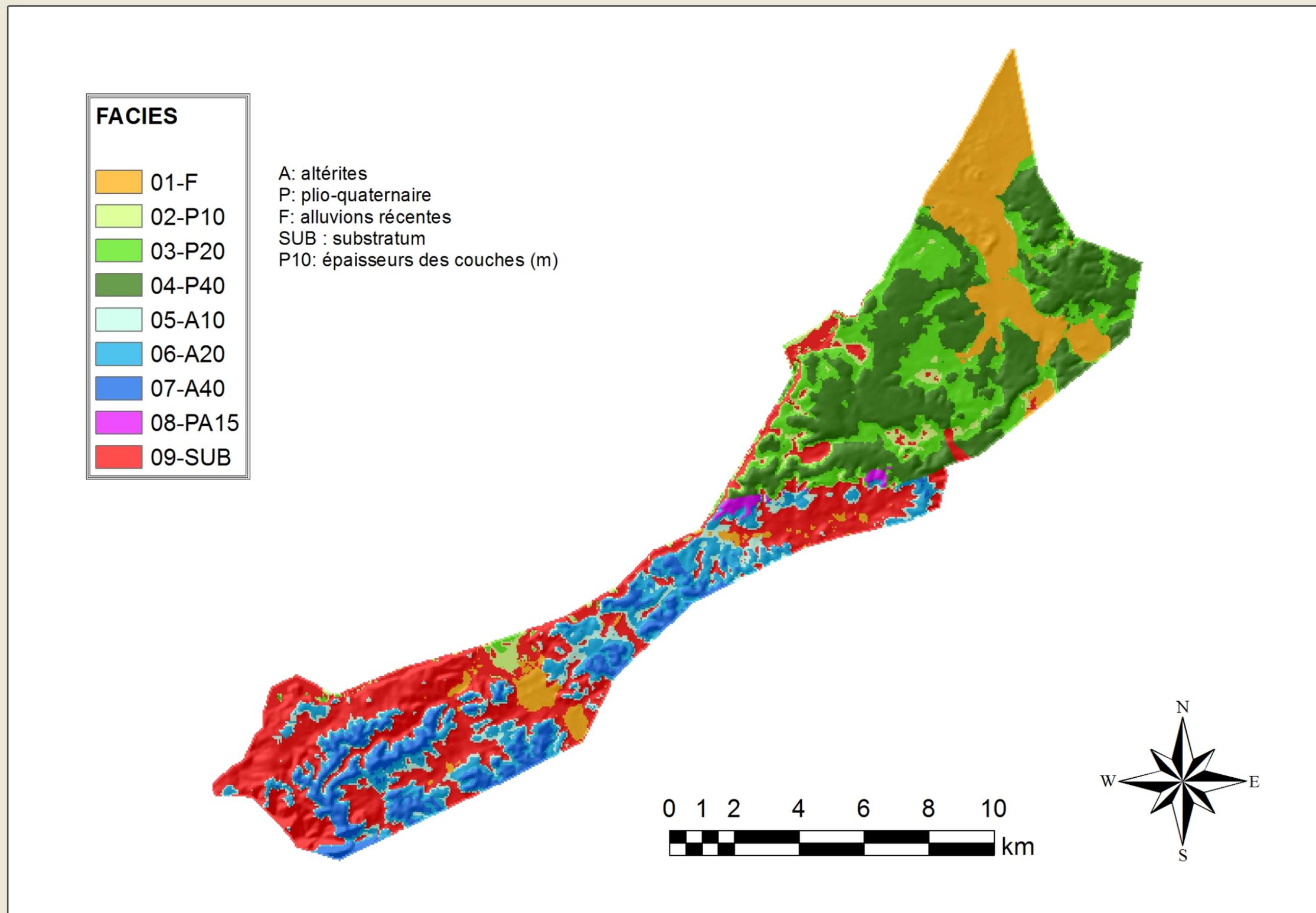
Movements

Cartographic Data

Geotecnic Data

Annexe 3

Exemple de carte de faciès du site pilote de la Côte Basque





Centre scientifique et technique
3, avenue Claude-Guillemin
BP 36009
45060 – Orléans Cedex 2 – France
Tél. : 02 38 64 34 34

Service géologique régional Midi-Pyrénées
Parc technologique du Canal
3, rue Marie Curie, Bât. ARUBA, BP 49,
31527 – Ramonville-Saint-Agne – France
Tél. : 05 62 24 14 50