

3^e colloque de l'Association francophone de Géographie physique
organisé par l'Université de Liège et l'Università degli studi di Sassari

La géographie physique et les risques de pertes et préjudices liés aux changements climatiques

Castelsardo (Sardaigne - Italie) du 19 au 21 mai 2016



Éditeurs scientifiques : Pierre Ozer, Sergio Gines, et André Ozer



La géographie physique et les risques de pertes et préjudices liés aux changements climatiques

Selon le récent Accord de Paris issu de la Conférence des Parties (COP21) de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques, « les Parties reconnaissent la nécessité d'éviter et de réduire au minimum les pertes et préjudices liés aux effets néfastes des changements climatiques, notamment les phénomènes météorologiques extrêmes et les phénomènes qui se manifestent lentement, et d'y remédier, ainsi que le rôle joué par le développement durable dans la réduction du risque de pertes et préjudices ».

Les thèmes abordés durant le colloque sont donc liés aux impacts directs (inondations, glissements de terrain, érosion littorale, sécheresse, etc.) et indirects (pertes économiques, dégradation de conditions de vie des populations, déplacements de populations induits par les perturbations climatiques et environnementales, etc.). Les outils de gestion des risques (aménagement du territoire, systèmes d'alerte précoce, politiques de gestion, éducation et communication, gestion de crise, etc.) sont également présents.

A Castelsardo, 80 scientifiques issus de 20 pays différents et représentant quatre continents se rencontrent pour présenter leurs travaux sur les risques de pertes et préjudices liés au changement climatique. Ces travaux portent sur des problématiques rencontrées dans les pays développés (France, Italie, Portugal, Roumanie, Russie) mais concernent surtout les pays du Sud présentant un degré de vulnérabilité très élevé. Ainsi, des études sont présentées sur le Bassin méditerranéen (Algérie, Liban, Maroc), en Amérique latine (Brésil, Equateur), en Afrique subsaharienne (Bénin, Burundi, Cameroun, Côte d'Ivoire, Madagascar,



Mali, Mauritanie, Niger, République Démocratique du Congo, Togo) ou encore dans les Açores, sur l'île de la Réunion et en Haïti.

Il appert, comme fil conducteur, que les risques de pertes et préjudices liés au changement climatique peuvent être réduits au travers d'une meilleure planification urbaine, d'un aménagement du territoire réfléchi, de politiques d'adaptation aux effets des changements climatiques ou encore par la mise en place de systèmes tant prévisionnels de catastrophes que de réponses immédiates en temps de crise. Des différentes présentations, il semble de plus en plus évident qu'une réponse adéquate à la problématique soulevée par le Colloque ne se fera qu'au travers d'un dialogue entre différentes disciplines : sciences, sciences appliquées, sciences humaines et sociales, sciences politiques, sciences de la santé publique, etc. Ceci traduit le caractère holistique et transversal de la question du changement climatique et ouvre de nouvelles perspectives en termes de recherches multidisciplinaires et transdisciplinaires qui ne pourront aboutir concrètement qu'avec des échanges entre les différents acteurs concernés.

Ce document est disponible en permanence à l'adresse : <http://orbi.ulg.ac.be/handle/2268/196675>.

Ce colloque est organisé avec le soutien de :



Commune de Castelsardo



Société Royale des Sciences de Liège



Académie Royale des Sciences d'Outre-Mer de Belgique



Académie Ligure des Sciences et Lettres



Revue Geo-Eco-Trop



Groupe National pour la Recherche sur l'Environnement Côtier



Comité d'organisation

CARBONI Donatella, Università degli studi di Sassari (Italie)
GINESU Sergio, Università degli studi di Sassari (Italie)
NOURI Myriem, Université de Liège (Belgique)
OZER André, Université de Liège (Belgique)
OZER Pierre, Université de Liège (Belgique)
PERRIN Dominique, Université de Liège & Agence wallonne de l'Air et du Climat (AWAC) (Belgique)
SALMON Marc, Service Géologique de Wallonie, SPW/DGARNE (Belgique)
SIAS Stefania, Università degli studi di Sassari (Italie)
VALENTE Alessio, Università degli Studi del Sannio (Italie)

Comité scientifique

BALLAIS Jean-Louis, Université d'Aix-Marseille (France)
BOUMEAZA Taieb, Université Hassan II de Casablanca (Maroc)
CARBONI Donatella, Università degli studi di Sassari (Italie)
CORRADI Nicola, Università degli studi di Genova (Italie)
DE LONGUEVILLE Florence, Université de Namur (Belgique)
EL ABDELLAOUI Jamal, Université Abdelmalek Essaâdi (Maroc)
ESPOSITO Christophe, DIRMED/SIR, Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie, Marseille (France)
FEHRI Noômène, Université de la Manouba (Tunisie)
FIERRO Giuliano, Università degli studi di Genova (Italie)
GEMENNE François, Université de Liège (Belgique) / CEARC, Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines (France)
GINESU Sergio, Università degli studi di Sassari (Italie)
HOUNTONDJI Yvon-Carmen, Université de Parakou (Bénin)
KARROUK Mohammed-Saïd, Université Hassan II, Casablanca (Maroc)
KOFFI Yao Blaise, Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan (Côte d'Ivoire)
MARINI Alberto, Università degli studi di Cagliari (Italie)
OZER André, Université de Liège (Belgique)
OZER Pierre, Université de Liège (Belgique)
PANIZZA Mario, Université de Modena et Reggio Emilia (Italie)
PATRU-STUPARIU Ileana, Universitatea din Bucuresti (Roumanie)
PERRIN Dominique, Université de Liège & Agence wallonne de l'Air et du Climat (AWAC) (Belgique)
PETIT François, Université de Liège (Belgique)
PRANZINI Enzo, Gruppo Nazionale per la Ricerca sull'Ambiente Costiero (GNRAC) (Italie)
ROMANESCU Gheorghe, Universitatea din Iasi (Roumanie)
SALMON Marc, Service Géologique de Wallonie, SPW/ DGARNE (Belgique)
TAIBI Aude Nuscia, Université d'Angers (France)
TYCHON Bernard, Université de Liège (Belgique)





Table des matières

Caractérisation de la saturation des sols et des karsts pour le suivi et l'anticipation des crues : résultats du programme de recherche KRHU (Karst Ruissellement et Humidité du Sol).....	1
Mise en œuvre d'un Indicateur de Saturation des sols en temps réel pour le suivi et l'anticipation des crues à cinétique rapide : Application sur 4 bassins versants méditerranéens à composante karstique.....	3
Vulnérabilité du bâti face aux glissements de terrain : analyse spatio-temporelle à Bukavu (RD Congo)...	5
Capacité de charge du flux touristique et politiques de gestion durable dans les grottes du Bue Marino (Sardaigne centre-orientale).....	6
Quels impacts des changements climatiques sur le vignoble de Bourgogne ?.....	8
Tendances pluviométriques et aléa inondation à l'Extrême-Nord Cameroun	11
Alger, dysfonctionnement urbain face au risque sismique.....	12
La protection des populations exposées aux risques de mouvements de terrain.....	14
La cartographie de l'aléa érosif dans la forêt de Bkassine (Liban Sud).....	15
Gestion du risque d'érosion côtière en Côte d'Ivoire : Cas du déguerpissement dans la commune de Port-Bouët à Abidjan.....	16
Analyse multi-risques dans la municipalité de Coimbra (centre-ouest du Portugal). L'omniprésence du climat et l'importance anthropique	17
Le Criquet pèlerin sera-t-il le déclencheur de l'effondrement de l'Afrique de l'Ouest ?	19
La côte atlantique de Tanger face aux changements climatiques : risques et aménagements.....	21
Techniques modernes d'analyse de la morphométrie à l'aide du drone en situations de risque. Étude de cas: le barrage de Belci	23
Impacts des changements climatiques sur les ressources en eau dans la plaine du Gharb (Maroc)	24
Évaluation de la susceptibilité des coulées de lave dans la partie ouest de l'île de São Miguel (Açores, Portugal).....	25
Impact des ouvrages antiérosifs sur la production agricole au Niger	27
Cap-Haïtien ou comment construire le risque d'inondations en une décennie	29
Prévention du risque hydrique (France, Maroc, Brésil) : méthode d'acquisition de connaissances et transfert d'expériences	31
Analyse spatiale de la gestion d'évacuation en cas d'inondations. Étude de cas: le bassin de la Sucevița, Roumanie	32
Identification du temps de concentration et détermination du coefficient d'écoulement de petits bassins hydrographiques. Étude de cas: le bassin de l'Ozana.....	34
Etude physique, géomorphologique, de perte en sol et protection des ressources en eaux dans un sous bassin montagnard : la haute vallée de Tifnoute (Haut Atlas marocain)	35
Estimation de l'érosion hydrique par l'application de l'équation universelle de perte en sol (USLE) à l'aide d'un système d'information géographique. Cas du bassin versant non jaugé de l'oued Thiou (Bassin de Cheliff) Algérie.....	37
Variabilités climatiques et évolution de l'occupation des sols dans l'oasis de Timia, Région d'Agadez (Niger).....	38



Chocs pluviométriques et assurances agricoles indicielles au Burkina Faso.....	39
Démarrage et longueur de la saison de pluies dans la région de Kinshasa et risques induits.....	40
Evolution du trait côte de la partie ouest de Madagascar	41
Réduction de la vulnérabilité d'une commune de l'hyper centre d'Alger : Cas de la commune d'El Madania	42
La responsabilité climatique dans les défis urbains contemporains: évaluation et mise en contexte pour la ville de Bujumbura, Burundi	43
Evolution récente du trait de côte dans le Golfe de Guinée : Exemples du Togo et du Bénin.....	44
Perceptions, des autorités nationales aux petits producteurs locaux, des changements climatiques en Equateur	45
Place des pertes et préjudices liés aux changements climatiques dans les accords internationaux.....	48
Analyse des risques naturels dans la commune de Leiria (Centre du Portugal)	49
Application du modèle hydrologique HBV pour la prévision de crues dans le bassin versant de la Sisaony - Madagascar.....	51
Le risque d'inondation de débâcle et le réchauffement climatique à Iakoutsk (Russie).....	53
Crues exceptionnelles dans le bassin versant de la rivière Prut (Roumanie), dans le contexte des pluies torrentielles de l'été 2010.....	54
Impacts des changements climatiques sur les inondations du Gharb (Maroc).....	55
Impact des Evènements Météorologiques Dangereux sur la gestion de crise des communes : application aux PCS des communes de l'île de la Réunion.....	57
Impact du pilotage et du choix de la technique d'irrigation sur l'économie de l'eau en climat méditerranéen.....	59
Utilisation des outils géomatiques pour le monitoring des effets des changements climatiques sur le Banc d'Arguin	60
La reconnaissance du Parc de Tepilora comme Réserve de Biosphère de l'UNESCO : opportunités pour la résilience des communautés	61
Les inondations à Toliara (Sud-Ouest Madagascar). Quelle méthode d'analyse pour comprendre la vulnérabilité dans le contexte du changement climatique ?	62
L'importance d'une planification adéquate pour la réduction du risque hydrogéologique : le cas de Posada (Sardaigne, Italie)	64
Les risques inondations et les changements climatiques en Algérie : Impacts directs et indirects, prévention et gestion (Cas d'Alger).....	65
Impact et gestion du changement climatique au niveau de la latitude Pyrénées-Méditerranée	66
Evolution de la frange littorale terrestre de la Côte d'Ivoire (Afrique de l'Ouest): influence de l'érosion côtière dans le contexte actuel des changements climatiques.....	68
Impact de la vulnérabilité et de la résilience aux changements environnementaux sur la mobilité en Afrique de l'Ouest	70



Caractérisation de la saturation des sols et des karsts pour le suivi et l'anticipation des crues : résultats du programme de recherche KRHU (Karst Ruissellement et Humidité du Sol)

Ayral Pierre-Alain, Bruxelles Stéphane, Canovas Ingrid, Charlier Jean-Baptiste, Chave Sylvain, Desprats Jean-François, Dobricean Octavian, Dongar Frédéric, Fleury Perrine, Laval Gauthier, Raynaud Jean-Baptiste, Roumagnac Alix, Salze David, Viaud Amanda

L'anticipation des crues nécessite très souvent la prise en compte des pluies antérieures, tout particulièrement dans les régions karstiques. En effet, pour un même évènement pluviométrique, le niveau initial de saturation en eau des sols et des karsts va conduire soit à un écrêtement, soit à une amplification de la crue. Ainsi, la saturation en eau des sols et du sous-sol (et notamment des aquifères karstiques) est un élément essentiel à prendre en compte dans les procédures d'alerte.

Bien que les Plans Communaux de Sauvegarde (obligatoires depuis 2005, loi de modernisation de la sécurité civile) intègrent déjà des seuils d'activation basés sur des valeurs de hauteurs et/ou de débits, l'état initial des sols et du sous-sol n'est, à l'heure actuelle, pas assez pris en compte. Il semble donc nécessaire d'implémenter de nouveaux paramètres dans les outils de gestion de crise, et éventuellement de définir des seuils pertinents d'activation de plans d'actions et de mobilisation des services de sécurité à partir de ces « nouveaux » paramètres.

La définition d'indicateurs à l'aide d'un suivi piézométrique des nappes et de la saturation des sols (épaisseur et teneur en eau) et leur intégration dans le système d'alerte doit permettre de fournir une aide aux prévisionnistes, en complément des informations météorologiques et hydrologiques disponibles en temps réel. Le projet KRHU (Karst Ruissellement et Humidité du Sol) a ainsi pour objectif de définir ces indicateurs pour le sol (IS) et le karst (IK).

Avec un consortium composé de centres de recherche (BRGM et Ecole des mines d'Alès) et de partenaires privés (CENEAU, PREDICT Services et SYNAPSE) les deux indicateurs précités ont été développés, et déployés en condition opérationnelle sur 4 bassins versants pilotes à composante karstique sur l'arc méditerranéen lors de l'automne 2015.

Les résultats obtenus sur les bassins pilotes sont très encourageants et ont permis aux prévisionnistes (Services de Prévision des Crues, PREDICT Services) une meilleure représentation des conditions de saturation du karst et des sols et donc une meilleure anticipation de l'évènement hydrologique à venir. Il s'agit maintenant de consolider la chaîne de traitement déployée et de voir comment pérenniser et déployer ce système sur d'autres bassins versants à composante karstique.

Mots-clés : Crue, Inondation, Karst, Saturation du sol, anticipation



Ayral Pierre-Alain , Ecole des mines d'Alès (France), pierre-alain.ayral@mines-ales.fr
Bruxelles Stéphane , CENEAU, s.bruxelles@ceneau.com
Canovas Ingrid , Ecole des mines d'Alès et UMR 7300 ESPACE
Charlier Jean-Baptiste , BRGM, J.Charlier@brgm.fr
Chave Sylvain , UMR 7300 ESPACE et PREDICT Services, sylvain.chave@predictservices.com
Desprats Jean-François , BRGM, jf.desprats@brgm.fr
Dobricean Octavian , SYNAPSE, octavian.dobricean@synapse-info.com
Dongar Frédéric , SYNAPSE, frederic.dongar@synapse-info.com
Fleury Perrine , BRGM, p.fleury@brgm.fr
Laval Gauthier , PREDICT Services, gauthier.laval@predictservices.com
Raynaud Jean-Baptiste , SYNAPSE, jean-baptiste.raynaud@synapse-info.com
Roumagnac Alix , PREDICT Services, alix.roumagnac@predictservices.com
Salze David , Ecole des mines d'Alès, david.salze@mines-ales.fr
Viaud Amanda , PREDICT Services, amanda.viaud@predictservices.com



Mise en œuvre d'un Indicateur de Saturation des sols en temps réel pour le suivi et l'anticipation des crues à cinétique rapide : Application sur 4 bassins versants méditerranéens à composante karstique

Ayral Pierre-Alain, Canovas Ingrid, Charlier Jean-Baptiste, Chave Sylvain, Desprats Jean-François, Dobricean Octavian, Dongar Frédéric, Laval Gauthier, Raynaud Jean-Baptiste, Salze David

Dans le cadre du programme de Recherche & Développement KRHU (Karst Ruissellement et Humidité du Sol), un consortium composé de centres de recherche (BRGM et Ecole des mines d'Alès) et de partenaires privés (CENEAU, PREDICT Services et SYNAPSE) s'est attaché de 2012 à 2015 à développer des indicateurs de saturation de l'aquifère karstique (IK) et des sols (IS) de manière à fiabiliser l'anticipation des crues et des inondations à cinétique rapide. L'objet de la communication ici proposée est de présenter l'indicateur dédié au suivi de la saturation des sols (IS).

Cet indicateur a été développé au travers d'une approche couplant (1) l'analyse des bases de données existantes des formations pédologiques, de la morphologie et de l'occupation du sol de manière à dégager des classes de sol (6 classes sont définies), (2) la caractérisation de la saturation des sols pour chacune des classes grâce à la mise en place d'essais expérimentaux in-situ.

Pour parvenir à la création des classes de sol, une méthodologie a donc été développée avec l'objectif de caractériser toutes les étapes de circulation de l'eau dans le sol, de la surface au socle rocheux. Cette méthodologie s'appuie essentiellement sur l'analyse des bases de données sur le sol et l'occupation du sol.

C'est à partir de campagnes expérimentales et de l'installation de sites de suivi de la teneur en eau des sols en continu répartis sur les différentes classes d'informations, que des lois décrivant les variations de l'état de saturation des sols par classe sont développées. Ce sont ces lois qui vont permettre de déterminer un IS par classe de sol en fonction des précipitations.

Cette étape de paramétrisation a permis de générer une couche d'information géographique basée sur des classes associées à des lois permettant d'intégrer les variations de saturation en eau du sol. Il existe plusieurs lois par classe, lois qui s'appliquent lorsqu'il pleut (en fonction du cumul de pluie) et après la pluie en fonction du temps. Il est donc possible de générer une couche d'information géographique à chaque pas de temps en associant cette dernière à l'imagerie radar. Le choix a donc été fait de retenir la résolution spatiale (1 km²) et le pas de temps (15 min) de l'imagerie radar utilisée par PREDICT Services pour générer l'IS.

Après de premiers tests à partir des événements observés durant l'automne 2014 sur les bassins versants pilotes, un prototype temps réel a été développé sur le site FOLLOW-



KRHU. Il est ainsi possible de suivre en temps réel, au pas de temps 15 minutes, les variations de saturation en eau des sols au km² avec des informations associées (cumul de pluie restant avant saturation par exemple). L'automne 2015 a permis de tester la plateforme et l'indicateur en temps réel. Les premiers retours d'expérience ont montré l'intérêt de l'outil sachant qu'il reste des développements à conduire pour parfaire la phase de désaturation qui semble trop rapide au regard des observations du prévisionniste.

Il s'agit donc de s'intéresser à cette problématique dans les travaux à venir tout en travaillant à la généralisation de l'IS à d'autres bassins versants, notamment dans des contextes pédologiques et d'occupations du sol différents de ceux étudiés dans le cadre de ce projet de recherche.

Mots-clés : Crue, inondation, sol, saturation, anticipation, temps réel

Ayral Pierre-Alain , Ecole des mines d'Alès (France), pierre-alain.ayral@mines-ales.fr

Canovas Ingrid , Ecole des mines d'Alès et UMR 7300 ESPACE

Charlier Jean-Baptiste , BRGM, J.Charlier@brgm.fr

Chave Sylvain , UMR 7300 ESPACE et PREDICT Services, sylvain.chave@predictservices.com

Desprats Jean-François , BRGM, jf.desprats@brgm.fr

Dobricean Octavian , SYNAPSE, octavian.dobricean@synapse-info.com

Dongar Frédéric , SYNAPSE, frederic.dongar@synapse-info.com

Laval Gauthier , PREDICT Services, gauthier.laval@predictservices.com

Raynaud Jean-Baptiste , SYNAPSE, jean-baptiste.raynaud@synapse-info.com

Salze David , Ecole des mines d'Alès, david.salze@mines-ales.fr



Vulnérabilité du bâti face aux glissements de terrain : analyse spatio-temporelle à Bukavu (RD Congo)

Balegamire Clarisse, Michellier Caroline, Muhigwa Jean Berckmas, Delveaux Damien, Imani Gérard, Dewitte Olivier

De nombreuses villes du Sud font face à une croissance démographique soutenue depuis plusieurs décennies. Dans les régions sensibles aux glissements de terrain, cette croissance peut s'avérer problématique lorsque les populations, souvent les plus vulnérables, sont forcées de s'installer sur des pentes instables. La ville de Bukavu (RD Congo) est particulièrement concernée par cette situation. Cependant, malgré de nombreuses instabilités de pente dans des zones à très forte densité de population, il n'existe pas d'estimation fiable de la vulnérabilité du bâti face à ces processus. En se focalisant sur une zone particulièrement sensible de la ville pour mieux comprendre ces enjeux, l'observation structurée de plus de 450 maisons sélectionnées dans différentes zones de contraintes géomorphologiques a été réalisée en observant fissures, inclinaison et autres déformations. Des dégâts sont observés sur 55 % des ouvrages. La présence de différentes natures de contraintes géomorphologiques ne justifie pas à elle seule l'état abîmé des maisons. La modification de l'utilisation des versants, les contraintes économiques et les politiques d'aménagement du territoire qui n'intègrent pas la gestion des risques naturels interviennent également. Cette recherche représente une première étape vers l'étude de la vulnérabilité et du risque associé aux glissements de terrain. Elle permet aussi d'apporter certains éclaircissements en vue d'une amélioration de la gestion de l'aménagement du territoire. Ce type d'étude, bien que locale, est nécessaire pour la compréhension des processus en général et constitue la base des connaissances fondamentales qui soutiennent toute étude régionale.

Mots-clés : glissements de terrain, dégâts au bâti, contraintes géomorphologiques, vulnérabilité structurelle, enquêtes de terrain, Bukavu

Balegamire Clarisse, Département de Géophysique, Centre de Recherche en Sciences Naturelles de Lwiro, RD Congo, clarabalega@gmail.com

Delveaux Damien, Department of Earth Sciences, Royal Museum for Central Africa, Belgique

Dewitte Olivier, Department of Earth Sciences, Royal Museum for Central Africa, Belgique

Imani Gérard, Faculté des Sciences et Sciences Appliquées, Université officielle de Bukavu, RD Congo

Michellier Caroline, Department of Earth Sciences, Royal Museum for Central Africa, Belgique

Muhigwa Jean Berckmas, Faculté des Sciences et Sciences Appliquées, Université officielle de Bukavu, RD Congo



Capacité de charge du flux touristique et politiques de gestion durable dans les grottes du Bue Marino (Sardaigne centre-orientale)

Benedetto Graziella, Carboni Donatella

Ce travail a été réalisé le long de la côte centre-orientale de la Sardaigne dans une grotte marine développée dans la falaise calcaire du Mésozoïque, où la mer est particulièrement riche en biodiversité et d'un grand intérêt socio-économique et culturel. Chaque année, cette grotte est visitée par environ 100 000 touristes.

Le problème du compromis entre la conservation et la mise en valeur des ressources environnementales est une question cruciale dans les études concernant l'économie de l'environnement et l'économie du tourisme. La connaissance scientifique de base joue un rôle clé dans le processus de planification des interventions multi-objectifs visant à la préservation, la mise en valeur et l'utilisation de la biodiversité. D'autre part, la grotte du Bue Marino joue un double rôle: quand elle est l'attraction principale des flux touristiques, elle peut agir comme un moteur de croissance en canalisant les touristes "en provenance de la grotte vers le territoire "; mais elle peut aussi être considérée comme une attraction secondaire dans un processus de planification stratégique conduisant les touristes "en provenance du territoire vers la grotte".

Les approches analytiques et les modèles de gestion novateurs utilisés pour le développement du tourisme durable sont nombreux: dans la littérature scientifique, un indicateur clé est représenté par la «Capacité de Charge Touristique»(CCT) des destinations. L'Organisation Mondiale du Tourisme (OMT) définit la capacité de charge d'une station touristique comme étant le nombre maximum de personnes qui visitent pendant la même période, un endroit particulier sans compromettre son environnement physique, économique et socio-culturel et sans réduire la satisfaction des touristes. Son évaluation devient un élément clé dans la planification de la gestion efficace des infrastructures et des ressources locales au service des touristes, mais aussi de la population locale. De nombreuses études ont été menées au niveau international visant à l'évaluation de la CCT comme un élément de guidage dans la gestion des sites touristiques environnementaux et culturels, des zones protégées naturelles aux villes d'art. La surveillance environnementale des indicateurs climatiques internes de la grotte est au service de l'évaluation de la CCT dans la mesure où on se demande comment le "système grotte" réagit à l'impact du tourisme.

L'exploitation touristique, en fait, peut conduire à des changements environnementaux physico-chimiques; en particulier la présence humaine détermine une augmentation du CO₂ (en particulier si l'échange d'air avec l'extérieur est restreint).

Dans certaines "grottes touristiques", l'augmentation de la concentration en CO₂ et l'utilisation de systèmes d'éclairage artificiel (inadapté) ont conduit à la colonisation des concrétions par des organismes photosynthétiques. Selon le Registre régional spéléologique, en Sardaigne 3000 grottes terrestres et marines avec une grande biodiversité faunistique ont été répertoriées. Plusieurs sont accessibles aux touristes et



sont visitées chaque année: mais rares sont les études et les relevés précis sur la charge touristique appropriée à l'utilisation durable de la grotte et aux mesures du nombre de visiteurs. Même la liaison avec les changements climatiques enregistrés à l'intérieur de la grotte n'est pas bien connue.

Cette étude vise à déterminer si le flux touristique actuel doit être considéré comme optimal par rapport à l'impact environnemental, mais aussi économique et social. Les résultats peuvent être utiles aux gouvernements locaux dans le but d'une gestion optimale des terres.

Il s'agit ici d'une étude de cas exploratoire. Les données sur le scénario du tourisme actuel ont été recueillies. Les Grottes du Bue Marino ont été contrôlées avec l'installation d'outils adéquats pour la mesure de la température, de l'humidité et du CO₂. De même, le nombre exact de visiteurs a été relevé par le placement d'un « compteur » à l'entrée de la grotte.

L'analyse des données a permis une première évaluation écologique et économique de l'impact touristique sur le système de la grotte. L'élaboration des données quotidiennes et mensuelles pour la période d'ouverture complète de la grotte sera présentée.

L'utilisation d'une telle approche peut également être reproduite dans d'autres sites d'intérêt environnemental et/ou naturel. Ces premiers résultats peuvent être considérés comme une référence utile pour les politiques de gestion et de nouvelles perspectives de recherche.

Mots-clés :

Benedetto Graziella , Département des Sciences de la Nature et des Ressources environnementales (DIPNET), Université de Sassari, gbenedet@uniss.it

Carboni Donatella , Département des Sciences humaines (DUMAS), Université de Sassari, carbonid@uniss.it



Quels impacts des changements climatiques sur le vignoble de Bourgogne ?

Bois Benjamin, Pérard Jocelyne

Parmi les vignobles français, celui de Bourgogne s'identifie par des caractères spécifiques, en résonance avec les impacts des changements climatiques. C'est d'abord un vignoble septentrional dont les vins sont en majorité produits à partir d'un seul cépage : le chardonnay (48%), l'aligoté (6%) pour les blancs ; le pinot noir (35%) et le gamay (9%) pour les vins rouges. Il est de taille modeste (3,8% du vignoble français), couvrant environ 31 000 ha, dont près de 28 000 ha en AOC, dans 4 catégories : des appellations « régionales » (9), « villages » (41), « premiers crus » (562) et « grands crus » (34). Il s'étend sur 230 Km du nord au sud, partagé entre 5 unités principales (Chablisien-Grand Auxerrois, Côte de Nuits, Côte de Beaune, Côte Chalonnaise et Mâconnais) comprenant, le plus souvent, de très petites parcelles vigneronnes. Aux parcelles délimitées et nommées depuis des siècles, on donne ici le nom de « climats ». Chacun d'eux, assimilable à la fois au lieu-dit et au terroir, possède des conditions pédo-géologiques et climatiques particulières et est identifié en AOC. Le 4 juillet 2015, 1247 « climats » (sur un total de plusieurs milliers) de la Côte de Nuits et de la Côte de Beaune ont été inscrits sur la liste de patrimoine mondial par l'UNESCO, confirmant l'importance des enjeux du vignoble bourguignon face au réchauffement climatique en cours et celui prévu jusqu'à la fin du siècle.

L'étude sur les impacts des changements climatiques est conduite à partir des derniers scénarios donnés par le GIEC (Van Vuuren et al., 2011) et des résultats de modèles régionaux élaborés par « focalisation régionale » (downscaling), avec l'apport de données de stations météorologiques, dont des capteurs du programme TERVICLIM placés dans les parcelles. Les impacts actuels observés s'appuient également sur les longues séries de relevés des stades phénologiques et sur des modèles couplés climat/vigne (Garcia de Cortazar et al., 2009 ; A. Parker et al. 2001) qui permettent aussi, par projection, d'identifier et d'estimer les modifications probables à l'horizon 2100. À ce titre, le modèle *oidium* de Caffi (Caffi et al., 2011), couplé à des modèles climatiques a été testé sur le vignoble de Bourgogne pour suivre l'évolution conjointe de la maladie cryptogamique et du climat observée et simulée et prévoir les futures interventions phytosanitaires (S. Zito, 2015).

Le changement climatique en cours, se manifeste d'abord et surtout par une hausse des températures moyennes (+ 0,7° en Bourgogne durant le 20^e siècle), marquée et constante depuis les années 1980. Cette hausse est particulièrement sensible durant la période végétative d'avril à octobre : dans la Côte de Beaune, par exemple, la moyenne de cette période a augmenté d'environ 2° entre 1980 et les années 2000. 2003 se distingue comme l'année la plus chaude durant la saison viticole depuis la fin du XIX^e siècle et sans doute depuis le Moyen-Âge (Chuine et al., 2004). Les minima thermiques ont moins progressé, avec persistance de gel printanier, mais sans évolution récente significative. Les précipitations ne montrent pas de tendance nette mais, pour Dijon, sur la série débutant en 1880, les cumuls annuels marquent une légère progression à partir des années 1980. La hausse des pluies est plus sensible en période hivernale, alors que les cumuls estivaux restent stables, malgré les fortes chaleurs récurrentes et cela peut-être en liaison avec une



plus grande occurrence d'orages intenses, à épisodes de grêle (cf. Volnay, 2012, 2013, 2014).

Jusqu'ici, et malgré quelques impacts négatifs, on note des effets plutôt bénéfiques pour le vignoble bourguignon.

Ainsi le réchauffement récent a conduit à une plus grande précocité des stades phénologiques repères de la vigne, plus marquée pour la véraison et la maturité, comme dans les autres régions viticoles françaises. En Bourgogne, l'avance est de 10 à 15 jours depuis la fin des années 70, par exemple, à Beaune, Aloxe-Corton ou La Rochepot dans les Hautes Côtes. Les vendanges, qui débutaient en moyenne fin septembre dans les années 60, commencent maintenant à la mi-septembre et parfois beaucoup plus tôt, comme en 2003 (19 août). Autre impact positif du réchauffement : l'augmentation du nombre de bons et très bons millésimes même si, certaines années, des épisodes pluvio-orageux extrêmes, favorisés par la topographie de la Côte viticole (ses « combes » sont des incubateurs d'orages), limitent la quantité des récoltes. Dans les vignobles des Hautes Côtes de Nuits et de Beaune, les avantages enregistrés sont les plus évidents : ainsi, en Hautes Côtes de Nuits on comptait en moyenne un à deux très bons millésimes par décennie jusqu'au début des années 80 ; depuis les années 1990, avec la chaleur accrue, on en recense au moins 8, sachant que les avancées scientifiques et techniques récentes en viticulture et en œnologie contribuent aussi à une plus grande qualité des vins.

Cette conjoncture favorable pour les vignobles septentrionaux en général, indéniablement induite par le changement climatique, pourrait avoir une durée limitée : pour la Bourgogne c'est sans doute après 2030 que les impacts positifs cèderont le pas, plus tôt ou plus tard, selon celui des scénarios proposés par le GIEC qui s'imposera. Les derniers scénarios RCP (Representative Concentration Pathways) du GIEC et des modèles climatiques plus fins, montrent que la hausse des températures devrait s'accroître sur le vignoble (S. Zito, 2015) : selon les scénarios choisis, les minima progresseraient de 1,4° à 2,1° entre 2046 et 2100 et de 1,2° à 4,3° sur l'intervalle 2081-2100, par rapport à la période de référence 1980-2000 ; pour les maxima, les simulations donnent respectivement de 1,6° à 2,5° (2046-2100) et de 2,5° à 4,9° (2081-2100). Pour les précipitations, les différents modèles donnent des prévisions hétérogènes sur les régions tempérées. Pour la Bourgogne, ils simulent plutôt une légère diminution des précipitations (et de l'humidité) jusqu'à la fin du siècle, avec une plus forte variabilité interannuelle. Une autre prévision prend la forme d'une menace pour l'avenir des « climats » de Bourgogne : la fréquence accrue d'événements climatiques extrêmes, notamment les orages violents, canicules, sécheresses. A ce titre, l'année 2003 préfigure l'avenir : des vignes en partie détruites par le « grillage » lié aux maxima excessifs et au manque d'eau ; une érosion et un « débeurrage » des parcelles exacerbés ; des vins très, trop alcoolisés, à l'acidité réduite aliénant la typicité des crus et leur aptitude être « vins de garde ». Toutefois, grâce à leur flexibilité remarquable et aux efforts de sélection de clones, nul doute que les cépages bourguignons sauront s'adapter à la nouvelle donne climatique.

Reste le pronostic, encore mal cerné, concernant les forçages des changements climatiques sur la pression des maladies et des ravageurs de la vigne. À l'image de la tordeuse eudémis et de certains acariens dont les populations explosent déjà dans les



parcelles grâce aux températures plus clémentes, on peut craindre une pression accrue des maladies cryptogamiques et des maladies à virus ou à phytoplasmes. L'application du modèle de Caffi, complété par des enquêtes chez les vigneronnes a permis une meilleure connaissance de l'évolution de l'oïdium sur le long terme dans les 5 sous-régions viticoles : alors que le monde viticole bourguignon dans son ensemble perçoit une atteinte plus marquée des attaques de l'oïdium au cours des dernières décennies, le modèle révèle une certaine stabilité de la pression phytosanitaire aussi bien dans la période d'observations (1980- 2000) que celle de simulation, jusqu'à la fin du siècle. La durée de réceptivité de la vigne à la maladie demeure relativement constante dans le temps mais, avec la modification de la phénologie liée aux changements climatiques, la période de sensibilité à la maladie avancera d'environ 30 jours dans l'année d'ici 2100, confortant l'agressivité de l'oïdium. Toutefois, ces résultats laissent des incertitudes, par exemple, celles concernant la prépondérance des paramètres climatiques sur d'autres facteurs dans l'évolution de la maladie. Il paraît nécessaire de compléter cette étude en prenant aussi en compte le mildiou qui apparaît et est traité en même temps que l'oïdium. Reste la question des liens possibles entre les changements climatiques et l'arrivée ou l'extension récente de nouvelles maladies létales pour la vigne, ou de ravageurs (comme la mouche Susuki). La plus inquiétante est, avec les maladies du bois (eutypose et esca), la flavescence dorée qui conduit à l'arrachage des vignes. Jusqu'à ces dernières années, elle restait, comme son insecte vecteur, la cicadelle, confinée aux latitudes méditerranéennes, mais elle gagne peu à peu le vignoble de Bourgogne. Cette remontée vers le nord semble logiquement liée à l'accentuation des températures. Un programme de recherche de l'Université de Bourgogne va tenter de le vérifier. En tout cas, au moment où le développement durable, la dépollution et les économies d'énergie sont déclarés prioritaires, avec une nécessaire réduction (suppression ?) des intrants et des traitements phytosanitaires classiques, certains des impacts du changement climatique constituent des menaces prégnantes.

Mots-clés : changements climatiques, impacts, vigne, vin, Bourgogne

Bois Benjamin , CRC/ Biogéosciences UMR CNRS 6282, Chaire UNESCO « Culture et Traditions du Vin », Université de Bourgogne
Pérard Jocelyne , Chaire UNESCO « Culture et Traditions du Vin », CRC, Université de Bourgogne



Tendances pluviométriques et aléa inondation à l'Extrême-Nord Cameroun

Bouba Lucas, Sauvagnargues Sophie, Gonne Bernard, Ayrat Pierre-Alain, Ombolo Auguste

En milieu tropical, de nombreux travaux scientifiques (Sighomnou, 2012, Descroix et al., 2010, Séné et Ozer, 2002, etc...) ont permis d'établir que le régime hydrologique, qui est de type pluvial, représente la première cause des aléas inondation. Le présent papier a pour objectif de rechercher l'existence d'un lien temporel entre les inondations survenues dans la région de l'Extrême-Nord (21 événements) et les tendances de la pluviométrie observées. Les travaux s'appuient sur des précipitations interannuelles et mensuelles enregistrées sur une durée maximum de 77 ans (1935-2011), sur neuf stations: Maroua, Mokolo, Kaélé, Doukoula, Yagoua, Mora, Hina-Marbak, Kousseri, Makari. Les stations retenues et les périodes étudiées obéissent aux critères de qualité de données (absence de lacunes) et aux exigences de l'Organisation Mondiale de la Météorologie (30 ans d'observations). Les mois de juillet, août et septembre sont à fort potentiel d'inondations, et des analyses y sont particulièrement réalisées. Ainsi, des tests de Pettitt et la procédure de segmentation d'Hubert ont été appliqués dans le but de déceler d'éventuels changements de pluviométrie. De plus, afin d'examiner la sévérité de la sécheresse météorologique, la méthode des indices pluviométriques standardisés a été utilisée.

La confrontation de ces résultats avec l'historique des événements d'inondations, collecté et mis en forme pour cette étude, survenues dans la région de l'Extrême-Nord Cameroun montre qu'il n'existe pas de lien absolu entre les tendances de la pluviométrie et ces événements d'inondation.

Mots-clés : régime pluviométrique, tendances, aléa inondation, Extrême-Nord Cameroun

Ayrat Pierre-Alain, Ecole des mines d'Alès (France), pierre-alain.ayral@mines-ales.fr

Bouba Lucas, Université de Maroua (Cameroun) et Ecole des mines d'Alès (France), jss.bouba.lucas@gmail.com

Gonne Bernard, Université de Maroua (Cameroun), gonnebernard@yahoo.fr

Ombolo Auguste, Université de Maroua (Cameroun), ombodeleb@yahoo.fr

Sauvagnargues Sophie, Ecole des mines d'Alès (France), sophie.sauvagnargues@mines-ales.fr



Alger, dysfonctionnement urbain face au risque sismique

Chadli Mohamed, Djender Djouab Fetta

De tout temps, les séismes ont engendré des catastrophes et des pertes humaines et économiques colossales, qui des siècles plus tard marquent les esprits, comme celui de Lisbonne. Mais aujourd'hui, avec le développement des moyens de télécommunications, nous enregistrons plusieurs événements mondiaux, en un seul temps. Ceci génère en nous un sentiment d'instabilité et une conscience absolue de notre vulnérabilité et celle nos systèmes.

Notre plus grande faiblesse est la concentration de plusieurs enjeux dans un espace réduit.

Alger est la capitale politique et économique du pays, lieu de concentration de population, de sièges de commandes, de services et d'entreprises à rayonnement national et international.

Elle est le siège de nombreux séismes intenses qui ont engendré des pertes humaines et matérielles importantes. L'origine de ces séismes revient aux caractéristiques tectoniques de l'Algérie.

Le pays s'intègre dans la région ibéro-maghrébine qui est une région à tectonique complexe et qui se situe à la frontière des plaques africaines et eurasiennes

Entre 2001 et 2003, les deux événements catastrophiques, qu'a connu la capitale, à savoir les inondations de de Bab El Oued et le séisme de Boumerdes, ont mis en exergue une réalité urbaine tout aussi dramatique.

L'étalement urbain, qui par conséquent dans le monde entier génère bien des problématiques, à savoir grand consommateur d'espaces et de ressources naturelles et énergétiques.

Il est dans les pays en développement, face à la rapidité de la croissance urbaine et l'incapacité des autorités concernées à le gérer, générateur de problèmes encore plus complexes. Les assiettes d'occupation sont souvent localisées en périphérie, sur des terrains pour la plupart inconstructibles, sans perdre de vue l'importance de la masse de population qui y réside.

Les coûts que peuvent engendrer les catastrophes naturelles sont très élevés. Et on l'a vu au Japon en 2011, avec le tsunami qui a dévasté la région de Fukushima.

Dans les pays en développement où l'économie est déjà faible, les coûts de la crise sont plus élevés. Et s'accroissent au fur et à mesure que la période de crise s'allonge. Le retour à la normale peut s'avérer de plus en plus difficile. Comme c'est le cas pour Haïti, après le



séisme de 2010, où des années plus tard elle n'est toujours pas reconstruite, face à l'instabilité politique du pays.

Un plan de prévention des risques a comme objectif un retour à la normale rapide, après l'avènement d'une crise suite à la réalisation de l'aléa. On ne peut élaborer un plan opérationnel dans un système en déséquilibre en temps normal.

Le dysfonctionnement urbain d'Alger, peut handicaper tout un pays. Les enjeux qu'elle comporte la rendent plus vulnérable.

Dans notre communication nous insisterons sur :

- les conséquences du séisme de 2003,
- l'évaluation de la vulnérabilité sismique d'Alger,
- la place de la politique de prévention des risques dans la politique d'aménagement du territoire,
- l'analyse du dysfonctionnement urbain face au risque sismique,
- les perspectives d'avenir d'Alger dans le concept de développement durable.

Mots-clés : Alger, risque sismique, vulnérabilité, enjeux, dysfonctionnement urbain

Chadli Mohamed, USTHB, Bab Ezzour, Alger, mdchadly4@yahoo.co.uk

Djender Djouab Fetta, USTHB, Bab Ezzour, Alger, fettadjouab@yahoo.fr

La protection des populations exposées aux risques de mouvements de terrain

Chaouki Azzeddine

Le monde du pourtour méditerranéen, de par sa morphologie, sa géologie et son climat, est exposé régulièrement aux inondations et aux mouvements de terrain qui peuvent se manifester parfois brutalement et s'avérer catastrophiques pour l'Homme et pour ses biens. Les risques engendrés par ces aléas sont plus importants pour les pays du Sud que pour les pays du Nord qui déploient beaucoup de moyens techniques et financiers pour pallier ces problèmes.

Pour les pays du Sud, les efforts sont disparates, ils ne concernent souvent que les zones déjà en mouvement, en vue de corriger leurs pentes. Cependant, des travaux de recherches se sont penchés sur le phénomène et des réalisations cartographiques sont régulièrement faites par des chercheurs universitaires.

Pour notre part, une réalisation cartographique prévisionnelle des risques a été établie pour la région de Bab-Taza, dans le Rif marocain, près de Chefchaouen, qui connaît plusieurs types de mouvements dont les coulées boueuses, les glissements de terrain, les écroulements et les fluages. Il s'agit de la carte prévisionnelle des risques de mouvements de terrain, pour la région de Bab-Taza. La réalisation de cette carte des risques est basée sur l'étude des facteurs, internes et externes qui les ont engendrés.

Dans un premier temps, nous avons localisé et recensé les zones en mouvement héritées ou actuelles, actives ou dormantes, présentes dans la zone de Bab-Taza (près de Chefchaouen) et ensuite, nous avons réalisé une cartographie prévisionnelle des risques de mouvements de terrain pour la zone d'étude, à partir de la carte d'aléas qui intègre l'inventaire de ces mouvements ainsi que les facteurs susceptibles de jouer un rôle dans leurs déclenchements, à savoir la géologie, la morphologie, le climat, le couvert végétal et l'occupation humaine (qui est à la fois un facteur de déclenchement et un enjeu, menacé par ces aléas).

Enfin, la carte de synthèse, appelée carte prévisionnelle des risques, est le produit des éléments de l'occupation du sol, hiérarchisés et indexés selon leur importance, par l'aléa.

Mots-clés : Bab-Taza, Mouvements de terrain, Aléas, Risques, Cartographie prévisionnelle

Chaouki Azzeddine, F. L. S. H. Mohammedia, Université Hassan II Casablanca, azzeddinechaouki@yahoo.fr



La cartographie de l'aléa érosif dans la forêt de Bkassine (Liban Sud)

Charbel Laurence, El Hage Hassan Hussein

La forêt des Pins-pignons (*Pinus pinea*) de Bkassine qui occupe 1261 ha demeure la plus étendue au Proche-Orient. Cet espace forestier se trouve marqué par l'érosion hydrique et le glissement de terrain.

La forêt de Bkassine, majoritairement localisée sur les pentes supérieures à 20%, se développe sur une formation de grès ferrugineux du Crétacé inférieur. L'épaisseur de cette couche atteint les 220 m. La stratification est en couches lenticulaires variant entre de 0.20 à 1 m d'épaisseur. Les grains sont alternativement des grains fins et grossiers. Des argiles sont inter-stratifiées dans le grès. Cette forêt est parcourue par un réseau hydrographique alimenté d'une vingtaine de sources jaillissantes dans la forêt. Les moyennes annuelles des précipitations avoisinent les 1300 mm.

Pour établir la carte de l'aléa érosif, nous proposons une approche qualitative en se basant sur un modèle multicritère intégré dans un système d'information géographique en faisant référence à d'autres études comme : Le Bissonnais *et al.*, 1998 ; Bou Kheir, M.-C. Girard, 2001 ; El Hage Hassan *et al.*, 2015). Cette approche combine plusieurs facteurs (géologie, sol, morphologie, couvert du sol) à des poids différents :

$$\text{sol} * 0.19 + \text{pente} * 0.19 + \text{lithologie} * 0.19 + \text{précipitation} * 0.19 + \text{couverture du sol} * 0.24$$

Ces poids respectifs ont été discutés et définis par des chercheurs du CNRS libanais (G. Faour, ...) et font références à des études précédentes (Lenthe et Krone, 1981 ; Morgan, 1986 ; Luken et Krone, 1989 ; El Hage Hassan *et al.*, 2015). Le résultat est une carte d'aléa érosif divisée en trois classes, aléa faible (indice = 0 -2,2) : 39 ha (3 % de la surface totale), aléa moyen (indice = 2,2-3,2) : 606 ha (48 % de la surface totale) et aléa fort (indice = 3,2-4,2) : 615 ha (49 % de la surface totale).

Mots-clés : Forêt, aléa érosif, Bkassine, image d'interprétation

Charbel Laurence, Université Libanaise, Beyrouth, Département de Géographie., laurence_charbel@yahoo.com
El Hage Hassan Hussein, Laboratoire de recherche: CEDETE (EA 1210), Université d'Orléans, Université Libanaise, Beyrouth, Département de Géographie., houssein.el-hage-hassan@univ-orleans.fr



Gestion du risque d'érosion côtière en Côte d'Ivoire : Cas du déguerpissement dans la commune de Port-Bouët à Abidjan

Comoe Raymond, Ozer Pierre

L'Etat de Côte d'Ivoire a décidé, depuis 2011, de faire déguerpir les populations des zones à risques du District Autonome d'Abidjan afin de réduire les impacts des catastrophes naturelles. La dernière vaste opération de déguerpissement concerne l'assainissement du littoral dans la commune de Port-Bouët menacé, selon les autorités, par l'avancée de la mer.

Cette recherche a pour objectif d'analyser l'évolution du trait de côte dans la commune de Port-Bouët sur la période 2001-2016 et de mesurer la superficie de terrains bâtis déguerpie par les autorités en octobre 2014. Pour atteindre ces objectifs, la dynamique côtière et la superficie de la zone littorale déguerpie sont analysées en utilisant les images à très haute définition spatiale disponibles en accès libre sur *Google Earth* entre 2001 et 2016.

La comparaison diachronique des 29 images satellitaires accessibles sur *Google Earth* sur la période s'étendant de juin 2001 à janvier 2016 montre que le trait de côte est relativement stable sur toute l'étendue de la commune de Port-Bouët. Par ailleurs, le déguerpissement de fin 2014 s'étend sur un trait de côte de 10,4 km. Le plus souvent densément lotie, la zone détruite va de la route principale à la plage, soit sur une largeur qui varie entre 63 et 289 m. La superficie totale déguerpie est de 123,75 ha.

Le déguerpissement est synonyme de déplacement forcé, violent et autoritaire qui a des conséquences directes et indirectes sur la vie sanitaire, économique et sociale des populations concernées. En outre, les prétextes avancés pour justifier ce déguerpissement sont la menace avérée de l'érosion du littoral de Port-Bouët et la construction d'une autoroute reliant Abidjan à Grand-Bassam. Or, notre analyse prouve que la dynamique côtière y présente une relative stabilité au cours des 15 dernières années. Cet argument n'est donc pas vérifié. Par ailleurs, un déplacement forcé de populations doit répondre à un certain nombre d'exigences, dont la Convention de Kampala (ratifiée par la Côte d'Ivoire) qui assure la protection des personnes déplacées internes suite à des catastrophes naturelles, des projets de développement ou des conflits armés. La Côte d'Ivoire s'est donc engagée à « *apporter une compensation juste et équitable, et à fournir d'autres formes de réparation, le cas échéant, aux personnes déplacées pour les dommages résultant du déplacement* ». Manifestement, cela n'a pas été respecté.

Mots-clés : Erosion littorale, déplacement forcé, Convention de Kampala, Abidjan, Côte d'Ivoire

Comoe Raymond, Direction Générale des Eaux et Forêts de Côte d'Ivoire, Abidjan, Côte d'Ivoire, bracomoe@yahoo.fr
Ozer Pierre, Département des Sciences et Gestion de l'Environnement (DSGE), Campus d'Arlon, et Observatoire Hugo, Université de Liège, Belgique, pozer@ulg.ac.be



Analyse multi-risques dans la municipalité de Coimbra (centre-ouest du Portugal). L'omniprésence du climat et l'importance anthropique

Cunha Lúcio, Dimuccio Luca Antonio

Certains événements naturels deviennent dangereux seulement quand ils touchent des aires (directement ou indirectement) peuplées. Les catastrophes naturelles sont le résultat combiné des processus dangereux (aléas), d'une part, et de l'exposition-fragilité de la société (vulnérabilité), d'autre part. Comme le montant des pertes dues aux catastrophes augmente à un rythme remarquable, l'identification des risques environnementaux (naturels, technologiques et mixtes), leur évaluation et gestion deviennent très importants, en particulier en ce qui concerne les méthodes et les applications pratiques. Dans ce contexte, la demande croissante des espaces urbains, combinée à l'absence des politiques ajustées de la planification territoriale, conduisent à l'augmentation des problèmes environnementaux, avec un accent particulier sur celles qui sont liées aux risques naturels, y compris la sécurité des populations. Par conséquent, la compréhension d'ensemble des aléas et de la vulnérabilité deviennent les clés pour aborder les catastrophes.

L'objectif général de cette étude préliminaire est de définir une modélisation spatiale intégrée des risques naturels pour la municipalité de Coimbra (centre-ouest du Portugal), permettant établir des priorités d'intervention pour sa mitigation. En effet, la zone choisie pour l'étude est un exemple de la persistance des événements naturels potentiellement dangereux, dans le temps et dans l'espace, en particulier ceux liés aux influences environnementales typiques du climat méditerranéen (les phénomènes météorologiques extrêmes, les vagues de chaleur et de froid, les inondations, les glissements de terrain, les incendies de forêt). Habituellement, l'évaluation des risques se concentre sur les aléas et les vulnérabilités individuelles, mais l'importance d'un abordage collectif des aléas a été reconnue ici. En effet, l'objectif est de développer une compréhension plus complète des multi-aléas naturels en évaluant et faisant la cartographie, soit du danger relatif ou des pertes attendues (sociaux, économiques, environnementaux). La survenance d'événements naturels dangereux dans un territoire sélectionné est crucial pour définir soit la susceptibilité, soit la probabilité d'occurrence d'événements indésirables et dangereux, ainsi que pour étudier la possibilité d'un événement naturel de pouvoir déclencher un autre - effet de cascade ou domino.

Cette recherche intègre différentes approches méthodologiques (définition d'un index multi-risque, des réseaux de neurones artificiels, des systèmes d'information géographique, analyse probabilistique) sur le même territoire. Des cartes de risques monothématiques au niveau de la municipalité seront produites. Cette analyse permettra de créer un cadre contenant les principaux processus dangereux et la plupart des relations complexes et les interconnexions entre eux, ainsi que la cartographie précise des différents degrés de zones multi-risque, très important pour atteindre un modèle de gestion intégrée pour la municipalité de Coimbra.



Dans cette perspective, il sera possible de planifier les actions nécessaires pour réduire (ou atténuer) l'aléa, l'exposition et la vulnérabilité, et pour promouvoir le développement d'un système territorial résilient.

Mots-clés : Municipalité de Coimbra, multi-risques, aléa, vulnérabilité, climat

Cunha Lúcio, CEGOT, Centro de Estudos de Geografia e Ordenamento do Território, Faculdade de Letras, Universidade de Coimbra, 3004-530 Coimbra, Portugal, luciogeo@ci.uc.pt

Dimuccio Luca Antonio, CEGOT, Centro de Estudos de Geografia e Ordenamento do Território, Faculdade de Letras, Universidade de Coimbra, 3004-530 Coimbra, Portugal, luca@ci.uc.pt



Le Criquet pèlerin sera-t-il le déclencheur de l'effondrement de l'Afrique de l'Ouest ?

Diallo Youssouf, Cissé Sory, Ozer Pierre

Situé au cœur de l'Afrique de l'Ouest, le Mali est confronté ces dernières années à une succession de crises profondes : dégradation des conditions climatiques et environnementales, précarisation croissante de la sécurité alimentaire, développement de mouvements armés et terroristes dans le pays, instabilité institutionnelle, etc. Aussi, à l'instar de plusieurs pays de la région, le Mali fait périodiquement face aux invasions du Criquet pèlerin, *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) (Orthoptera: Acrididae). Cet insecte redoutable est capable de passer d'une forme solitaire inoffensive à une forme grégaire vorace en formant des essaims et des bandes larvaires qui s'attaquent aux cultures et pâturages en provoquant des dégâts importants.

Dans ce contexte, les conséquences d'une invasion acridienne seraient inestimables car elles contribueraient à accroître la vulnérabilité du pays et à renforcer l'instabilité à travers le bouleversement des stratégies de survie. La stratégie actuellement adoptée par l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO) et l'ensemble des pays affectés repose sur la lutte préventive. Celle-ci est destinée à réduire les occurrences des invasions à travers la surveillance et le traitement localisé sur les premiers regroupements des populations acridiennes dans les aires grégarigènes qui sont situées au cœur du désert, correspondant à des ensembles écologiques relativement réduits et dispersés à travers l'Adrar des Iforas, le Timétrine et le Tamesna au Nord du Mali. C'est dans ces ensembles écologiques que se produisent des séquences de reproduction et de multiplication importantes de l'insecte aboutissant, en l'absence de tout contrôle, à des invasions périodiques des zones de cultures, situées plus au sud du pays.

Par ailleurs, depuis les évènements survenus au nord du pays en 2012, la capacité nationale de surveillance et de lutte contre ce fléau s'est retrouvée complètement anéantie. Les moyens logistiques et matériels du Centre National de Lutte contre le Criquet pèlerin, dont la principale base d'intervention se trouve à Gao, ont été systématiquement pillés ou emportés par différents groupes armés.

La présente étude questionne les impacts potentiels régionaux d'une invasion acridienne de grande ampleur dans un contexte de fragilité absolue au Mali et ailleurs dans les pays limitrophes. Ainsi, sur la base de l'analyse des données acridiennes mensuelles historiques de la FAO (1978-2016), nous constatons que le Nord du Mali pourrait être – plus que jamais – une source développement des Criquets pèlerins puisque les missions de surveillance n'y sont plus réalisées. Aussi, plus de 20 millions de sahéliens souffrent depuis 2011 d'insécurité alimentaire suite à des conditions climatiques défavorables et près de 3 millions de personnes sont actuellement déplacées à cause de conflits armés ou de malnutrition. La résilience de ces populations à un choc diffus supplémentaire d'envergure étant devenue très faible, les conséquences d'une invasion acridienne pourraient déclencher l'effondrement sociopolitique de la sous-région. Dans ce document, nous



tentons de développer le concept de terrorisme environnemental sous cette nouvelle forme, potentiellement très dévastatrice en termes de déstabilisation régionale.

Mots-clés : Risque, terrorisme, Criquet pèlerin, vulnérabilité, résilience, Mali

Cissé Sory , Centre National de Lutte contre le Criquet pèlerin, Bamako, Mali

Diallo Youssouf , Centre National de Lutte contre le Criquet pèlerin, Bamako, Mali, diallyouss@gmail.com

Ozer Pierre , Département des Sciences et Gestion de l'Environnement (DSGE), Campus d'Arlon, et Observatoire Hugo, Université de Liège, Belgique, pozer@ulg.ac.be



La côte atlantique de Tanger face aux changements climatiques : risques et aménagements

El Abdellaoui Jamal Eddine

La côte atlantique de Tanger présente un tracé rectiligne et se caractérise par des plaines alluviales à caractère estuarien. C'est une côte meuble à dunes côtières et marais littoraux. La pente de l'estran est faible à moyenne. Les houles de fréquence décennale atteignent 7 à 9 m d'amplitude. La marée est de type semi-diurne avec un régime mésotidal. Le marnage est de l'ordre de 2 à 3 m.

Les houles exceptionnelles conjuguées aux marées de vive eau occasionnent l'élévation brusque du niveau local de la mer. Dans ces conditions les eaux marines atteignent facilement le cordon littoral. En effet, les caractéristiques géomorphologiques d'une côte basse à faible pente ouverte sur l'océan facilitent la pénétration des eaux marines à l'intérieur du continent, ce qui augmente la vulnérabilité de la côte vis-à-vis des risques d'inondations marines.

Selon certains auteurs, le réchauffement climatique de la terre provoquera l'élévation du niveau moyen des océans de 20 cm à 1m d'ici la fin du 21ème siècle. Si l'élévation progressive du niveau moyen de la mer n'aura pas d'effets dévastateurs brusques, elle aura par contre un effet aggravateur significatif en périodes de fortes tempêtes. Notamment dans le cas de côtes basses soumises à des conditions hydrodynamiques relativement sévères. L'altération et la destruction des cordons dunaires suite aux aménagements côtiers mal adaptés accroîtront les effets dévastateurs d'une inondation.

Dans ce travail, une cartographie des zones vulnérables à l'inondation marine a été effectuée en tenant en compte d'un côté des conditions hydrodynamiques extrêmes (tempêtes et tsunamis) et de l'autre côté d'une éventuelle élévation du niveau de la mer suite au réchauffement climatique.

Il ressort de cette analyse que deux précautions doivent être retenues à titre préventif. La première, nécessite la protection et le renforcement du système de cordons dunaires côtiers qui constitue un système de défense naturel d'avant garde. La seconde est d'éviter de bâtir au niveau des couloirs à basse topographie. Ces derniers pourront constituer de réelles voies de pénétration des eaux marines avec les dépressions et les plaines alluviales en arrière pays, en cas d'éventuels tsunamis. D'où l'intérêt de libérer ces voies pour faciliter la canalisation des eaux marines vers des zones plus vastes. Ceci atténuera le flot en période d'inondation. L'aménagement de ces couloirs en zones balnéaires ou d'habitats constituera un risque élevé pour ces derniers. Dans cette optique un schéma directeur d'aménagement adapté aux caractéristiques de la côte atlantique de Tanger et tenant en compte les risques d'inondation marine doit être réalisé.

Mots-clés : Côte basse, réchauffement climatique, tempêtes, tsunami, inondation, vulnérabilité, cartographie



El Abdellaoui Jamal Eddine, Université Abdelmalek Assaâdi, Faculté des Sciences et Techniques – B.P 416, Tanger, Maroc, j.elabdellaoui@fstt.ac.ma



Techniques modernes d'analyse de la morphométrie à l'aide du drone en situations de risque. Étude de cas: le barrage de Belci

Enea Andrei, Romanescu Gheorghe, Stoleriu Cristian Constantin, Iosub Marina, Hapciuc Oana-Elena

Géographiquement, le risque est évalué à partir des facteurs qui conduisent à sa manifestation. Ainsi, en cas de risque hydrologique, les facteurs climatiques, hydrologiques, pédologiques, anthropiques etc. seront impliqués en nécessitant une analyse complète. Les exigences actuelles dans le domaine impliquent l'utilisation des plus récentes données et une très haute résolution, afin d'être capturés tous les détails nécessaires. Parmi les plus importantes de ces bases de données se trouve le modèle numérique du terrain, selon lequel toutes les couches thématiques adjacents à l'analyse seront générées. Traditionnellement, le modèle numérique est généré à partir des cartes ou des plans topographiques, mais l'actualité du résultat est douteuse. Pour cette raison, l'une des alternatives les plus pratiques en ce moment est l'utilisation d'un drone qui permet d'enregistrer des images à haute résolution sous tous les angles pertinents d'une forme de relief, afin que, plus tard, ces images génèrent un modèle numérique du terrain, en utilisant des techniques de SfM (Structure-from-Motion). En plus de l'actualité du résultat obtenu et la haute résolution, il y a aussi l'avantage de répéter la production de ce modèle numérique, à travers de la simple répétition du vol effectué par le drone dans la même zone d'étude. Cela est utile lorsque le risque est analysé à partir d'une perspective évolutive et il est nécessaire de comparer les résultats des différentes saisons, ou avant et après la manifestation d'un certain phénomène. Ainsi, dans le contexte du changement climatique, le degré de risque concernant les crues subites augmente régulièrement, mais l'étude de ces événements est facilitée par l'utilisation d'un drone, comme ce fut aussi la situation analysée dans l'étude de cas du barrage de Belci, qui a éclaté en 1991, provoquant des importantes pertes humaines et des dégâts matériels. Les éléments de morphométrie des ruines du barrage ont été analysés à l'aide d'un drone et le modèle numérique du terrain sur lequel ils se trouvent a été réalisé afin de calculer certains indicateurs morphométriques, pertinents pour le moment de la rupture du barrage.

Mots-clés : accident, barrage ,drone, section active, Taziau

Enea Andrei , Alexandru Ioan Cuza Université de Iasi, Faculté de Géographie et de Géologie, Département de Géographie, Bd. Carol I 20A, 700505, Iasi, Roumanie

Hapciuc Oana Elena , Alexandru Ioan Cuza Université de Iasi, Faculté de Géographie et de Géologie, Département de Géographie, Bd. Carol I 20A, 700505, Iasi, Roumanie

Iosub Marina , Alexandru Ioan Cuza Université de Iasi, Faculté de Géographie et de Géologie, Département de Géographie, Bd. Carol I 20A, 700505, Iasi, Roumanie

Romanescu Gheorghe , Alexandru Ioan Cuza Université de Iasi, Faculté de Géographie et de Géologie, Département de Géographie, Bd. Carol I 20A, 700505, Iasi, Roumanie

Stoleriu Cristian Constantin , Alexandru Ioan Cuza Université de Iasi, Faculté de Géographie et de Géologie, Département de Géographie, Bd. Carol I 20A, 700505, Iasi, Roumanie



Impacts des changements climatiques sur les ressources en eau dans la plaine du Gharb (Maroc)

Fathi Mohamed, Saloui Abdelmalik

Les ressources hydriques au Maroc sont limitées. Néanmoins, les changements climatiques ne sont pas les seuls facteurs définissant la vulnérabilité de ces ressources, les facteurs économiques, démographiques et environnementaux sont aussi des critères à considérer.

La zone d'étude : la plaine du Gharb d'une superficie d'environ 4000 km², est limitée : au nord et nord-est par le pré Rif, à l'ouest par l'océan Atlantique, à l'est par les rides pré rifaines et au sud par la plaine du Chaouia

Cette communication porte sur l'évaluation des changements climatiques sur les ressources en eau dans la plaine du Gharb.

Les changements climatiques peuvent induire également des impacts négatifs sur les ressources en eau :

- Une augmentation de la demande en eau d'irrigation
- La surexploitation des nappes phréatiques
- Une réduction de la capacité de stockage de retenues de barrages (problèmes d'envasement)
- Une dégradation de la qualité des eaux superficielles (la pollution)
- Une augmentation de la salinité des nappes côtières.
- Forte érosion entraînant la dégradation des sols

La Problématique de cette étude est la suivante :

- Quelles seraient les impacts des changements climatiques sur les ressources en eau dans la plaine du Gharb ?

De cette problématique, se posent les questions suivantes :

- La relation entre les ressources en eau de la plaine du Gharb et les précipitations
- Potentialité hydrique limitée dans le temps
- L'influence négative des activités humaines sur les ressources en eau de la plaine du Gharb
- L'eau et le changement climatique sont parmi les crises les plus graves dans les années à venir

Mots-clés : Impacts des changements climatiques, ressources en eau, plaine du Gharb

Fathi Mohamed, Climat et Développement - Casablanca - Maroc, fathimohamed1990@gmail.com
Saloui Abdelmalik



Évaluation de la susceptibilité des coulées de lave dans la partie ouest de l'île de São Miguel (Açores, Portugal)

Gomes Ana, Ramos Anabela

Bien que les éruptions volcaniques ne soient pas les dangers les plus fréquents, ce sont ceux qui, en général, engendrent des impacts économiques, sociaux, culturels et environnementaux importants.

L'archipel des Açores, situé dans l'océan Atlantique Nord et composé de neuf îles, est le résultat de nombreuses éruptions de nature et d'ampleur variables. L'île de São Miguel est à la fois la plus grande en superficie (environ 746 km²) et en population (137 699 personnes, soit 57% de la population de l'archipel). Ses deux plus grandes municipalités (Ponta Delgada et Ribeira Grande) représentent environ 42% de la population de la région. Cette île dispose de cinq systèmes volcaniques actifs, dont trois sont constitués de volcans centraux avec caldeira (Volcan de Sete Cidades, Volcan de Furnas et Volcano de Fogo) et deux résultent de cônes de scories et coulées de lave (le Système Fissural Volcanique de Picos et le Système Volcanique Achada das Furnas). São Miguel a été le théâtre de six éruptions historiques depuis sa formation au XV^{ème} siècle, dont cinq ont été particulièrement explosives avec un caractère essentiellement effusif.

Les deux plus grandes villes de l'île de São Miguel (Ponta Delgada avec 17 815 habitants et Ribeira Grande avec 6 388 habitants) sont construites sur le Système Fissural Volcanique de Picos (SVFP), le plus jeune système de l'île caractérisé par la présence de cônes de scories et de coulées de lave et qui a connu deux éruptions historiques en 1563 et 1652. Celle de 1563 a été générée par des coulées de lave qui ont touché le village de Ribeira Seca, situé au nord de l'île.

La localisation sur le SVFP de la majeure partie des plus importantes infrastructures au niveau de la sécurité, de l'économie et de la protection sociale, de certains services régionaux de l'administration, de l'unique hôpital et de l'aéroport de l'île, entre autres, a influencé le choix de la partie occidentale de l'île de São Miguel comme zone d'étude pour l'analyse de la susceptibilité aux coulées de lave.

Pour mener cette analyse, nous avons utilisé le programme VORIS qui nécessite les paramètres d'entrée suivants: un modèle numérique de terrain (MNT), les zones de source, la longueur de la lave évacuée, la correction de la hauteur et le nombre d'itérations. Nous avons utilisé un DEM de 50 mètres, une longueur de 12 km drainés, une correction de hauteur de 10 mètres et 4 000 itérations. Pour les zones de source, nous avons considéré une distance de 500 mètres du centroïde de chaque centre éruptif, et pour chaque structure tectonique, une distance de 50 mètres de chaque côté de la faute. Après la simulation des écoulements de lave originaires de SVFP, il a été constaté que 36% (soit 269 km²) de l'île est sous l'influence des coulées de lave générées en SVFP, 2% à une faible susceptibilité et seulement 0,02% à une très haute susceptibilité.

Mots-clés : Archipel des Açores, Système volcanique, Coulées de lave, Susceptibilité



Gomes Ana , CITEUC - Centre de Recherche de la Terre et de l'Espace de l'Université de Coimbra. Observatoire Astronomique, Almas de Freire - Sta Clara 3040- 004 Coimbra, Portugal, ana.im.gomes78@gmail.com
Ramos Anabela , CITEUC - Centre de Recherche de la Terre et de l'Espace de l'Université de Coimbra. Observatoire Astronomique, Almas de Freire - Sta Clara 3040- 004 Coimbra, Portugal, ana-baia@sapo.pt



Impact des ouvrages antiérosifs sur la production agricole au Niger

Goube Mairoua Salifou, Tychon Bernard

Au Niger, le climat est caractérisé par une faible pluviométrie et une mauvaise répartition spatio-temporelle des pluies. Ces conditions climatiques peuvent participer à la dégradation des sols et entraîner des baisses drastiques des rendements agricoles. Pour faire face à ces contraintes et dans le but d'améliorer les rendements, l'État et ses partenaires au développement ont mis en place un programme de lutte contre la dégradation des terres focalisé sur la confection d'ouvrages antiérosifs.

Cette étude vise à évaluer l'impact de la réalisation de cordons pierreux et de zaï sur la production agricole et propose la mise en place de techniques efficaces de conservation des terres pour accroître la résilience de la population rurale. Ce travail s'appuie sur l'analyse statistique des variances. Elle est réalisée afin de comparer les performances productives des parcelles traitées et leurs témoins de même qu'entre les différents traitements dans le but de mieux promouvoir certaines techniques mises en place.

Le travail, réalisé sur 91 parcelles, nous a permis d'évaluer les avantages à utiliser les techniques de conservation des sols dans une zone caractérisée par un état avancé de dégradation des terres. Quatre types de combinaisons de techniques de conservation des sols ont été effectués: (1) cordons pierreux simples ou associés (2) à de la fumure ou (3) à du mulching ou (4) la technique du zaï associée à de la fumure.

Dans tous les cas, un aménagement induit une augmentation tant du rendement moyen du mil que de la matière sèche. Cependant, la combinaison avec de la fumure semble être un facteur décisif pour différencier les parcelles témoin des parcelles aménagées. Ainsi, les cordons pierreux associés à de la fumure permettent de multiplier la production par trois alors que le zaï associé à de la fumure voit les rendements être multiplier par dix.

Cette étude réalisée en milieu paysan prouve que chaque aménagement ou combinaison de techniques de conservation des sols permet une amélioration, souvent significative, des rendements en grain (mil) ou de production de matière sèche.

Une étape ultérieure de cette recherche nous permettra d'identifier les pratiques capables d'assurer la durabilité du système de collecte des eaux de ruissellement afin d'améliorer la résilience de la population rurale face à la dégradation des terres.

Cette étape sera capitale car elle intégrera les populations elles-mêmes à qui il sera nécessaire de démontrer les avantages de ces aménagements, souvent lourds, afin de promouvoir cette politique agricole visant à diminuer la vulnérabilité de ces agriculteurs précarisés par les variations climatiques de ces dernières décennies.

Cependant, force est de constater que – malgré les efforts déployés pour la conservation des sols et l'augmentation de la production agricole – les rendements restent cependant



très faibles et traduisent l'extrême vulnérabilité des populations rurales dans le Sahel septentrional à tout incident climatique, même mineur.

Mots-clés : dégradation des terres, adaptation, ouvrages antiérosifs, Niger

Goube Mairoua Salifou, Centre International de recherche pour les cultures en zone tropicale semi aride, ICRISAT, Niamey, Niger, gsalifou@gmail.com

Tychon Bernard, Département des Sciences et Gestion de l'Environnement, Université de Liège, Belgique, bernard.tychon@ulg.ac.be



Cap-Haïtien ou comment construire le risque d'inondations en une décennie

Gracius Gracia Joseph, Ozer Pierre

Cap-Haïtien, ville située au Nord d'Haïti, connaît une multiplication sans précédent des inondations. Alors que certains observateurs sont tentés de blâmer les conséquences du changement climatique, nous tentons ici de démontrer que l'absence totale d'aménagement du territoire, la dégradation de l'environnement, l'inexistence de bonne gouvernance et l'exode rural sont les principaux ingrédients de la création d'un risque jadis exceptionnel.

Cette recherche a pour objectif d'analyser l'évolution de l'extension urbaine dans deux milieux humides (la rivière Haut-du-Cap et la mangrove à Petite-Anse) de 2004 à 2016 et d'évaluer la perception du risque d'inondation par les populations locales.

Pour atteindre ces objectifs, la dynamique d'expansion urbaine est analysée au moyen de 23 images à très haute résolution spatiale disponibles en accès libre sur *Google Earth* entre 2004 et 2016, et des enquêtes ont été administrées à 50 répondants vivant dans les zones récemment loties (et identifiées sur base de l'analyse satellitaire diachronique) lors d'une mission sur le terrain en avril 2016.

Il appert que l'extension urbaine se réalise essentiellement sur des remblais dans l'estuaire de la rivière Haut-du-Cap ou encore au détriment de la mangrove. En conséquence, ces nouveaux résidents sont périodiquement victimes des inondations. Interrogés sur le terrain, il appert que 80% de ces habitants sont issus de l'exode rural et se sont installés à Cap-Haïtien au cours des dix dernières années, que 82% et 60% vivent respectivement sous le seuil de pauvreté (<2 USD/jour) ou d'extrême pauvreté (<1 USD/jour), et que 42% sont illettrés. De ce fait, la méconnaissance du risque d'inondation, la pauvreté et le faible niveau d'éducation sont autant de paramètres qui participent à la vulnérabilité de ces nouveaux habitants. Ainsi, 78% des répondants affirment avoir été dramatiquement inondés au moins à trois reprises depuis leur installation (soit au maximum depuis 2004).

Les enquêtes de terrain ont révélé que la majeure partie des personnes nouvellement installées dans certaines zones hautement exposées au risque d'inondation à Cap-Haïtien proviennent des régions rurales limitrophes. Leurs déplacements sont motivés par la « recherche d'une vie meilleure ». Mais ils déchantent rapidement car les inondations récurrentes plongent ces populations dans une précarité aggravée. Quant aux autorités, elles se rendent coupables de ne pas appliquer les normes nationales relatives aux constructions en zones à risques d'inondation et l'inexistence de politique d'aménagement du territoire met en péril la survie de centaines de ménages par an. Dans ce cas précis, il semble évident que les inondations de plus en plus fréquentes ne sont pas dues aux effets du changement climatique mais plutôt que la gouvernance chaotique crée toutes les conditions pour la « construction » du risque.

Mots-clés : Inondation, risque, vulnérabilité, urbanisation, Cap-Haïtien, Haïti



Gracius Gracia Joseph , Institut Inter-Américain de Coopération pour l'Agriculture, Port-au-Prince, Haiti, et Département des Sciences et Gestion de l'Environnement, Université de Liège, Belgique, jgracia910@yahoo.fr
Ozer Pierre , Département des Sciences et Gestion de l'Environnement (DSGE), Campus d'Arlon, et Observatoire Hugo, Université de Liège, Belgique, pozer@ulg.ac.be



Prévention du risque hydrique (France, Maroc, Brésil) : méthode d'acquisition de connaissances et transfert d'expériences

Gruzelle Anatole, Gille Emmanuel, Lebaut Sébastien

La stratégie de prévention du risque hydrique nécessite la production et l'acquisition de connaissances dans des secteurs vulnérables.

Notre objectif est la construction d'une méthode d'analyse prospective pour l'étude des milieux avec l'observation comme point central du dispositif, associant des études de terrain indispensables, l'enquête sociogéographique et l'observation d'images aériennes. Son application à partir de trois bassins de risque dans la méditerranée occidentale (France), le Rif oriental (Maroc) et la région métropolitaine de Rio de Janeiro (Brésil) permet d'analyser les interactions population-milieu naturel et de caractériser les relations homme-espace à risque. Le dispositif suivi exige une posture permanente de recherche-action entre les activités de terrain et la recherche scientifique avec :

- l'élaboration et l'application de grilles originales sur le risque géomorphologique (glissements de terrain liés aux fortes pluies),
- l'étude expérimentale de la perception des populations dans les zones à risques (questionnaire, parcours commenté),
- l'enquête d'acteurs de la gestion du risque (entretien, observation participante, immersion),
- la comparaison multichronique des espaces.

L'approche comparative permet de normaliser une démarche à la croisée des sciences physiques et humaines sur le risque naturel et l'interprétation de résultats d'analyse. La connaissance acquise dans les sites étudiés a pour finalité le développement de l'information préventive incité par la stratégie internationale de réduction du risque.

Mots-clés : Population-milieu, vulnérabilité, international

Gille Emmanuel , Centre de recherches en géographie LOTERR (EA 7304) de l'UL (Université de Lorraine)

Gruzelle Anatole , Centre de recherches en géographie LOTERR (EA 7304) de l'UL (Université de Lorraine), anatole.gruzelle@univ-lorraine.fr

Lebaut Sébastien , Centre de recherches en géographie LOTERR (EA 7304) de l'UL (Université de Lorraine)



Analyse spatiale de la gestion d'évacuation en cas d'inondations. Étude de cas: le bassin de la Sucevița, Roumanie

Hapciuc Oana-Elena, Iosub Marina, Enea Andrei, Romanescu Gheorghe

Les plans d'évacuation constituent un processus complexe qui vise à établir les zones favorables à l'évacuation de la population et à réaliser des liens raisonnables entre les ensembles de données qui sont essentielles à la gestion des interventions en conditions d'urgence résultant d'inondations.

Identifier les moyens d'évacuation les plus efficaces au niveau des unités administratives territoriales est une nécessité pour les autorités en cas d'inondations graves. Les points d'évacuation doivent être placés dans les zones à pente douce, sur des versants ensoleillés, près de la zone urbaine de la localité concernée et aussi sur des terres agricoles.

Afin de réaliser quelques simulations de plans d'évacuation de la population, deux localités ont été sélectionnées dans le bassin hydrographique de la rivière Sucevița en raison des différences en ce qui concerne les conditions du terrain et la propagation des crues. Après l'établissement de zones d'évacuation et à l'aide de l'extension Network Analyst du logiciel d'analyse spatiale ArcGIS (ESRI, Redlands, Californie, USA), deux modèles d'évacuation ont été proposés pour les localités étudiées: analyse de la zone de desserte et analyse de la ressource la plus proche (*service area* et *closest facility*).

Suivant les scénarios en cas d'évacuation pour les deux villages, on peut observer des différences dans la gestion de l'évacuation à cause de la configuration du terrain. Ainsi, la commune de Sucevița, située dans la région montagneuse du bassin, pose certaines difficultés dans le processus d'évacuation en raison de pentes qui requièrent la concentration de la zone bâtie dans le lit majeur de la rivière. Dans ce cas, il faudrait environ 20 minutes pour évacuer les personnes situées dans la zone inondée. En revanche, la commune de Marginea, localisée dans la région de dépression, est favorisée par la morphologie du terrain, et en positionnant les points d'évacuation, environ 88% des personnes situées dans les zones à risque potentiel d'inondation peuvent être évacuées dans un délai maximum de 15 minutes.

Ce type d'analyse est une nouveauté dans la gestion de situations d'urgence en ce qui concerne le risque d'inondations en Roumanie. La mise en œuvre d'un tel plan exige une série de données qui sont accessibles aux autorités compétentes et qui permettront l'application du modèle pour toute autre localité, en optimisant le processus d'évacuation au niveau national.

Mots-clés : analyse spatiale, évacuation, population, inondation, Sucevita

Enea Andrei, Alexandru Ioan Cuza Université de Iasi, Faculté de Géographie et de Géologie, Département de Géographie, Bd. Carol I 20A, 700505, Iasi, Roumanie

Hapciuc Oana Elena, Alexandru Ioan Cuza Université de Iasi, Faculté de Géographie et de Géologie, Département de Géographie, Bd. Carol I 20A, 700505, Iasi, Roumanie

Iosub Marina, Alexandru Ioan Cuza Université de Iasi, Faculté de Géographie et de Géologie, Département de Géographie, Bd.



Carol I 20A, 700505, Iasi, Roumanie

Romanescu Gheorghe, Alexandru Ioan Cuza Université de Iasi, Faculté de Géographie et de Géologie, Département de
Géographie, Bd. Carol I 20A, 700505, Iasi, Roumanie



Identification du temps de concentration et détermination du coefficient d'écoulement de petits bassins hydrographiques. Étude de cas: le bassin de l'Ozana

Iosub Marina, Hapciuc Oana-Elena, Enea Andrei, Romanescu Gheorghe

Le bassin hydrographique de l'Ozana est situé au nord-est des Carpates orientales, en contact avec les Sous Carpates et le plateau de la Moldavie. La région montagneuse est menacée par les crues subites causées par les petits affluents. La méthodologie du GIS, pour modéliser le processus de type pluie-débit, permet de prévoir la quantité d'eau disponible pour l'écoulement. En sachant les conditions précédentes de l'humidité et les caractéristiques du terrain, il en résulte donc que les prévisions de précipitations pour une journée donnée peuvent estimer la quantité d'eau qui permettra de générer des inondations et la distribution de ruissellement de cette quantité dans l'espace et le temps.

Afin d'identifier le temps de concentration des torrents de la zone montagneuse, l'analyse a été réalisée à deux échelles, une grande de 1: 100 000 pour les principaux affluents de la rivière, et la seconde sur une petite échelle de 1: 5000 pour la vallée de l'Ozana comprenant les 71 sous-bassins, dont 44 torrents qui ont un temps de concentration de l'eau de moins d'une heure. La région montagneuse est marquée par un très faible temps de concentration de l'eau et la région extra-carpatique par une grande quantité d'eau drainée dans les bassins. Pour chaque sous-bassin analysé, on a trouvé le temps de concentration de l'eau et la quantité moyenne, maximale et minimale d'eau qui s'écoule selon la quantité de précipitations. Les données obtenues peuvent être utilisées pour étalonner d'autres modèles de simulation ou elles peuvent constituer la base de données.

Mots-clés : crue subite, simulation SCS-CN, Temps de concentration, torrents, Ozana

Enea Andrei , Alexandru Ioan Cuza Université de Iasi, Faculté de Géographie et de Géologie, Département de Géographie, Bd. Carol I 20A, 700505, Iasi, Roumanie

Hapciuc Oana Elena , Alexandru Ioan Cuza Université de Iasi, Faculté de Géographie et de Géologie, Département de Géographie, Bd. Carol I 20A, 700505, Iasi, Roumanie

Iosub Marina , Alexandru Ioan Cuza Université de Iasi, Faculté de Géographie et de Géologie, Département de Géographie, Bd. Carol I 20A, 700505, Iasi, Roumanie

Romanescu Gheorghe , Alexandru Ioan Cuza Université de Iasi, Faculté de Géographie et de Géologie, Département de Géographie, Bd. Carol I 20A, 700505, Iasi, Roumanie



Etude physique, géomorphologique, de perte en sol et protection des ressources en eaux dans un sous bassin montagnard : la haute vallée de Tifnoute (Haut Atlas marocain)

Kacem Lamyaa, Agoussine M'bark, Igmoullan Brahim, Amar Hicham, Mokhtari Soraya, Ait Brahim Yassine

Le sous bassin de la haute vallée de Tifnoute fait partie du domaine montagnard du haut Atlas marocain. Cette zone se caractérise par des terrains très accidentés et des altitudes très élevées (4167 m) pour le jbel Toubkal la plus haute montagne au Maroc. Les eaux sont très disponibles dans cette zone qui abrite le plus haut lac naturel au Maroc (lac Ifni à 2320 m d'altitude) ,des sources et des eaux de surface. La haute vallée de Tifnoute présente un écosystème très particulier et fait partie d'une zone protégée du parc national de Toubkal.

La géologie est caractérisée par la dominance des roches volcaniques et métamorphiques. L'aquifère circulant dans ces formations est de type « perméabilité en grand », la circulation des eaux souterraines se fait essentiellement par fractures et fissures. Pour comprendre le fonctionnement de ce domaine purement montagnard, nous avons effectué une étude hydrologique et géochimique pour savoir le type des eaux et l'origine de leur minéralisation.

Nous en avons déduit que la zone d'étude est caractérisée par un réseau hydrographique très dense et que les eaux étudiées sont moins minéralisées et riches en ions magnésium et bicarbonates.

De part de son climat, sa géologie, son relief et les facteurs anthropiques qui ont largement contribué à l'accélération des processus érosifs, le bassin du lac d'Ifni est soumis à une érosion intense. Les conséquences de l'érosion dans ce bassin de la haute vallée de Tifnoute sont le comblement du lac d'Ifni à long terme par les sédiments transportés, la détérioration de l'écosystème surtout pour les espèces qui vivent dans de ce lac et la destruction des petites maisons construites en piémont. Cette étude a pour objectif de quantifier et modéliser les pertes en sol dans la haute vallée de Tifnoute, et plus précisément dans le sous bassin du lac d'Ifni pour savoir la quantité des sédiments transportés vers le lac. Pour estimer le taux des sédiments dans la haute vallée de Tifnoute, nous avons utilisé l'équation universelle de perte en sol révisée (RUSLE) , la télédétection et les systèmes d'information géographique (SIG).

Mots-clés : Bassin montagnard, géochimie, géomorphologie, modélisation de l'érosion, SIG

Agoussine M'bark , Département d'ingénierie industrielle, Ecole nationale des sciences appliquées, Université Ibnou, BP1136, Agadir, Maroc

Ait Brahim Yassine , Laboratoire de géologie appliquée et géo-environnement, Université Ibnou Zohr, BP 8106, Cité Dakhla, 80060 Agadir, Maroc

Amar Hicham , Laboratoire de traitement des données, mathématiques appliquées et reconnaissance des ondes sismiques et structure de la terre, Faculté des sciences, Rabat, Maroc



Igmoullan Brahim , Département des sciences de la terre, Laboratoire géosciences et environnement, Faculté des sciences et technique, Université Cadi Ayyad, Avenue Abdelkrime Khattabi, BP594,40000 Marrakech, Maroc

Kacem Lamyaa , Département des sciences de la terre, Laboratoire géosciences et environnement, Faculté des sciences et technique, Université Cadi Ayyad, Avenue Abdelkrime Khattabi, BP594,40000 Marrakech, Maroc, lamyaa.kacem@gmail.com

Mokhtari Soraya , Département du parc national de Toubkal, Direction régionale des eaux et forêts et lutte contre la désertification, Haut Atlas marocain, Ex-villa Jeanette, avenue Boukar bab doukkala, Marrakech, Maroc



Estimation de l'érosion hydrique par l'application de l'équation universelle de perte en sol (USLE) à l'aide d'un système d'information géographique. Cas du bassin versant non jaugé de l'oued Thiou (Bassin de Cheliff) Algérie

Kaci Malik, Habi Mohammed, Morsli Boutkhill

En Algérie où la disponibilité de l'eau est limitée, sa répartition inégale et sa demande en forte croissance, la perte de capacité des retenues de barrages par leur envasement continu est considérée comme un problème crucial à l'échelle nationale. La récupération de la capacité perdue des retenues par des techniques de dragage, de succion ou de chasse des sédiments, représente une solution parfois indispensable, mais toujours temporaire puisqu'elle ne s'attaque pas à la véritable source du problème. La présente étude, cherche à mettre en relief la nature et l'ampleur des facteurs et paramètres contribuant à la dégradation du sol du fait de phénomènes naturels (les épisodes pluvieux qui se caractérisent par leur aspect Torrentiel) et anthropiques (surpâturage, défrichements et feux de forêts) au niveau du bassin versant de l'oued Rhiou. L'un des objectifs de ce travail de cartographier des zones à risques d'érosion par SIG on se servant du modèle USLE (Universal Soil Loss Equation de Wischmeier et Smith, (1958, 1978). Les résultats se présentent sous forme de cartes permettent d'identifier et de localiser les zones exposées aux plus forts risques d'érosion (faible, moyen, fort) dont on estime une moyenne de 25,26 t/ha/an a l'échelle du bassin contribuent avec 806975,296 t/an de matériaux susceptibles à l'envasement du barrage Gargar (de l'oued Rhiou). La distribution statistique montre que 86,95 % de la superficie du bassin versant révèle une sensibilité faible à modérée à l'érosion tandis que 4,75 % présente une sensibilité très élevée (supérieure à 33,6 t/ha/an).

Mots-clés : cartographie, risques, érosion, USLE, oued Rhiou

Habi Mohammed , Université de Mascara (Algérie)

Kaci Malik , Laboratoire de CES et des écosystèmes forestiers, Université de Tlemcen Algérie, malik.kaci@yahoo.fr

Morsli Boutkhill , INRF, BP. 88 Mansourah Tlemcen Algérie, morbinrf@yahoo.fr



Variabilités climatiques et évolution de l'occupation des sols dans l'oasis de Timia, Région d'Agadez (Niger)

Karimoune Salifou

Depuis quelques décennies, les régions arides et semi arides sont soumises à une exacerbation des processus morphogéniques due à des sécheresses récurrentes. La réduction de la couverture végétale, conséquence de la péjoration climatique, expose les sols à l'agressivité des éléments météoriques, accentuant les processus d'érosion hydrique et éolienne.

L'analyse d'images satellitaires diachroniques permet de saisir l'évolution de l'occupation du sol et les changements d'état de surface liés aux processus induits par les changements climatiques.

Cette note se propose d'étudier, par télédétection, l'évolution de l'occupation du sol dans l'oasis de Timia (Département d'Iferouane, Région d'Agadez). Les changements d'affectation du sol ayant des conséquences importantes sur l'exploitation des ressources naturelles, les investigations se penchent également sur les stratégies d'adaptation déployées par les populations locales.

La méthodologie consiste à :

- analyser des données climatiques pour mettre en évidence la variabilité climatique,
- traiter des images satellitaires des années 1976, 1988, 2010 pour évaluer les transformations dans l'occupation du sol,
- mener des enquêtes socioéconomiques pour identifier les stratégies d'adaptation des populations.

Mots-clés : variabilité climatique, érosion éolienne, Timia, occupation du sol

Karimoune Salifou, École Normale Supérieure, Université Abdou Moumouni, Niamey, Niger, skarim@refer.ne



Chocs pluviométriques et assurances agricoles indicielles au Burkina Faso

Kindo Yassia, Tychon Bernard, Lang Marie

Les ménages ruraux font face à de nombreux risques agricoles qui menacent leur production, renforcent l'insécurité alimentaire, la pauvreté et handicapent le développement durable. (Banque Mondiale, 2000 ; Ouédraogo *et al.*, 2007). Au Burkina Faso, les chocs pluviométriques (sécheresses et inondations) sont les facteurs de risque les plus importants. En effet, ces risques représentent 65% des facteurs de pertes de la production agricole et engendrent des pertes estimées à 250 000 tonnes de produits agricoles par an (DGESS, 2014). Face à ces chocs pluviométriques et en l'absence de mécanismes formels de gestion, les ménages adoptent des stratégies qui sont inopérantes compte tenu du caractère systémique de ces risques et de leur amplification (en fréquence et en intensité) éventuelle dans un contexte de changement climatique.

L'avenir et le développement du secteur agricole sur lequel repose le pays dépendra des innovations techniques et institutionnelles autorisant le développement de nouveaux outils opérationnels et adaptés de gestion des risques pluviométriques de plus en plus structurels. L'assurance agricole est l'un des outils qui présente des perspectives intéressantes en matière de gestion des risques agro climatiques. Elle est présentée par plusieurs auteurs et institutions comme un outil à même de faire face aux pertes et préjudices agricoles liés aux conséquences des changements climatiques.

Si l'assurance agricole présente des potentialités intéressantes, sa mise en œuvre présente des exigences méthodologiques dont la détermination d'un indice contextuellement adéquat. La présente étude utilise des données agro climatiques et des images Spot Végétation pour calculer trois indices : le Water Requirement Satisfaction Index (WRSI), le Relative Evapotranspiration (RE), et le Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) afin de déterminer le meilleur indice susceptible d'être utilisé dans la mise en œuvre d'un système d'assurance agricole au Burkina Faso. L'évidence empirique montre que la capacité des indices à prédire le niveau des rendements est relativement faible et dépend du type de culture considérée et de la zone agro climatique. Les rendements du coton, du maïs et du sorgho sont les mieux prédits respectivement par le WRSI, le RE et le NDVI dans chacune des trois zones.

Mots-clés : Chocs pluviométriques, Assurance agricole indicielle, Adaptation, Burkina Faso

Kindo Yassia , Ministère de l'Agriculture, Ouagadougou, Burkina Faso, yassiakindo@gmail.com

Lang Marie , Département des Sciences et Gestion de l'Environnement, Université de Liège, Belgique, marie.lang@ulg.ac.be

Tychon Bernard , Département des Sciences et Gestion de l'Environnement, Université de Liège, Belgique, bernard.tychon@ulg.ac.be



Démarrage et longueur de la saison de pluies dans la région de Kinshasa et risques induits

Makanzu Imwangana Fils, Phuati Giscard, Ozer Pierre, Ntombi Médard

La détermination et la prévision du démarrage de la saison de pluies sont des questions cruciales à travers la RDC en général et en particulier dans l'hinterland de la ville de Kinshasa étant donné que l'agriculture y est pluviale. Elles permettent de déterminer le calendrier agricole, particulièrement le semis, et influence le rendement. La question qui se pose toujours est celle de savoir s'il y a un changement climatique dans la région de Kinshasa qui se traduirait par la variation de la saison des pluies de 1961 à 2010. Et si c'est le cas, quels en sont les impacts sur l'activité agricole et autres ? Cette étude mène une analyse de la variabilité interannuelle et décennale de la saison des pluies à partir de deux séries chronologiques dans la région de Kinshasa. Les méthodes utilisées sont celles établies par Erpicum et al. (1988), Sivakumar (1987) et Stern et al. (1981). D'après ces méthodes, les dates de démarrage, de fin et la durée de la saison de pluies sont en variation à Kinshasa. En ce qui concerne le démarrage, la méthode d'Erpicum est proche de Kinshasa. La saison est tantôt tardive en octobre, tantôt hâtive en septembre. Cette instabilité de démarrage de la saison de pluies perturbe la planification d'activités agricoles et le développement des cultures dans la région. Tandis que la fin de la saison de pluies est proche de la méthode de Stern. L'alternance des saisons provoque des réels problèmes de santé publique. L'Environnement devient de plus en plus hostile et pollué pendant la saison de pluies qui amène en son sein beaucoup des maladies hydriques et la prolifération des anophèles. Sur le plan spatial, les courbes de tendance montrent une faible augmentation à l'ouest et une nette augmentation à l'est par rapport à la normale pluviométrique calculée de 1961 et 1990. L'évolution de jour de pluies est oscillatoire comme celle des quantités mais la tendance générale montre une diminution de la fréquence de pluies. Il en ressort aussi clairement qu'il pleut plus à Kinshasa Est qu'à l'ouest. Par contre, l'ouest reçoit des grandes quantités de pluies que l'est. Ce paradoxe trouve ses explications dans la géomorphologie de la région.

Mots-clés : jour de pluie, début de la saison, fin de la saison, changement

Makanzu Imwangana Fils, Département des Géosciences, Faculté des Sciences, Université de Kinshasa, BP. : 190 Kinshasa XI, et Laboratoire de Géomorphologie et Télédétection, Centre de Recherches Géologiques et Minières (CRGM), Kinshasa, RD. Congo, filsmakanzu@yahoo.fr

Ntombi Médard, Département des Géosciences, Faculté des Sciences, Université de Kinshasa, BP. : 190 Kinshasa XI, et Laboratoire de Géomorphologie et Télédétection, Centre de Recherches Géologiques et Minières (CRGM), Kinshasa, RD. Congo

Ozer Pierre, Département des Sciences et Gestion de l'Environnement (DSGE), Campus d'Arlon, et Observatoire Hugo, Université de Liège, Belgique, pozer@ulg.ac.be

Giscard Phuati, Département des Géosciences, Faculté des Sciences, Université de Kinshasa, BP. : 190 Kinshasa XI, Kinshasa, RD. Congo



Evolution du trait côte de la partie ouest de Madagascar

Mandimbiharison Aurélien

Madagascar est une île qui dispose plus de 5600 km de côtes dont leur recul a été estimé entre 5,71m et 6,54 m en 1997. Elle est aussi exposée annuellement aux cyclones tropicaux. Entre 1990 et 2004, 50 cyclones de catégorie 4-5 ont été enregistrés contre 18 pour la période allant de 1975 à 1989. Ces cyclones ont des effets tant sur les activités socio-économiques de la population que sur les diverses infrastructures mais aussi et surtout sur le trait des côtes.

Dans cette communication, nous allons prendre le cas de la ville de Mahajanga et ses environs. C'est la deuxième ville portuaire de Madagascar et très prisée aussi par les vacanciers car elle offre 5 km de plage de sables fins alternés par des rares endroits d'escarpements rocheux et quelques zones de mangroves. Mais une partie de cette plage appelée « Village touristique » a été maintes fois modifiée non seulement par son instabilité géologique mais surtout par les effets des courants marins et des cyclones.

A part l'utilisation des images « Google Earth » multi-dates et leur intégration dans un Système d'Information Géographique (SIG) permettant de tracer les différents traits de côtes, les impacts du cyclone Hellen en 2014 sur les activités socio-économiques ainsi que la cartographie des zones inondables dans la ville de Mahajanga seront décrits.

Mots-clés : Mahajanga, plage, cyclone, trait de côte, SIG

Mandimbiharison Aurélien, Département de géologie. Ecole supérieure polytechnique d'Antananarivo, Antananarivo, Madagascar, mandimbiharison.aurelien@gmail.com



Réduction de la vulnérabilité d'une commune de l'hyper centre d'Alger : Cas de la commune d'El Madania

Naït Ammara Farid, Baouni Tahar

Les risques naturels et anthropiques font peser sur les territoires et les populations des menaces telles, qu'ils font l'objet de nombreuses études à but préventif. Une des manières de réduire le risque consiste à diminuer la vulnérabilité des enjeux exposés, c'est-à-dire à prévenir l'endommagement potentiel des entités soumises au risque.

Alger, capitale politique et économique du pays, lieu de concentration de population, de services, d'administrations, d'entreprises, de rayonnement international, à ce titre, elle constitue un enjeu exceptionnel dont toute altération peut avoir des conséquences graves sur l'ensemble du pays. Il convient donc, encore plus qu'ailleurs, de diminuer la vulnérabilité des éléments physiques qui constituent la ville (bâti, infrastructures, réseaux, etc.), mais aussi celle du système ville pris dans sa globalité, notamment dans ses fonctions urbaines.

Le choix de la commune d' El Madania nous est apparu pertinent. D'une part, parce qu'il s'agit d'un habitat collectif typique présentant en soi des facteurs de vulnérabilité (forte densité de population, difficulté d'accessibilité, concentration de problèmes sociaux), d'autre part, parce qu'il nous paraît opportun de porter l'attention des décideurs sur l'ensemble des communes de la Wilaya.

Notre travail s'intéresse aux risques naturels en milieu urbain , les objectifs consistent alors en :

- L'évaluation de la vulnérabilité d'une commune de l'agglomération algéroise face aux risques naturels
- La réalisation de cartes d'exposition aux risques en utilisant des outils modernes d'étude et d'aide à la décision, dans le domaine de l'atténuation des effets des risques majeurs.
- Le renforcement du rôle de l'information et de la sensibilisation dans le domaine de la prévention des risques majeurs
- L'importance des nouvelles technologies en général et les SIG en particulier dans la gestion et la prévention des risques majeurs L'intégration de la problématique des risques majeurs ainsi que leur prévention dans le contenu des instruments d'aménagement et d'urbanisme et dans toute planification urbaine.

Mots-clés : Alger, El Madania, Enjeux, Vulnérabilité, aléa, SIG , prévention des risques

Baouni Tahar , Ecole Polytechnique d'Architecture et d'Urbanisme "EPAU", Laboratoire VUDD, Alger, Algérie. Route de Beaulieu, El-Harrach, BP N°177.16200 Alger, Algérie, tbaouni@yahoo.fr

Naït Ammara Farid , Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene, USTHB, Chercheur au Laboratoire VUDD, Alger, Algérie. Route de Beaulieu, El-Harrach, BP N°177.16200 Alger, Algérie, faridenv@gmail.com



La responsabilité climatique dans les défis urbains contemporains: évaluation et mise en contexte pour la ville de Bujumbura, Burundi

Nibigira Léonidas, Ozer Pierre, Havenith Hans-Balder

A Bujumbura, la capitale du Burundi, les préjudices liés aux risques naturels deviennent de plus en plus une réalité quotidienne. Les cas les plus ressentis sont ceux liés aux inondations, aux glissements de terrain et à l'érosion. Les épidémies relatives aux conditions sanitaires précaires deviennent de plus en plus récurrentes.

Dans une telle situation, une voie de sortie reste énigmatique aussi longtemps qu'une vision claire des liens de causes à effets n'ait été établie. Dans un environnement multi risque et à l'ère où les changements climatiques deviennent un défi planétaire, cette étude a été réalisée pour éclairer l'opinion au sujet des causes des dégâts enregistrés. L'analyse a porté sur l'historique des précipitations et des températures journalières à Bujumbura, la fréquence des grands événements d'inondations et celles des épidémies de malaria, choléra, dysenterie et autres maladies diarrhéiques, tout en maintenant un regard sur l'évolution démographique et d'occupation du sol. Les résultats montrent que la part directe des événements climatiques extrêmes est là mais reste tout de même inférieure à 50 % et montrent la gravité de leurs effets dans un contexte morpho structural fragile, des défaillances graves dans les politiques de planification urbaine et de la hausse de la vulnérabilité imputable aux pressions démographiques. Dès lors, en complément des études réalisées à l'échelle du continent africain, des études plus fines intégrant les spécificités locales sont nécessaires. Les décideurs doivent s'y conformer pour prévenir ou du moins réduire les pertes liés au changement climatique.

Mots-clés : Inondation, risque, vulnérabilité, changement climatique, planification urbaine, Bujumbura

Havenith Hans-Balder, Département de Géologie, Géorisques et Environnement, Université de Liège, B-4000 Liège, Belgique, HB.Havenith@ulg.ac.be

Nibigira Léonidas, Département de Géologie, Géorisques et Environnement, Université de Liège, B-4000 Liège, Belgique, leonidas.nibigira@doct.ulg.ac.be

Ozer Pierre, Département des Sciences et Gestion de l'Environnement (DSGE), Campus d'Arlon, et Observatoire Hugo, Université de Liège, Belgique, pozer@ulg.ac.be



Evolution récente du trait de côte dans le Golfe de Guinée : Exemples du Togo et du Bénin

Ozer Pierre, Hountondji Yvon Carmen, de Longueville Florence

L'interface terre-mer est un environnement extrêmement fragile. De par le monde, les littoraux sont menacés par une multitude de facteurs parfois naturels et le plus souvent anthropiques. Ainsi, aux perturbations locales occasionnées aux zones côtières par les infrastructures portuaires, les barrages, les prélèvements de sédiments à même la plage ou encore l'extension urbaine, s'ajoutent les conséquences globales des changements climatiques, dont l'élévation certaine du niveau des océans et l'amplification probable de conditions météo-marines dévastatrices.

Cet article évalue la récente évolution du trait de côte au Togo et au Bénin où plusieurs études localisées démontrent que les plages sableuses connaissent des modifications (accumulation ou érosion) majeures ces dernières décennies. Dans le but d'avoir une vision globale de la dynamique côtière sur les 170 kilomètres de plages de ces deux pays d'Afrique de l'Ouest, des images satellitaires à haute définition spatiale disponibles en open access sur Google Earth sont utilisées de manière diachronique.

Dans cette étude exploratoire, nous analysons le trait de côte par sections de 1 kilomètre entre 2002 et 2015 en estimant systématiquement son évolution moyenne en mètre par an.

Globalement, il appert que si certaines sections connaissent une accumulation (14%), c'est uniquement dû au fait que celles-ci se trouvent en amont d'un obstacle majeur, comme la jetée d'un port. Les sections relativement stables (34%) sont uniquement liées à la présence d'ouvrages de maintien du trait de côte par des techniques dures qui sont tantôt transversaux (épis), tantôt longitudinaux (enrochements), ou encore des brise-lames. Partout ailleurs (52%), les littoraux subissent un processus érosif pouvant être impressionnant avec des reculs moyens pouvant atteindre les 15 mètres par an.

Mots-clés : Erosion littorale, Google Earth, Golfe de Guinée, Togo, Bénin

de Longueville Florence, Observatoire des Migrations Environnementales (OEM), Université de Liège, et Université de Namur, Belgique

Hountondji Yvon Carmen, Université de Parakou, Bénin

Ozer Pierre, Département des Sciences et Gestion de l'Environnement (DSGE), Campus d'Arlon, et Observatoire Hugo, Université de Liège, Belgique, pozer@ulg.ac.be



Perceptions, des autorités nationales aux petits producteurs locaux, des changements climatiques en Equateur

Ozer Pierre, Perrin Dominique

Lors de chaque conférence des parties (COP) à la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC), la question de l'adaptation des pays les plus vulnérables aux conséquences des dérèglements climatiques est incontournable. En 2009, lors de la COP15 de Copenhague, les pays développés dont la responsabilité historique des émissions de gaz à effet de serre est avérée se sont engagés à consacrer annuellement 100 milliards d'USD à partir de 2020 pour aider les pays en développement à réduire leurs émissions et s'adapter aux effets des changements climatiques. D'ici là, les pays du Nord se doivent de mettre en place des projets d'assistance aux pays du Sud sur cette thématique. Dans ce cadre, la Wallonie a lancé un programme de solidarité internationale « climat » dans le cadre d'un développement durable des pays partenaires du Sud.

Deux de ces projets sont focalisés sur l'Equateur. L'un vise la conservation durable du territoire du Peuple indigène Sarayaku en Amazonie équatorienne qui est une zone extrêmement riche en biodiversité et un gigantesque puit de carbone étant donné que plus de 95% des 1350 km² de ce territoire sont recouverts de forêts primaires. Cependant, le territoire est constamment menacé par de grands projets exogènes de déforestation et d'exploitation pétrolière. Le second projet a pour objectif la mise en place de stratégies d'adaptation aux changements climatiques par le développement de l'agroécologie, avec une approche genre et de participation citoyenne à Jipijapa, dans la province de Manabí. En effet, une grande partie de ladite province, jadis dédiée à production de café par de petites exploitations familiales s'est convertie à l'agriculture de masse, notamment de maïs pour l'exportation, suite aux injonctions du Fonds monétaire international et de la Banque mondiale dans les années 1990. Deux décennies plus tard, les externalités négatives environnementales et socio-économiques de ce type d'agriculture (érosion des sols, pollution et épuisement des nappes aquifères, augmentation de la fréquence et de l'intensité des inondations, paupérisation des petits producteurs, diminution de la souveraineté alimentaire, amplification de l'exode rural, etc.) ont été si dramatiques que les autorités et les regroupements de petits producteurs ont décidé de recentrer la production agricole en mode biologique et en filière courte.

Lors d'une mission de deux semaines en mars 2016 pour accompagner le lancement de ces deux projets, une analyse préliminaire sur les perceptions des impacts des changements climatiques sur le secteur agricole a été réalisée auprès de divers acteurs : les autorités nationales équatoriennes (Ministères de l'Environnement et Ministère de l'Agriculture, de la Chasse, de l'Aquaculture et de la Pêche), la gouverneure de la Province de Manabí, différents scientifiques et professeurs d'universités, des responsables des groupements paysans, et des petits producteurs locaux. Les entretiens qualitatifs ont ainsi été administrés en espagnol avec, au besoin, un traducteur quand il s'agissait d'échanger avec la population de Sarayaku qui parle essentiellement quechua.



Les résultats montrent que les perceptions des conséquences des dérèglements climatiques sur la production agricole diffèrent fortement en fonction des différents interlocuteurs. Les autorités, universitaires et autres responsables d'organisations énumèrent une série très importante d'impacts des changements climatiques. Si certaines conséquences sont spécifiques à certaines zones en fonction du type de sols, de cultures, ou de spécificités climatiques (les précipitations annuelles pouvant varier de 450 mm dans la zone côtière de Jipijapa à 4500 mm à Sarayaku dans la forêt amazonienne de l'Orient), les variations climatiques récentes perçues sont systématiquement (i) les modifications importantes dans le régime des saisons des pluies et des saisons sèches et (ii) la diminution de la quantité de précipitations à des moments clés du développement des cultures. En ce qui concerne la perception des petits producteurs locaux interrogés, leurs réponses sont beaucoup plus nuancées, notamment en fonction des stratégies d'adaptation déjà mises en œuvre comme la gestion parcimonieuse des ressources aquifères, la diversification des cultures, certaines techniques de permaculture, etc. Ainsi, les petits et moyens producteurs rencontrés à Jipijapa admettent que certaines années sont extrêmement sèches et que d'autres sont très arrosées mais que cela ne trouble pas significativement leurs rendements car ils ont déjà mis en place des stratégies d'adaptation. Dans ce cas, les années extrêmes sont attribuées à la variabilité naturelle du climat qu'ils considèrent comme 'normale' et non au changement climatique. Cependant, ils reconnaissent avoir adopté diverses stratégies d'adaptation car « quelque chose [le climat] ne fonctionnait plus comme avant ». A Sarayaku, la grande préoccupation vient du fait que la communauté a été dramatiquement inondée à trois reprises au cours de ces deux dernières années alors que seuls les anciens se rappellent d'une inondation similaire dans les années 1960. Alors que les analystes mettent ces récentes catastrophes sur le compte du changement climatique et plus spécifiquement sur le phénomène El Nino de 2015-2016, les habitants interrogés estiment que la cause principale de leurs malheurs est la conséquence de la déforestation massive en cours ces dernières années dans la partie amont du bassin de la rivière. Pour eux, le changement climatique se manifeste essentiellement au travers des températures élevées qui les empêchent de travailler à certaines heures de la journée, ce qui n'était pas le cas il y a encore une vingtaine d'années.

De ces entretiens, il apparaît que les perceptions des effets du changement climatique sur la production agricole sont extrêmement différentes en fonction des publics interrogés. Et le constat le plus surprenant, c'est que personne n'est en mesure d'objectiver de manière quantitative l'ampleur de ces modifications climatiques par l'inexistence ou le manque d'accès à des mesures de précipitations et de températures de qualité. Dans ces conditions, il est dès lors probable que les autorités soient tentées d'épouser le vocabulaire global dominant et relativement simpliste consistant à mettre les difficultés du monde rural sur le seul compte du changement climatique. A l'opposé, les discours des petits paysans mettent en avant la multi-causalité de leurs difficultés et tentent de s'y adapter via d'adoption de techniques simples. Ces bonnes pratiques se propagent grâce aux organisations paysannes qui en assurent la diffusion auprès d'autres petits et moyens producteurs. Ceci permet au monde rural d'être plus résilient en amortissant les chocs climatiques tout en assurant la souveraineté alimentaire locale et la préservation des ressources (biodiversité, qualité des sols et des eaux, lutte contre l'érosion, adaptation au changement climatique, etc.).

Mots-clés : changement climatique, impacts, agriculture, adaptation, perception, Equateur



Ozer Pierre , Département des Sciences et Gestion de l'Environnement (DSGE), Campus d'Arlon, et Observatoire Hugo,
Université de Liège, Belgique, pozer@ulg.ac.be

Perrin Dominique , Agrobiotech Gembloux ULg et Agence wallonne de l'Air et du Climat, dominique.perrin@gmail.com

Place des pertes et préjudices liés aux changements climatiques dans les accords internationaux

Perrin Dominique, Ozer Pierre

Pour les pays les plus vulnérables, les « pertes et préjudices » (traduit de l'anglais « Loss and damage ») causés par les changements climatiques sont une question cruciale. Il n'existe pas de définition convenue des « pertes et préjudices », mais l'expression fait globalement référence à toute une série de dommages subis en raison du changement climatique et ne pouvant pas être évités par des efforts d'atténuation ou d'adaptation. La question est devenue l'un des principaux enjeux de la conférence des parties (COP) à la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC). Le récent « Accord de Paris » adopté en décembre 2015 lors de la COP21 de la CCNUCC a ouvert de nouvelles pistes pour la prise en considération de cette question. L'objectif de cet exposé introductif au colloque est bien de dresser un état des lieux complet sur les enjeux complexes liés à la prise en compte des « pertes et préjudices », tant sur les aspects scientifiques relevés par le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) que sur les aspects économiques, sociaux et géopolitiques.

Mots-clés : pertes et préjudices, changement climatique, Accord de Paris

Ozer Pierre, Département des Sciences et Gestion de l'Environnement (DSGE), Campus d'Arlon, et Observatoire Hugo, Université de Liège, Belgique, pozer@ulg.ac.be

Perrin Dominique, Gembloux Agrobiotech, Université de Liège, et Agence wallonne de l'Air et du Climat, dominique.perrin@gmail.com



Analyse des risques naturels dans la commune de Leiria (Centre du Portugal)

Ramos Anabela, Gomes Ana

Le but de ce travail est d'étudier la susceptibilité, l'aléa et la vulnérabilité (le risque) existants face aux différents processus dangereux naturels dans la commune de Leiria.

La situation géographique, la diversité des caractéristiques physiques, la pression de l'occupation urbaine ainsi que les interventions humaines font de cette ville une zone appropriée pour mener des études capables de contribuer à la diminution du danger que représentent ces différents processus naturels (glissements de terrain, coulées boueuses, inondations, érosion côtière et tremblements de terre).

La méthodologie recourt à une approche multidisciplinaire dans les domaines de la géomorphologie côtière et karstique, l'hydroclimatologie, les systèmes d'information géographique ainsi que les méthodes de terrain et de laboratoire, couramment utilisées dans la sédimentologie, la stratigraphie et la géomorphologie.

Afin d'élaborer la carte de la susceptibilité de glissements de terrain, nous avons suivi le processus d'analyse hiérarchique (AHP - Analytic Hierarchy Process) dont les résultats se sont avérés assez fiables pour l'échelle de la zone en question. La récurrence de divers phénomènes in situ nous a permis d'identifier deux grandes zones présentant une forte sensibilité aux glissements de terrain.

L'analyse du nombre de données quotidiennes de précipitations a été réalisée entre 1982 et 2012, en supposant qu'il existe une étroite relation entre les événements extrêmes de précipitations et la présence de processus dangereux de nature hydro-géomorphologique et en partant du principe que les processus dangereux naturels sont des événements suffisamment importants pour être signalés dans la presse régionale en raison de leurs conséquences sociales. C'est pourquoi nous avons consulté le journal hebdomadaire *Região de Leiria* (1982-2012), afin de garantir une couverture optimale des différents événements qui se sont produits dans la ville de Leiria.

Selon les données recueillies dans le journal hebdomadaire *Região de Leiria*, en 30 ans, des inondations ont été signalées presque tous les ans sur les rives des rivières Lis et Lena ayant touché en particulier le centre historique de la ville de Leiria et causant d'importants dégâts économiques. Les processus dangereux associés à l'érosion côtière ont été l'élargissement réalisé ces dernières années, avec la mise en retrait du littoral et les débordements qui impliquent la construction d'infrastructures coûteuses pour la protection des populations, et l'occurrence des tremblements de terre, qui bien que de faible ampleur et peu fréquents sont ressentis par la population mais ne présentent aucune trace de dommages.

Mots-clés : Leiria, risques naturels, processus d'analyse hiérarchique, presse régionale



Gomes Ana , CITEUC - Centre de Recherche de la Terre et de l'Espace de l'Université de Coimbra. Observatoire Astronomique, Almas de Freire - Sta Clara 3040- 004 Coimbra, Portugal, ana.im.gomes78@gmail.com
Ramos Anabela , CITEUC - Centre de Recherche de la Terre et de l'Espace de l'Université de Coimbra. Observatoire Astronomique, Almas de Freire - Sta Clara 3040- 004 Coimbra, Portugal, ana-baia@sapo.pt



Application du modèle hydrologique HBV pour la prévision de crues dans le bassin versant de la Sisaony - Madagascar

Randrianizahana Herimbolason, Dewals Benjamin, Westhoff Martijn

A chaque saison de pluie, des zones suburbaines traversées par la rivière Sisaony se trouvent face à des problèmes de crues. Tenant compte des effets du changement climatique, marqués par l'augmentation du nombre de jour de pluie et du nombre de cyclones, des risques encore plus importants sont à craindre. De plus, dans un contexte d'extension urbaine, ces zones, sont localisées à moins de 10km de la capitale. Elles deviennent de plus en plus occupées par des constructions et des aménagements dont la plupart sont illicites. Ainsi, la situation risque d'être plus inquiétante pour la population et pour les autorités compétentes.

Dans le cadre de la gestion des risques d'inondation, ce travail s'oriente sur la prévision des crues à l'échelle du bassin versant de la rivière Sisaony en pratiquant une série de simulations de pluies-débits journalières avec le model hydrologique HBV partant d'une série de données hydroclimatique disponible. Les objectifs spécifiques étant de générer une série plus importante (>30ans) de données PTQ (Précipitation, Température et Débits), puis de prévoir les crues et enfin déterminer leurs périodes de retour.

Pour cela, le bassin conceptuel et la structure du modèle sont ajustés en introduisant les caractéristiques environnementales du bassin versant réel. Ensuite, le modèle est étalonné en deux étapes, dont la première consiste en la calibration et la seconde en la validation du modèle par la méthode « GAP optimization » jusqu'à l'obtention de meilleurs valeurs des coefficients et efficiences du modèle. A terme de la validation, en fonction des données climatiques disponibles (PT : 1983-2014) les débits (Q) seront générés automatiquement pour constituer la série. Puis les crues seront marquées et les périodes de retour calculées.

Compte tenu de la complexité du système bassin versant, le modèle HBV permet de déterminer les caractéristiques essentielles à la compréhension du fonctionnement hydrologique depuis la précipitation, passant par l'hydrosystème jusqu'à l'écoulement au niveau de la rivière. D'autres informations plus importantes peuvent découler de la modélisation hydrologique notamment sur l'étiage, les recharges en souterraines...la hauteur de la nappe. Avec un bon ajustement du modèle, la prévision des crues peut être plus précise.

Pour terminer, l'utilisation du modèle HBV dans ce contexte contribue à la compréhension du bassin versant et de ses conditions hydrologiques et environnementales. A part cela, la situation de la rivière Sisaony et de son bassin versant est un cas parmi tant d'autre, plusieurs ne disposent pas beaucoup d'informations hydrologiques, ainsi, cette expérimentation peut être transposée à d'autres problèmes. Le modèle HBV est aussi un outil pédagogique dont la maîtrise peut être grandement utile à l'enseignement sur différents domaines et il s'avère qu'il peut être un outil professionnel efficace.



Mots-clés : Modèle hydrologique, Prévision, Inondations, Sisaony, Madagascar

Dewals Benjamin , Département Architecture, Géologie, Environnement et Construction, Université de Liège, Belgique, b.dewals@ulg.ac.be

Randrianizahana Herimbolason , Cabinet d'Etude Géologie Ingénierie Environnement (GIE), Madagascar, et Département Architecture, Géologie, Environnement et Construction, Université de Liège, Belgique, hery.randrianizaha@gmail.com

Westhoff Martijn , Département Architecture, Géologie, Environnement et Construction, Université de Liège, Belgique, Martijn.Westhoff@ulg.ac.be



Le risque d'inondation de débâcle et le réchauffement climatique à Iakoutsk (Russie)

Rollot Romain, Ballais Jean-Louis, Gadal Sébastien, Danilov Yuri

La Léna constitue l'axe majeur structurant l'espace géographique d'une partie de la Sibérie centrale et orientale, et les territoires qui se sont organisés le long du fleuve. Axe de communication majeur, véritable autoroute en hiver et voie maritime en été, elle constitue la seule voie permettant le transport des marchandises en grande quantité. Plus de 40% des habitants de la République de Sakha (Iakoutie) habitent le long de la Léna ; soit environ 400 000 personnes, dont environ 300 000 pour la seule ville de Iakoutsk. Elle fut l'axe principal d'anthropisation et aujourd'hui d'urbanisation.

Son régime nival se caractérise par une forte immodération due au climat froid continental et oppose de faibles débits hivernaux à d'énormes débits printaniers lors de la débâcle. Cette débâcle est contrôlée par des conditions hydrologiques, mécaniques et surtout thermiques.

Le réchauffement climatique de la fin du XX^{ème} siècle se marque, en hiver, par l'accroissement du débit, soutenu par l'épaississement de la couche active du permafrost, et la diminution de l'épaisseur de la couche de glace superficielle. Au printemps, la fusion est plus précoce en mai et les débits journaliers plus faibles en juin. L'été présente peu de changement alors que les débits de septembre et d'octobre diminuent. Au total, même si le débit annuel moyen augmente légèrement, on n'observe pas d'accroissement du débit de pointe et donc du risque d'inondation. L'exposition des populations aux risques d'inondation s'est considérablement accrue avec la croissance urbaine de la ville d'Iakoutsk et de sa région (formant un territoire en métropolisation), exposant de fait nombre de nouveaux quartiers pavillonnaires de datchas à la débâcle dans le lit majeur de la Léna.

Mots-clés : Léna, débâcle, anthropisation, réchauffement climatique, inondation, Sibérie orientale

Ballais Jean-Louis , Aix-Marseille Université, CNRS ESPACE UMR 7300, France

Danilov Yuri , North Eastern Federal University, department of Geography, Russie

Gadal Sébastien , Aix-Marseille Université, CNRS ESPACE UMR 7300, France et North Eastern Federal University, department of Geography, Russie

Rollot Romain , Aix-Marseille Université, CNRS ESPACE UMR 7300, France



Crues exceptionnelles dans le bassin versant de la rivière Prut (Roumanie), dans le contexte des pluies torrentielles de l'été 2010

Romanescu Gheorghe

L'année 2010 a été caractérisée par des inondations dévastatrices en Europe centrale et orientale, y compris en Roumanie, en République tchèque, Slovaquie, Bosnie-Herzégovine etc. Cette étude concerne les inondations qui ont eu lieu au cours de l'été 2010 dans le bassin versant de la rivière Prut, qui a un pourcentage élevé d'infrastructures hydrotechniques.

De fortes inondations se sont produites dans l'est de la Roumanie, sur la rivière Prut, qui fait la frontière avec la République de Moldavie et l'Ukraine, et en même temps de la rivière Siret (à l'ouest de la Moldavie). L'instabilité atmosphérique du 21 Juin- 1 Juillet 2010 a provoqué d'importantes quantités de pluie, avec des taux de 51,2 mm/50 min et 42,0 mm/30 min. Dans le bassin versant moyen de Prut il y a de nombreux étangs qui aident à atténuer les inondations ainsi que de fournir de l'eau pour les animaux, pour les irrigations etc. Le débit de pointe de la rivière Prut, au cours de l'été 2010, a été, à la station de jaugeage Radauti Prut, de 2310 m³/s. Des débits élevés ont également été enregistrés sur les affluents en aval, y compris les rivières Baseu, Jijia, Miletin etc. Les débits élevés d'aval se sont produits à cause de l'eau du bassin versant moyen et à cause du remous du Danube (un débit historique de 16300 m³/s). Les inondations qui se sont produites dans le bassin versant Prut, dans l'été 2010, ne peuvent pas être contrôlés complètement parce que les débits dépassaient de loin les valeurs prévues.

Mots-clés : Changements climatiques, Contrôle des crues, Etangs, Pluies torrentielles, Remous

Romanescu Gheorghe, Alexandru Ioan Cuza Université de Iasi, Faculté de Géographie et de Géologie, Département de Géographie, Bd. Carol I 20A, 700505, Iasi, Roumanie



Impacts des changements climatiques sur les inondations du Gharb (Maroc)

Saloui Abdelmalik, Karrouk Mohammed-Saïd, El Alami Mohammed, Kanjaa Rahma

Cette étude consiste à montrer la relation entre le changement climatique global et les inondations qui caractérisent la région du GHARB.

Le Maroc avec un climat semi-aride subit de temps à autre de grands méfaits liés aux inondations. Ce n'est guère un paradoxe. On est presque tenté d'affirmer que l'aridité favorise l'apparition de crues violentes car l'absence de couverture végétale et la concentration de sols argileux soutiennent le ruissellement aux dépens de l'infiltration.

L'histoire climatique du Maroc montre que la sécheresse était certes fréquente et que le pays a connu même des famines et des épidémies. Mais, une sécheresse qui dure quatre années consécutives, le Maroc ne l'a pas connue depuis le 17^{ème} siècle. Ainsi, trois siècles durant et jusqu'au début des années 1980, le Maroc en a été épargné. Mais voilà qu'en 20 ans (de 1980 à 2000), deux sécheresses de 4 années et une de 3 années consécutives ont eu lieu. A partir de l'an 2000, le suivi des données météorologiques a montré un retour des précipitations avec une nouvelle répartition dans le temps et dans l'espace. Le doute n'est plus permis, nous subissons bien les effets d'un changement climatique dont il convient d'en étudier les conséquences.

Le Gharb a connu de sévères inondations. Les plus dévastatrices ont eu lieu dans les années 1963, 1973, 1989, 1996, 2009 et 2010. Ces événements catastrophiques ont provoqué l'inondation de plusieurs milliers d'hectares de terrains agricoles, endommageant des infrastructures, l'effondrement de maisons, l'évacuation de plusieurs familles sinistrées et la submersion durant plusieurs jours des habitations. Ils ont occasionné d'importants dommages économiques et sociaux.

Les inondations dans la plaine du Gharb sont dues à la situation de la plaine en aval du bassin du Sebou, exutoire de tous les oueds qui la traversent. L'existence de plusieurs brèches le long du Sebou, le débit limité des oueds du Sebou, du Beht et du Rdom et la faible capacité des canaux d'assainissement due au manque d'entretien (envasement), la faible évacuation des eaux à cause des faibles pentes et l'effet de la marée, La nature lourde des terrains notamment dans la zone centrale... toutes ces caractéristiques expliquent les violentes crues du Sebou en prenant en compte le retour des pluies accentué en temps et espaces et qui mettait à l'épreuve le Gharb une année sur deux.

Ainsi donc, les changements climatiques et leurs conséquences au Maroc ont commencé à être ressentis plus fortement durant les deux dernières décennies, en raison, d'une part, de la croissance démographique, de l'essor économique et du développement urbain, des développements agricole, industriel et touristique qui entraînent une occupation croissante des zones vulnérables, et d'autre part, de l'aggravation des phénomènes extrêmes (sécheresse et crues) suite aux changements climatiques engendrant de forts orages localisés et qui se trouvent à l'origine de crues rapides et violentes.



Les résultats tirés de ces études, après le suivi des données climatiques au cours des dernières décennies, confirme la tendance du climat marocain vers un changement climatique avec une variabilité extrême et hétérogène. La plaine du GHARB est parmi les régions vulnérables et concernées par ce changement. Ce phénomène, lié au relation entre les conditions de l'atmosphère et la température de la surface de l'océan dans le monde, où il a été noté au cours des dernières années, le retour des pluies et même exceptionnelles dans certaines régions du pays, en particulier pendant les années 1996-1997-2008-2009-2014, qui ont marqué l'histoire hydrologique du Maroc. La variabilité climatique et le retour des précipitations avec concentration (temps/espace) et leurs durées de retour calculées, constituent un outil d'étude hydrologique nécessaire à la conception de tous les ouvrages de rétention d'eau, de canalisation, d'évacuation d'eaux pluviales, ... Cette situation remet en question la politique du Maroc en matière de changement climatique, de savoir-faire et infra structure héritée, de gestion d'eau et des risques,...dans un milieu transitionnel qui ne cesse de changer.

Mots-clés : Changement climatique, Variabilité climatique, Vulnérabilité, Plaine du GHARB, Inondations

El Alami Mohammed
Kanjaa Rahma
Karrouk Mohammed-Saïd
Saloui Abdelmalik



Impact des Evènements Météorologiques Dangereux sur la gestion de crise des communes : application aux PCS des communes de l'île de la Réunion

Sauvagnargues Sophie, Ayral Pierre-Alain, Tena-Chollet Florian, Wassner Thibaut, Fréalle Noémie

Les effets du changement climatique se font sentir sur toute la surface du globe. Cet état de fait oblige les services en charge de la gestion de crise à s'adapter, notamment en faisant évoluer les documents de planification de la gestion de crise.

Sur l'île de la Réunion, par exemple, le dispositif de planification de la gestion crise (Dispositif ORSEC) appliqué aux évènements cycloniques existe depuis de nombreuses années. Le risque cyclonique est clairement identifié (même si la prévision des phénomènes reste un sujet à enjeux scientifique), les dangers inhérents sont documentés, les procédures bien établies, les missions confiées aux différents intervenants clairement réparties. Les exercices Cyclonex (exercices de sécurité civile ayant pour objet de tester les procédures) sont réalisés annuellement et font l'objet d'un retour d'expérience structuré.

Mais, en marge de ces évènements cycloniques, d'autres phénomènes intenses et non cycloniques se reproduisent de plus en plus souvent, contraignant alors les gestionnaires de crise à s'adapter en conséquence. Ainsi, depuis 2007, la Préfecture de la Réunion a mis en place un Dispositif ORSEC EMD (« Evènements Météorologiques Dangereux ») qui porte sur les phénomènes de fortes pluies, orages, vents forts, et fortes houles. Ces Evènements Météorologiques Dangereux présentent un certain nombre de similitudes avec les épisodes pluvio-orageux intenses que les régions Méditerranéennes connaissent en automne. Dans les procédures de Vigilance et d'Alerte EMD, des différences existent par rapport aux niveaux de Vigilance et d'Alerte Cyclone. En effet, lors du passage d'un Cyclone au plus près de l'île, les établissements scolaires sont fermés dès le niveau Orange, et une phase de confinement des populations est ensuite décidée (niveau Rouge), alors que lors des épisodes EMD, les fermetures d'établissements, et interdictions de circuler ne sont pas systématiquement inscrites.

Cette différence entre la gestion d'une crise Cyclonique (où la Préfecture est décisionnaire) et une crise EMD (où le Maire reste décisionnaire) n'est pas toujours bien répercutée par les communes dans le cadre de leurs Plans Communaux de Sauvegarde. Les équipes communales en charge de la sauvegarde des administrés doivent alors s'adapter, avec le phénomène en cours, une vie locale qui continue, des établissements scolaires dont la responsabilité de la fermeture est laissée aux maires.

Les documents communaux de gestion de crise doivent ainsi être adaptés à ces contraintes, en intégrant notamment des scénarios d'évènements récurrents dont les conséquences et actions à mener en réponse doivent être structurées en Plans d'Intervention Gradués.



Afin de permettre à ces communes d'obtenir un appui scientifique et méthodologique, le projet SPICy (Système de Prévision des Inondations Côtières et fluviales en contexte cyclonique, ANR-14-CE03-0016) a pour objectif de développer un système de prévision expérimental des inondations marines et fluviales d'origine cyclonique sur l'île de La Réunion. Deux communes pilotes testent les nouveaux produits de modélisation sous la forme de bulletins locaux de vigilance, et ces nouveaux bulletins sont intégrés dans les dispositifs communaux de gestion de crise. Parallèlement, un travail de construction de Plans d'Intervention Gradués spécifiques pour les Evènements Météorologiques Dangereux est réalisé avec les équipes communales en charge de ces aspects, et des exercices de crise (en simulateur et in situ) sont programmés afin de valider le volet opérationnel de ces Plans. L'appui méthodologique aux communes pour l'élaboration des Plans d'Intervention Gradués, et l'organisation d'un exercice dans le simulateur de crise de l'Ecole des mines d'Alès seront présentés en détails lors de la communication.

SPICy est un projet de recherche appliquée sur 3 ans (2015-2017) mené par le BRGM (coordinateur du projet), la Direction Régionale de Météo-France Océan-Indien, le LACy (Laboratoire de l'Atmosphère et des Cyclones - UMR 8105, Université de La Réunion, CNRS, Météo-France), BRL Ingénierie et Armines-Ecole des mines d'Alès. Il est cofinancé par l'Agence Nationale de la Recherche (ANR) et les partenaires du projet.

Mots-clés :

Ayral Pierre-Alain , Ecole des mines d'Alès (France), pierre-alain.ayral@mines-ales.fr

Fréalle Noémie

Sauvagnargues Sophie , Ecole des mines d'Alès (France), sophie.sauvagnargues@mines-ales.fr

Tena-Chollet Florian

Wassner, Thibaut



Impact du pilotage et du choix de la technique d'irrigation sur l'économie de l'eau en climat méditerranéen

Si Smail Ali, Abdesselam Malek, Aigoun Chabane

L'irrigation est indispensable pour les ressources alimentaires. Elle est cruciale pour palier au déficit hydrique, du à l'insuffisance des précipitations qui caractérise particulièrement les régions arides et semi-arides. Elle constitue également un vecteur, à travers lequel des éléments nutritifs et des produits phytosanitaires sont acheminés. A cet effet une agriculture durable nécessite à la fois l'amélioration de l'efficacité de l'utilisation de l'eau, en réduisant le gaspillage et en économisant de l'eau pour un usage plus productif, tout en préservant les sols, les lacs et les rivières. Cette agriculture est possible grâce à un pilotage rationnel de l'irrigation qui consiste à apporter les doses d'arrosage à des moments opportuns. D'où l'importance de la synergie entre facteurs climatiques, nature du sol, exigences des cultures à irriguer et intrants.

Dans cette étude l'intérêt est porté sur l'impact du choix du mode d'irrigation sur l'économie de l'eau. Elle est appliquée à deux cultures différentes : l'une est annuelle (pomme de terre de saison) et l'autre est pérenne (verger d'agrumes), au niveau de deux parcelles situées dans la vallée du Sébaou (Nord de l'Algérie). Le climat de la région est méditerranéen, caractérisé par un hiver pluvieux et frais et un été sec et chaud, avec une période sèche qui s'étale généralement de la fin du mois de mai jusqu'au début du mois d'octobre. Le pilotage de l'irrigation est établi au moyen de la méthode du bilan hydrique, selon deux types de calendriers d'arrosages : à dose fixe et à dose variable. Les techniques d'irrigations comparées sont le goutte à goutte, l'aspersion (sous frondaison dans le cas des agrumes) et le gravitaire (par sillons). Les résultats ainsi obtenus, en termes de volume d'eau nécessaire pour couvrir intégralement une campagne d'irrigation et en considérant les rendements optimaux de chacune des techniques, montrent que comparativement à l'irrigation au goutte à goutte : l'aspersion nécessite + 86 % dans le cas de cas du verger d'agrumes et + 30 % dans le cas de la pomme de terre, et que le gravitaire a besoin de + 112 % et + 78% respectivement.

Mots-clés : déficit hydrique, irrigation, facteurs climatiques, rendement, Sébaou

Abdesselam Malek, Fac Agro-Bio, UMMTO, Tizi Ouzou, Algérie

Aigoun Chabane, Fac Agro-Bio, UMMTO, Tizi Ouzou, Algérie

Si Smail Ali, Fac Agro-Bio, UMMTO, Tizi Ouzou, Algérie, asismail03@yahoo.fr



Utilisation des outils géomatiques pour le monitoring des effets des changements climatiques sur le Banc d'Arguin

Sidi Cheikh Mohamed Ahmed, Olf Han, Piersma Theunis

De nombreux travaux ont été menés pour décrire les effets potentiels des changements climatiques sur les milieux marins et littoraux. Bien que plusieurs scénarios aient été examinés pour analyser les effets induits par les changements climatiques, les données in-situ permettant d'assurer un suivi des impacts éventuels font souvent défaut au niveau des institutions publiques chargées de la gestion du territoire en Afrique subsaharienne. Des observations récentes sur le littoral Mauritanien font état de l'apparition de plusieurs brèches au niveau de la côte entre Nouakchott et Nouadhibou. Les diverses hypothèses avancées convergent vers une accélération du phénomène de l'érosion côtière amplifiée par le renforcement des vents nord-ouest, à l'origine des fortes tempêtes, responsables des inondations inhabituelles dans les zones côtières. Ces inondations provoquent la rupture du cordon dunaire et l'isolement de plusieurs villages situés dans la côte du Parc National du Banc d'Arguin (PNBA). De plus, la nidification des oiseaux sur plusieurs îles sablonneux dans ce parc (Nair et Zira) ont été compromises par des inondations qui sont devenues plus fréquentes ces dernières années. Ces effets conjugués susmentionnés constituent donc un risque réel pour la biodiversité, le bien-être de la population et l'économie nationale. C'est pourquoi, les gestionnaires du PNBA sont interpellés pour analyser la situation actuelle de ces menaces, identifier l'ampleur et l'origine et définir une stratégie d'adaptation ou de mitigation pour atténuer les effets induits sur le parc, qui est inscrit sur la liste du patrimoine mondial de l'Unesco depuis 1989.

Dans le cadre de cette étude, nous avons utilisé, en premier lieu, l'archive disponible depuis quarantaine d'année du satellite Landsat afin d'examiner la dynamique à long-terme qu'a connu les paysages côtiers et marins du PNBA. Ensuite, des compléments des images Quick Bird et GeoEye disponibles via Google Earth sont utilisés pour approfondir notre analyse sur les sites remarquables dans cette réserve naturelle. Les résultats préliminaires ont permis de répertorier les sites les plus vulnérables vis-à-vis des effets adverses des changements climatiques et produire des cartes utiles pour la prise de décision.

Mots-clés : Changement climatique, Banc d'Arguin, télédétection, biodiversité

Olf Han, Université de Groningen, Pays-Bas

Piersma Theunis, Université de Groningen et Royal Netherlands Institute for Sea Research (NIOZ), Pays-Bas

Sidi Cheikh Mohamed Ahmed, Université de Groningen, Pays-Bas, ouldsidicheikh@yahoo.fr



La reconnaissance du Parc de Tepilora comme Réserve de Biosphère de l'UNESCO : opportunités pour la résilience des communautés

Spanu Graziano

La zone de Tepilora se caractérise par des conditions géologiques et morphologiques particulières dictées par la présence d'un sous-sol cristallin Paléozoïque et par la morphologie résultant de l'érosion des montagnes de Torpè-Bitti-Sa-Serra liés au paléo paysage post hercynien rajeuni et remodelé par des surfaces d'érosion du Tertiaire. Au centre de ce système d'intérêts scientifique, environnemental et culturel particuliers, où domine le paysage naturel, le relief qui lui donne son nom au parc, le Monte Tepilora, qui est une intrusion de type granitique Paléozoïque aujourd'hui complètement érodée et sa beauté tant particulière que spectaculaire a en outre contribué à la naissance du parc.

Le Parc Naturel Régional de Tepilora, en collaboration avec le Ministère de l'Environnement, a lancé une phase préliminaire d'exploration pour la reconnaissance de l'UNESCO dans le cadre du Programme MaB (Man and Biosphere) pour le Parc de Tepilora et les territoires du Rio Posada et Montalbo dans les environs du parc régional qui sont écologiquement, économiquement et socialement liés au bassin versant du Rio Posada et au massif de Montalbo (<http://mab.parcotepilora.it/>). L'UNESCO promeut le Programme MaB dans un objectif de préservation de la biodiversité et de la diversité culturelle; le développement économique durable sur le plan environnemental culturel et social; et le soutien à l'éducation, à la recherche et à la formation.

Pour nos territoires et nos communautés récemment marquées par les effets dévastateurs des inondations, l'ambition de devenir une Réserve de Biosphère coïncide avec la nécessité de renforcer la résilience des systèmes territoriaux, qui est leur capacité à absorber les chocs externes et les stress, pour réagir par des mesures appropriées, des bonnes pratiques et des processus d'adaptation à limiter les dégâts et faire face aux conséquences de ces événements extrêmes dus, notamment, au changement climatique. En portant notre candidature à la Réserve de biosphère MaB de l'UNESCO, nous avons l'intention de devenir une zone privilégiée pour la recherche et l'application des actions de suivi, d'adaptation et d'atténuation aux changements climatiques. Ces initiatives seront développées en particulier dans les domaines d'interventions suivants: la conservation des terres, le bien-être, la qualité de vie et la santé des communautés, la promotion des ressources environnementales locales et les productions durables.

Mots-clés : Adaptation, résilience, Parc Naturel Régional de Tepilora, Sardaigne

Spanu Graziano , Président Parc Naturel Régional Tepilora



Les inondations à Toliara (Sud-Ouest Madagascar). Quelle méthode d'analyse pour comprendre la vulnérabilité dans le contexte du changement climatique ?

Taïbi Aude-Nuscia, Rakotoarisoa Mahefa Mamy, Champin Laura, Fleurant Cyril,
Razakamanana Théodore

La plaine côtière de Tuléar située dans le SO de Madagascar, ceinturée à l'Est par le bord ouest du plateau calcaire, au Sud par la falaise de Tsinjoriake, et à l'ouest par le canal de Mozambique, est soumise à des inondations récurrentes par le fleuve Fiherenana en lien en général avec le passage de cyclones dans un contexte d'augmentation de ces phénomènes climatiques extrêmes (Direction Générale Météorologie Madagascar, 2008). Les dégâts majeurs occasionnés à chaque inondation posent le problème de l'efficacité de la gestion de ce risque à Tuléar. La caractérisation de l'aléa étant difficile en raison des lacunes de données sur le fonctionnement hydrométéorologique et ceci malgré l'utilisation de modèles statistiques simples (décomposition des séries temporelles) permettant de reconstituer en partie ces données, nous proposons de réfléchir à une méthodologie pour caractériser la vulnérabilité des populations et du territoire à ce risque.

La notion de vulnérabilité est en général vue comme la mesure des conséquences d'un aléa, le risque inondation se caractérisant par de nombreuses victimes, un coût important de dégâts matériels et des impacts sur l'environnement. Cependant, elle inclue également les difficultés qu'une société mal préparée rencontre pour réagir à la crise, puis restaurer l'équilibre en cas de sinistre (perturbations directes et indirectes, immédiates et durables). Or cette dimension est de manière générale très mal prise en compte dans les politiques et les outils de gestion des risques. Pourtant, comprendre les conditions ou les facteurs propices aux endommagements ou influant sur la capacité de réponse à une situation de crise apparaît de plus en plus fondamental pour agir sur la réduction de cette vulnérabilité. Cette vulnérabilité obéit à une série de facteurs structurels (socio-démographiques et économiques, socio-culturels, cognitifs ou éducatifs et perceptifs, techniques ou physiques, fonctionnels et institutionnels ou politico-administratifs), géographiques et conjoncturels, dont l'analyse permet de prévoir l'amplitude des préjudices potentiels (Thouret et D'ércole, 1996).

L'étude encore en cours se propose d'analyser les facteurs de vulnérabilité associant des mesures quantitatives de l'exposition des éléments aux inondations et des mesures qualitatives de la capacité de réponse des individus ou des groupes exposés aux sinistres à partir de relevés de terrain et de l'utilisation du SIG.

Les mesures quantitatives de l'exposition des éléments aux inondations s'appuient sur la création d'un indice de vulnérabilité à partir de plusieurs critères statiques ; (i) la hauteur d'eau potentielle calculée à partir du modèle numérique de terrain (SRTM 30m) en effectuant des simulations d'écoulements basé sur le SIG et sur les systèmes multi-agents (Rakotoarisoa et al. 2014) ; (ii) la distance aux ouvrages de protection du fait de l'effet de surprise que peut engendrer une rupture soudaine de la digue et du sentiment de fausse



sécurité que donne la proximité à un ouvrage ; (iii) la distance aux zones de refuges qui prend en compte la distance que doit parcourir un occupant pour arriver dans une zone non inondée ; (iv) la typologie des habitations basée sur leur solidité.

On ajoutera à ces facteurs géographiques (topographie, géomorphologie, biogéographie, urbanisation, ...) et techniques ou physiques (liés au bâti et aux matériaux exposés), les autres facteurs structurels permanents de la vulnérabilité basés sur les données socio-démographiques et économiques du nombre d'habitants et de la densité de population par quartiers et par maison, ainsi que la composition de cette population (âge moyen, ...) et sa structure socio-économique (CSP, formation scolaire, santé, revenus...). On définira aussi les activités présentes et le type de quartier (spontané ou pas).

Les mesures qualitatives de la capacité de réponse des individus ou des groupes exposés aux sinistres sont également indispensables car le risque est un construit social qui renvoie aux modes de vie des sociétés et à leur rapport avec leur environnement. Il est donc nécessaire d'appréhender les caractéristiques globales de la population concernée, mais également les représentations et perceptions des risques, c'est-à-dire la dimension sociale des risques.

Pour cela, une enquête permet de mettre en évidence les connaissances acquises (par l'école ou des associations etc.), sur les inondations et les expériences passées vécues (à différentes échelles de temps, inventaire des dégâts, solutions mises au point ...), et perceptives à travers les représentations de l'aléa et du risque inondation (gravité, fréquence, type).

Il s'agira également de qualifier les facteurs fonctionnels, c'est-à-dire la qualité de la prévention et de l'organisation des secours en cas de catastrophe et les facteurs institutionnels ou politico-administratifs fondant la planification et réglementation en matière de risque à travers ces enquêtes et des entretiens avec les gestionnaires en nous appuyant sur la dernière inondation catastrophique de février 2013.

Mots-clés : Inondation, vulnérabilité, indicateurs, Madagascar, Toliara

Champin Laura , LETG-Angers (UMR 6554 CNRS), Université d'Angers, UBL, France

Fleurant Cyril , LETG-Angers (UMR 6554 CNRS), Université d'Angers, UBL, France

Rakotoarisoa Mahefa Mamy , LETG-Angers (UMR 6554 CNRS), Université d'Angers, UBL, France et Université de Toliara, Madagascar

Razakamanana Théodore , LETG-Angers (UMR 6554 CNRS), Université d'Angers, UBL, France et Université de Toliara, Madagascar

Taïbi Aude-Nuscia , LETG-Angers (UMR 6554 CNRS), Université d'Angers, UBL, France, audenousia.taibi@univ-angers.fr



L'importance d'une planification adéquate pour la réduction du risque hydrogéologique : le cas de Posada (Sardaigne, Italie)

Tola Roberto

Huit communes sur dix en Sardaigne ont au moins une partie de territoire concernée par les risques hydrogéologiques. Parmi ceux-ci, de l'ordre de 280 km² sont à risque d'inondation selon les récentes données présentées par l'Ordre des géologues de Sardaigne en 2014. Après les inondations catastrophiques qui ont été observées récemment dans l'île, particulièrement dans la région d'Olbia, la Sardaigne s'est rendue compte des conséquences des changements climatiques qui se manifestent notamment au travers des modifications évidentes dans le régime des précipitations. De plus en plus souvent, les longues saisons de sécheresse sont suivies d'événements pluviométriques extrêmes concentrés dans de petites zones et dans le temps, comme en témoignent les nombreuses inondations dévastatrices qui ont eu lieu en 2013 et qui ont touché 64 communes de l'île, affecté les activités et/ou les biens d'environ 345.000 personnes réparties sur 20% du territoire de l'île avec des dégâts estimés à plus de 650 millions euros.

En novembre 2013, un de ces événements pluviométriques extrêmes a frappé le bassin du Rio Posada provoquant une onde de crue qui a traversé la vallée, inondé le lit majeur de la rivière avant de submerger les digues. L'effet de cet événement a produit d'importants dégâts aux installations et aux infrastructures présentes le long du parcours la rivière. Cependant, les effets de la catastrophe ont été différents selon les localités traversées. Dans la zone supérieure du bassin versant, des habitations, des entreprises et des implantations industrielles occupant le lit majeur ou des terrasses abandonnées du cours d'eau ont été touchées, provoquant des pertes en vies humaines et des dégâts économiques considérables. Par contre, dans la partie aval, ce sont essentiellement les terres agricoles préservées de constructions qui ont été submergées. L'onde de crue a inondé de nombreux enjeux dans les parties amont et centrale du cours d'eau, mais la modeste anthropisation de la zone submergée sur le territoire de la commune de Posada a considérablement limité les conséquences humaines et économiques de l'inondation puisque seuls des routes ou des ponts mal dimensionnés ont été détruits par l'onde de crue. Aujourd'hui, le territoire de Posada présente les conditions idéales pour l'analyse de l'importance de l'aménagement du territoire pour réduire les pertes socio-économiques suite à des inondations. De nombreuses communes de Sardaigne connaissent la même configuration topographique et morphologique que le territoire de la commune de Posada et sont tentées par l'urbanisation facile dans des zones à risque d'inondation. Le "modèle Posada" devrait servir d'exemple pour la planification territoriale régionale et pourrait être exporté dans toute l'île pour limiter durablement les risques de pertes et préjudices liés au changement climatique.

Mots-clés : Inondations, aménagement du territoire, pertes et préjudices, adaptation, extrêmes climatiques, Posada, Sardaigne

Tola Roberto , Géologue, maire de Posada



Les risques inondations et les changements climatiques en Algérie : Impacts directs et indirects, prévention et gestion (Cas d'Alger)

Touati Abdlebacet

Le climat d'Alger est de type méditerranéen. On observe déjà une évolution du climat vers un réchauffement (depuis 1970, l'augmentation est de 0,5°C par décennie pour les températures maximales et de 0,2°C par décennie pour les minimales), accompagnée d'une baisse globale des précipitations annuelles. Le changement climatique, déjà clairement observé, devrait se poursuivre jusqu'à l'horizon 2030. On retiendra également que la variabilité des événements extrêmes augmenterait dans le futur.

Le territoire de la wilaya d'Alger est couvert par un réseau assez dense de cours d'eau dont certains sont permanents (El Harrach, El Hamiz, Reghaia, Mazafran, Kouraich, etc...). Ces oueds génèrent certains risques d'inondation et l'évènement le plus marquant est sans doute la crue de l'oued Koriche, qui a causé d'importants dégâts et fait un millier de morts dans le quartier de Bab El Oued en novembre 2001.

Le croisement de l'aléa et la sensibilité territoriale a permis d'identifier un certain nombre de vulnérabilités aux risques d'inondations. Il s'agit notamment des zones urbaines qui se sont développées le long des principaux oueds.

Pour la prévention et la gestion des risques, l'Etat algérien a mis en place une stratégie nationale basée sur l'aménagement du territoire pour la consolidation des espaces fragiles, soit par la résorption de l'habitat précaire et des bidonvilles, soit par la consolidation du patrimoine de la Casbah et du vieux bâti. Les larges espaces d'habitat informel, construit en dehors des normes de la construction constituent un des enjeux fort de la prévention face aux risques, cela s'exprime à travers le Schéma National d'Aménagement du Territoire 2030 (SNAT).

Face à ces risques, les autorités algériennes ont renforcé leurs capacités de prévention et de réaction. Cela s'est traduit par la promulgation d'une loi « 04-20 » sur la prévention et la gestion des risques majeurs dans le cadre du développement durable et plus récemment, par la préparation de documents de planification urbaine : le Schéma directeur d'aménagement de l'aire métropolitaine d'Alger (SDAAM) et le Plan directeur d'aménagement et d'urbanisme de la wilaya d'Alger (PDAU).

Mots-clés : Changements climatiques, Risques, Inondations, Prévention et Gestion, Alger

Touati Abdlebacet, Direction Générale de la Protection Civile, Direction de la Prévention, Sous Direction des Risques Majeurs, Alger, Algérie, touatibassit@yahoo.fr



Impact et gestion du changement climatique au niveau de la latitude Pyrénées-Méditerranée

Tournou-Bergonzat Jean-Claude

Après la COP 21 qui s'est déroulée à Paris en 2015, aucun doute que le virage qui va s'opérer sera différent de celui amorcé après celle de Copenhague. Grâce à un accord global complexe qui a réuni 195 pays, dont 147 chefs d'Etats ou de gouvernements, le défi climatique (G.E.S.) ne sera plus, nous l'espérons, un paramètre considéré comme secondaire.

Dans le cadre de ce sujet, il existe une latitude entre les 35^{ème} et 45^{ème} parallèles nord capable d'offrir à échelle humaine une vision globale du « centimètre de la Terre ». Depuis le littoral Atlantique, les Pyrénées offrent un versant septentrional, un versant sud africain, enfin, une façade méditerranéenne. Ce continuum vers la Méditerranée partage des biomes terrestres et marins, des enjeux et des vulnérabilités (avalanches, tempêtes, crues, incendies et épisodes de pluies Cévenoles). La géophysique de cet espace permet de constater que, si des progrès existent dans l'observation satellitaire du climat et l'assistance lors de catastrophes ponctuelles locales et régionales, il s'avère qu'aucun pays n'est suffisamment avancé en termes de réponses face au risque de synergies de phénomènes naturels et anthropiques. Des exemples au travers de la nouvelle région Midi-Pyrénées-Languedoc-Roussillon permettent d'évaluer à la fois la réactivité en termes de programmes et l'adaptation face à l'évolution climatique, les failles, les coûts, les délais, mais aussi les bonnes mesures de gestion prises ainsi que la résilience environnementale possible.

Au niveau de l'Etat : il y a nécessité d'une nouvelle politique de mesures concernant des services sanitaires gouvernementaux compétents et opérationnels (formation élevée des personnels, infrastructures de réserve, prophylaxie, logistique, apprentissage à l'autonomie des citoyens). L'ambition d'une nouvelle dynamique comme après guerre s'impose en prenant en compte les enjeux écologiques, en réadaptant les aménagements économiques et touristiques.

Problématiques au niveau régional : le retour d'expériences de phénomènes météorologiques en milieux extrêmes est peu mis à profit alors que ces anomalies climatiques se démultiplient dans des zones rurales ou touristiques très urbanisées (encore non modélisées). Enfin il est urgent d'accompagner la gestion des déchets solides contaminés, ainsi que celle des filtrages naturels des rejets des eaux sur les littoraux.

Un exemple de développement durable énergétique : le choix de l'eau : c'est peut-être dans les Pyrénées et le sud-ouest que l'on a compris mieux qu'ailleurs l'utilité économique et touristique de cette hydrographie, tout en conservant l'attrait de ces paysages. Cette énergie renouvelable, autosuffisante, s'adapte grâce à l'ingénierie au changement climatique à l'échelle d'une grande région européenne : barrages, retenues collinaires, plans d'eau combinés avec zones humides. Ces derniers régulent dès à présent les inondations, les étiages estivaux pour l'eau potable, l'agriculture, l'industrie, les loisirs, la



faune et la flore, mais restent un chantier ouvert (digues-berges-vignobles et produits phytosanitaires, l'affaire SIVENS).

Résiliances d'écosystèmes et de paysages (l'évolution des protopaysages en géomorphosites postindustriels): descriptions des vertus spécifiques liées aux divers classements de la latitude Pyrénées-Méditerranée : Hautes- Pyrénées/Aragon, Catalogne, Provence, Ligurie, Corse, Sardaigne.

Le réchauffement interglaciaire et artificiel anthropique que l'après COP 21 veut tenter de limiter à $+2^{\circ}$ ou -2° , impactera et va être préjudiciable à la latitude décrite. Considérée comme haut lieu du tourisme mondial, il est encore temps d'y anticiper des reconversions d'après nos connaissances scientifiques récentes en glaciologie et en paléorivages avec les modèles en cours des géographes.

Mots-clés : Pyrénées, Méditerranée, Géomorphosites, Paysage, Protection

Tournou-Bergonzat Jean-Claude , OgetPHM/FFCAM/SPM



Evolution de la frange littorale terrestre de la Côte d'Ivoire (Afrique de l'Ouest): influence de l'érosion côtière dans le contexte actuel des changements climatiques

Yao Blaise Koffi, Yao Kouadio Salomon , Ahoussi Kouassi Ernest, Kouassi Amani Michel ,
Biemi Jean

La Côte d'Ivoire, pays situé en Afrique de l'Ouest, bénéficie d'une zone littorale qui s'étend sur environ 520 km de Tabou, au Sud- Ouest, à la frontière entre la Côte d' Ivoire et le Ghana au Sud - Est. La littoralisation de cette zone a vu le développement de plusieurs villes (Tabou, Grand Bereby, San Pedro, Sassandra, Fresco, Grand Lahou, Jacqueline, Abidjan, Grand Bassam, Assouindé et Assinie), ainsi que des infrastructures et activités économiques importantes (les ports Autonomes de San Pedro et d'Abidjan, la Société Ivoirienne de Raffinages à Abidjan (Port Bouet), l'autoroute Abidjan Bassam, les stations touristiques balnéaires etc.) .Avec l'élévation du niveau marin, du fait du réchauffement de la terre provoqué par l'accumulation des gaz à effet de serre, certaines villes ainsi que des infrastructures et activités économiques d'importance capitale pour la Côte d'Ivoire et pour la sous région, sont menacées de disparition, en raison de la recrudescence des phénomènes d' érosion et d'inondation des zones côtières. Plusieurs études ont déjà été menées sur la sensibilité du littoral ivoirien à l'érosion côtière: Tastet (1972); Hirschberger et Pomel (1972), Pomel(1979), Quelennec (1984); Tastet, (1985); Tastet et al. (1985); Yacé (1987); Koffi et al. (1987 et 1989); Koffi, 1992;Abé et Kaba, 1997; Abé et N'guessan, (1995); Affian et al. (1997); Hauhouot et al. (1997); Robin et Hauhouot (1999); Paskoff, 1998, Hauhouot, 2000;, Abé (2005); Yao (2012), N'doufou (2012); Konan (2012) et bien d'autre. Mais il n'existe pas encore une étude qui fait la synthèse de ces travaux. Cet article à donc pour objet de rassembler dans un même texte les différents résultats obtenus par ces travaux. Cela permettra de faire le point sur le niveau de connaissance de la dynamique sédimentaire du littoral ivoirien afin de motiver des études complémentaires qui permettraient de sauvegarder ces villes ainsi que ces infrastructures. La présente étude est basée sur une recherche bibliographique et webographique, sur des interviews et sur une analyse des prises de vue. Certains travaux montrent une variabilité de la sensibilité de la côte ivoirienne à l'érosion. Cette variabilité est étroitement liée aux caractéristiques géologiques et morphologiques de la côte. De fait, l'érosion du rivage apparaît dans l'ensemble plus préoccupante sur la basse côte sableuse à sablonneuse entre Grand-Lahou et la frontière du Ghana (Quelennec, 1984; Koffi et al., 1987, 1989; Koffi, 1992; Abé et Kaba, 1997; Hauhouot, 2000, 2008; Anonyme, 2003; Abé, 2005). A l'opposé, la côte mixte de plateau de la frontière du Libéria à Fresco, rocheuse et sableuse, affiche une stabilité dans l'ensemble en dehors du périmètre littoral portuaire de San-Pédro (Le Bourdieu, 1958; Pomel, 1979; Koffi et al., 1989). D'autres études soulignent l'influence de l'action de l'homme dans ce processus de dégradation du littoral (Tastet et al. 1998; Paskoff, 1998, Hauhouot, 2000, Yao, 2012). L'érosion côtière, à la lecture des différents résultats obtenus par le Centre de Recherches Océanologiques d'Abidjan et l'Unité de Formation et de Recherche des Sciences de la Terre de l'Université Félix Houphouët Boigny, viendra assurément accentuer le problème du foncier que connaît actuellement la Côte d'Ivoire dans la zone littorale si rien n'est fait pour maîtriser ce phénomène. On retient également



de ces études que le littoral ivoirien est partiellement étudié à cause du manque de stations de mesure, mais aussi de l'inaccessibilité de certaines zones et de l'insuffisance des ressources destinées à l'étude de ce phénomène.

Mots-clés :

Ahoussi Kouassi Ernest , Université Félix Houphouët-Boigny d'Abidjan-Cocody, UFR-STRM, LSTEE, 22 BP 582 Abidjan (Côte d'Ivoire)

Biemi Jean , Université Félix Houphouët-Boigny d'Abidjan-Cocody, UFR-STRM, LSTEE, 22 BP 582 Abidjan (Côte d'Ivoire)

Kouassi Amani Michel , Institut National Polytechnique Félix Houphouët-Boigny (INP-HB), STeRMi, Laboratoire du Génie Civil, des Géosciences et des Sciences Géographiques, BP 1093 Yamoussoukro (Côte d'Ivoire)

Yao Blaise Koffi , Université Félix Houphouët-Boigny d'Abidjan-Cocody, UFR-STRM, LSTEE, 22 BP 582 Abidjan (Côte d'Ivoire), yaomonie@yahoo.fr

Yao Kouadio Salomon , Centre de Recherches Océanologiques (CRO) Abidjan, Laboratoire de Physique et de Géologie Marine (PHYGEM), BP V 18 Abidjan (Côte d'Ivoire)



Impact de la vulnérabilité et de la résilience aux changements environnementaux sur la mobilité en Afrique de l'Ouest

Zickgraf Caroline, Vigil Sara, de Longueville Florence, Ozer Pierre, Gemenne François

Du Sahel à la zone côtière, l'Afrique de l'Ouest connaît une variété de changements environnementaux résultant tant de processus lents que de chocs soudains. Ces changements influencent significativement les schémas de migration de populations dans et hors de l'Afrique de l'Ouest. Dans cette région où les ressources naturelles constituent la base des moyens de subsistance et de la sécurité alimentaire (pêche et agriculture), la relation entre les changements environnementaux et les vulnérabilités socio-économiques est particulièrement préoccupante. La dégradation de l'environnement impacte la vulnérabilité des populations et ses capacités de résilience de façon complexe. La présence de stress environnementaux et climatiques varie géographiquement. Alors que la désertification et la sécheresse sont de première importance pour certaines zones, les inondations, l'érosion côtière, et l'élévation du niveau de la mer sont les principaux dangers pour d'autres. Au sein d'une même population affectée par les mêmes menaces climatiques, la vulnérabilité et la probabilité de migrer sont affectées par leur statut socio-économique, leur dépendance sur les ressources naturelles, et leurs caractéristiques démographiques. Compte tenu des vulnérabilités différenciées et des capacités de résilience, les politiques doivent être adaptées et mises en œuvre selon les besoins particuliers des populations. Les décideurs politiques doivent aussi tenir compte de la vulnérabilité telle qu'elle est perçue par les personnes concernées. Par conséquent, la mobilité environnementale ne peut pas être considérée comme un comportement strictement rationnel basé sur la vulnérabilité réelle. Les populations locales doivent être informées des changements environnementaux actuels et à venir de manière à accompagner leurs décisions de mobilité. La migration peut également constituer un outil important de résilience face aux changements socio-environnementaux. Créer des infrastructures d'accueil et mettre en place des mécanismes de protection des migrants et des personnes déplacées est une étape nécessaire pour atténuer les risques futurs. Les autorités régionales doivent travailler ensemble pour renforcer la résilience des communautés d'origine aux chocs climatiques, mais ils doivent aussi faciliter la migration comme une stratégie d'adaptation en reconnaissant le potentiel de développement des envois de fonds. Ces interventions politiques peuvent aider à diminuer le potentiel de création de populations "piégées", qu'elles soient 'immobiles' dans les zones d'origine, en transit, ou dans des zones de destination.

Mots-clés : Changement climatique, Dégradation environnementale, Vulnérabilité, Migration, Afrique de l'Ouest.

de Longueville Florence, Observatoire Hugo, Université de Liège, et Université de Namur, Belgique

Gemenne François, Observatoire Hugo, Université de Liège, Belgique et Sciences Po, Politiques de la Terre, Paris, France

Ozer Pierre, Département des Sciences et Gestion de l'Environnement (DSGE), Campus d'Arlon, et Observatoire Hugo, Université de Liège, Belgique, pozer@ulg.ac.be

Vigil Sara, Observatoire Hugo, Université de Liège, Belgique

Zickgraf Caroline, Observatoire Hugo, Université de Liège, Belgique

