



HAL
open science

Facteurs de la dégradation du régime hydrique et modèle d'aménagement du bassin-versant en milieu tropical humide insulaire, a l'exemple de Ouzini-Ajaho à Anjouan - Comores

Mirhani Nourddine, Aude Nuscia Taïbi, Aziz Ballouche, Théodore Razakamanana

► **To cite this version:**

Mirhani Nourddine, Aude Nuscia Taïbi, Aziz Ballouche, Théodore Razakamanana. Facteurs de la dégradation du régime hydrique et modèle d'aménagement du bassin-versant en milieu tropical humide insulaire, a l'exemple de Ouzini-Ajaho à Anjouan - Comores. *Madamines*, 2014, 6, pp.8-21. <halshs-01105111>

HAL Id: halshs-01105111

<https://shs.hal.science/halshs-01105111v1>

Submitted on 26 Jun 2022

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

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



HAL Authorization

Facteurs de la dégradation du régime hydrique et modèle d'aménagement du bassin-versant en milieu tropical humide insulaire, à l'exemple de Ouzini-Ajaho à Anjouan - Comores

Mirhani N*. ¹⁻³, Taïbi A. N. ¹, Ballouche A. ², Razakamanana T. ³

1. Département de Géographie, Université d'Angers, ESO-Angers UMR 6590 CNRS, MSH, 5 bis Bd Lavoisier, 49045 Angers cedex 1 (France). Tél. (+33) 2 41 22 63 43 / (+269) 327 86 35 - nourddine_mirhani@yahoo.fr, nucia.taibi@univ-angers.fr

2. Département de Géographie, Université d'Angers, LETG-Angers LEESA UMR 6554 CNRS, UFR Sciences, 2 Bd Lavoisier, 49045 Angers cedex 1 (France). Tél. (+33) 2 41 73 50 79 - aziz.ballouche@univ-angers.fr

3. Département des Sciences de la Terre, Université de Toliara (Madagascar), BP. 185 - 601-Toliara. Tél. (+261) 342 990 413 - razakamananat@yahoo.fr

Résumé- Depuis plus de 30 ans, Anjouan, île tropicale humide de l'archipel volcanique de Comores situé à l'entrée Nord du Canal de Mozambique, connaît une perturbation du régime hydrique de ses bassins-versants sans qu'aucune étude ne soit faite. L'objectif de cette recherche est d'identifier les facteurs relatifs à ce problème et de proposer un modèle numérique d'aménagement. Une approche géomatique multi-échelle et multi-date (photographies aériennes, images satellites SPOT 5, QUICKBIRD 2005 et MNT) appuyée par des observations, enquêtes sur terrain et statistiques a permis de diagnostiquer et spatialiser les mutations environnementales et socio-économiques majeures du bassin-versant Ouzini-Ajaho de 19 km², représentatif des processus à l'œuvre dans toute l'île. En général, la dégradation du régime hydrique des bassins-versants est liée à des facteurs naturels exacerbés par l'anthropisation. S'agissant de cas du bassin étudié, il est confronté à une structure hydrogéologique moins favorable aux écoulements permanents, à un assèchement et aux aléas climatiques. Les suivis diachroniques à partir de l'imagerie montrent d'une façon générale que la couverture forestière a reculée au rythme de 1,7 Km²/an entre 1955 et 2009 modifiant ainsi les conditions d'infiltration des eaux de pluies. Les cultures de girofliers demandant beaucoup d'eau ont connu une extension. L'accroissement démographique a favorisé les processus d'urbanisation au détriment de ces mêmes plantations et autres cultures. Il s'ensuit une exploitation croissante des ressources en eau, bois et sable alluviaux qui a impacté la morphodynamique et l'hydrodynamique du bassin-versant. Pour y remédier, un modèle d'aménagement adapté aux contextes socioculturel, économique et écologique a été proposé.

Mots-clés: *Anjouan, Ouzini-Ajaho, bassin-versant, télédétection, SIG, aménagement rural*

Abstract- For over 30 years, Anjouan, tropical island in the volcanic Comoros archipelago located at the northern entrance of the Mozambique Channel, is experiencing a disruption of the water regime of its basin catchments without any consideration is made. The objective of this research is to identify factors related to this problem and to propose a numerical model development. A multi-scale and multi-date geomatic approach (aerial photographs, satellite images SPOT 5, 2005 QUICKBIRD MNT) supported by observations, field surveys and statistics has permitted to diagnose and to spatialize the main environmental and socio-economic change of the Ouzini - Ajaho watershed with 19 km², representative working processes in the island. In general, the degradation of water regime of the watersheds is linked to the natural factors exacerbated by human impacts. In respect of cases in the studied area, it faces a less favourable hydrogeological structure to steady flows, drying and climatic hazards. Diachronic monitoring from imaging shows generally that forest cover is retracted at a rate of 1,7 km²/year between 1955 and 2009 and modifying the conditions for infiltration of rainwater. Clove cultures requiring a large amount of water experienced extension. Population growth has promoted the

urbanization process at the expense of these plantations and other crops. It follows an increasing exploitation of water resources, wood and alluvial sand which has impacted the morphodynamics and hydrodynamics of the watershed. To remedy this, a management model suitable for cultural, economic and ecological contexts has been proposed.

Keywords: *Anjouan, Ouzini-Ajaho, watershed, remote sensing GIS, rural management*

1. Introduction

Anjouan est une île tropicale humide de l'archipel volcanique des Comores situé à l'entrée Nord du Canal de Mozambique entre l'Afrique et Madagascar dans l'Océan Indien (**figure 1**).

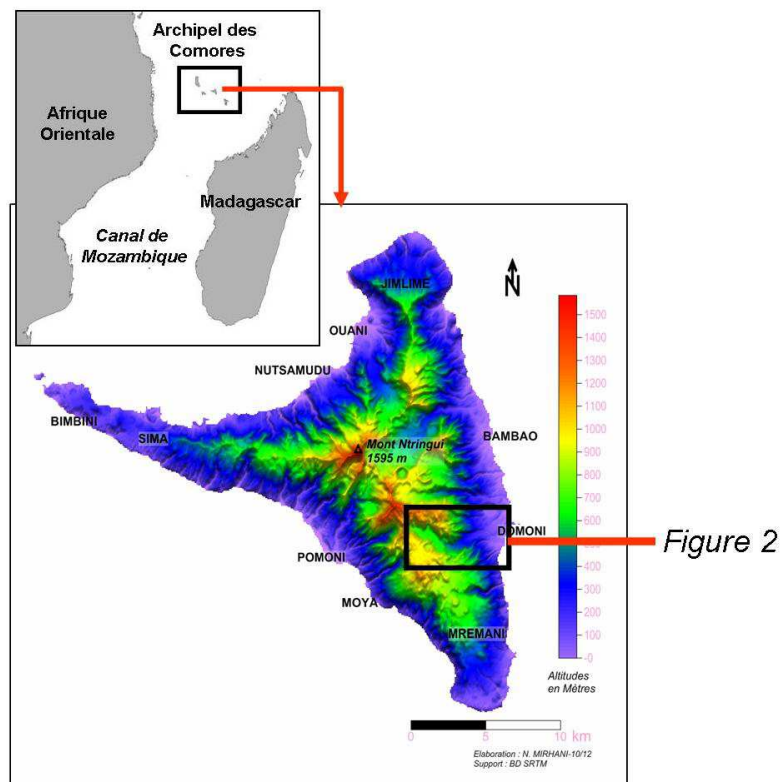


Figure 1. Localisation de la zone d'étude

Depuis plus de 30 ans, Anjouan connaît une perturbation du régime hydrique de ses bassins-versants. Le nombre de rivières pérennes est passé de 49 dans les années 1950, à une trentaine en 1970 et à une dizaine actuellement [1]. A travers de nombreuses littératures, la déforestation est pointée comme la raison principale de tous les maux : diminution des précipitations locales, assèchement des cours d'eau et glissements de terrains. Mais en réalité, aucune étude n'est consacrée à ce sujet.

Notre objectif est de mettre en œuvre des approches méthodologiques multi-échelles et multi-dates associant la télédétection aux Systèmes d'Information Géographique pour comprendre les mutations environnementales et identifier d'une façon globale les facteurs de la dégradation du régime hydrique. La finalité est de proposer un modèle d'aménagement du bassin-versant inspiré des réalités locales. Représentatif des processus à l'œuvre sur l'île, le bassin-versant Ouzini-Ajaho a été choisi comme site

pilote (**figure 1**). Il est situé en zone montagneuse à l'Est d'Anjouan, à 7 km à l'Ouest de la sous-préfecture de Domoni et est inscrit dans la commune rurale de Ganzalé.

2. Approche méthodologique

Une approche multi-échelle et multi-date a été mise en œuvre dans le bassin-versant d'Ouzini Ajaho. Elle s'appuie sur :

- le traitement automatique d'images satellites (Spot 5) de juillet 2007 à 2,5 m de résolution spatiale obtenues grâce au programme Planet Action de l'UNESCO et Spot Image ;
- les analyses visuelles des photographies aériennes de 1950 et 1969 (1/20 000) et des images Quickbird de 2005 à très haute résolution spatiale extraites du site de Google Earth ;
- l'extraction des informations du fond des cartes topographique de l'Institut Géographique National (IGN) de 1955 et de l'Inventaire Forestier National (IFN) de 2009.

La méthode d'étude mise en œuvre est répartie en quatre phases :

- **Les traitements de l'image Spot 5** avaient pour objectif de créer rapidement des informations thématiques sur l'occupation du sol de l'île qui font défaut à Anjouan. Nous avons donc simplement appliqué des chaînes de traitement automatique sous ENVI 4.8. Différentes compositions colorées ont été créées dans une première étape d'amélioration visuelle de ces images et facilitant leur interprétation thématique. Les « cartographies automatiques » ont ensuite été réalisées avec des classifications non dirigées puis dirigées utilisant les mêmes canaux Bleu-Vert (canal 1), Rouge (canal 2) et Proche Infrarouge (canal 3). La détermination du nombre de classes nécessaires et significatives des unités écologiques a été faite après plusieurs essais. L'identification thématique des classes issues de ces classifications a été réalisée à posteriori en se basant sur les caractéristiques spectrales et spatiales (forme, structure, etc.) des objets, ainsi que sur le terrain et d'après d'autres documents cartographiques. Des indices thématiques ont également été appliqués pour améliorer la lecture et l'extraction d'informations thématiques des images. Nous avons utilisé l'un des indices multispectraux comme l'indice de différence de végétation normalisé (ou en anglais, Normalized Difference Vegetation Index) $NDVI = (PIR - R)/(PIR + R)$ où PIR Infrarouge et R rouge.

- **La caractérisation à une date de l'occupation du sol** a été faite selon les informations fournies par l'image Spot 5 de 2007 et un Modèle Numérique de Terrain (MNT) au pas de 20 m réalisé partir de la carte topographique de l'île de 1995 au 1/50 000. Ces données ont été confrontées avec le terrain lors de plusieurs missions d'observations et vérifications.

- **Le suivi diachronique** visait à mettre en évidence les rythmes et les modalités d'évolution de l'occupation du sol à partir de la photo-interprétation sous stéréoscope à miroir des photographies aériennes de 1950 et 1969 et des images Quickbird de 2005. Parallèlement, une analyse comparative des couvertures forestières de 1955 et de 2009 extraites respectivement des cartes topographiques de l'IGN et de l'IFN a été faite. Les traitements ont été réalisés à partir du logiciel MapInfo 8.5 et ont permis de déterminer l'évolution de la superficie forestière durant ces 54 ans d'observations. Pour comprendre les tendances pluviométriques et thermiques, nous avons également traité les statistiques climatiques des 30 dernières années obtenues auprès du département météorologique de l'aérodrome d'Ouani. Nous avons aussi réalisé des recueils d'informations du terrain par entretien avec la population locale sur ces dynamiques d'évolution.

- **Le croisement des données** sur les changements spatio-temporels sous SIG avait comme objectif d'identifier les facteurs de la dégradation du régime hydrique, les zones à risques environnementaux et de proposer un modèle d'aménagement.

3. Résultats

La combinaison de toutes les données a permis de diagnostiquer et spatialiser les mutations environnementales et socio-économiques majeures du bassin-versant Ouzini-Ajaho représentatif des processus à l'œuvre dans toute l'île et de mettre en évidence les premiers éléments d'explication pour le site.

3.1- Caractérisation du milieu d'étude

3.1.1- Morphométrie du bassin-versant

Par sa position géographique, le bassin-versant d'Ouzini-Ajaho fait partie des plus arrosés d'Anjouan avec plus de 1800 mm en 2010. D'une superficie de 19 km² et une forme allongée (indice de compacité de Gravélius de 1,4), son relief est accidenté avec des pentes dépassant 80° en bordure de la vallée et sur les versants du cirque (**figure 2**).

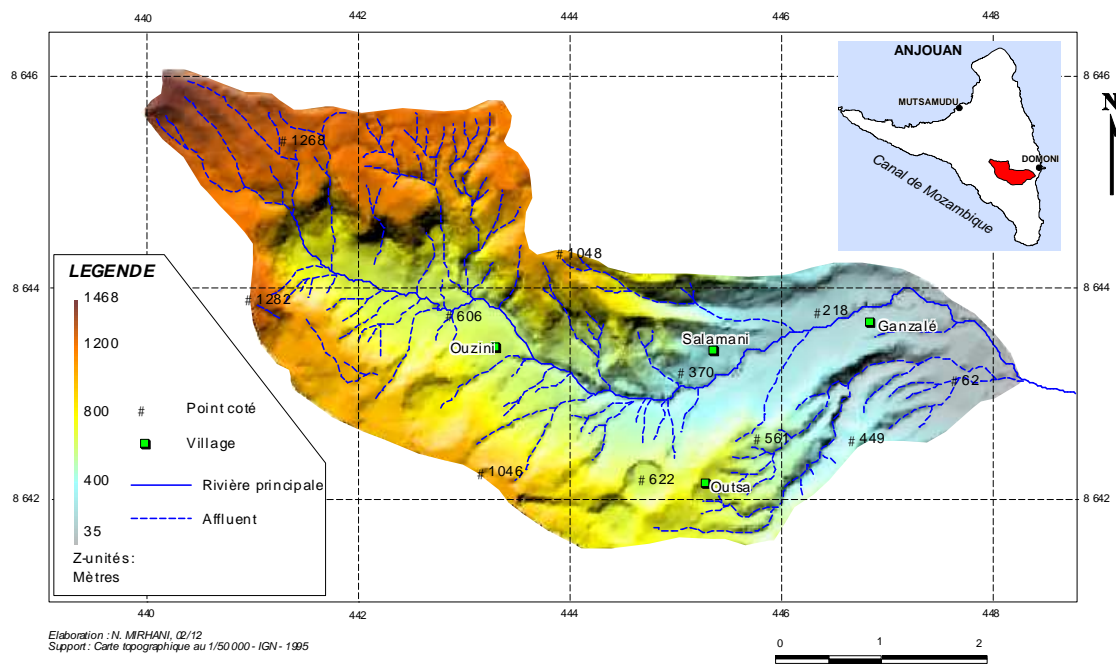


Figure 2. Morphologie du bassin-versant d'Ouzini-Ajaho

Le cours d'eau principal Havundrékuni-Ajaho prend sa source au-delà de 1000 m d'altitude. La longueur du chenal est de 9,5 km pour une pente longitudinale de 78 m/km. Le réseau est de type dendritique avec une longueur totale de 68,9 km dont 59,4 km pour les affluents. La densité du drainage est de 3,6 km/km².

3.1.2- Typologie d'occupation du sol

Les traitements de l'image Spot 5 de 2007 sur un échantillon représentatif du bassin-versant font ressortir une occupation du sol alternant des forêts denses humides, des formations buissonnantes, des zones de pâturage et de cultures ainsi que d'autres plantations commerciales comme les girofliers

(**figure 3**). Cette occupation du sol peut être déclinée en différents degrés d'anthropisation : les milieux artificialisés correspondent aux villages (Ouzini et Salamani) ; les milieux fortement anthropisés qui reflètent la domestication du végétal (culture et plantations à dominante de giroflier, cocotier et manguier) au-dessous de 800 m d'altitude ; les milieux anthropisés en dynamique progressive qui sont les parcelles abandonnées après exploitation mais colonisées par des formations buissonnantes ou herbeuses ; les milieux moyennement anthropisés représenté par les agro-forêts au-dessus de 800 m d'altitude ; et enfin les milieux faiblement anthropisés concernent la forêt dense humide qui s'étend généralement au-delà de 850 m d'altitude. Sur les versants raides, elle est conservée au-dessous de cette marge.

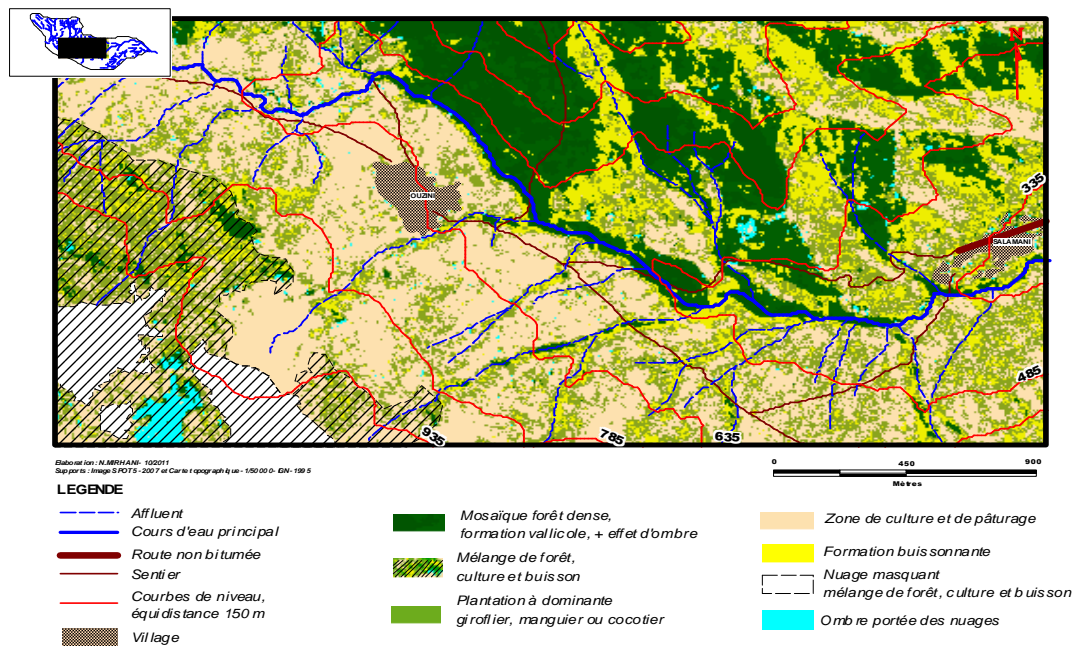


Figure 3. Typologie d'occupation du sol dans le bassin-versant Ouzini-Ajaho

Le diagnostic sur la morphométrie du bassin-versant et l'occupation des sols avait pour objectif de faire un état des lieux du milieu d'étude et de connaître les facteurs d'évolutions susceptibles d'impacter le fonctionnement hydrologique du bassin-versant. Il visait également à répartir les grandes unités paysagères existantes pour pouvoir établir un modèle d'aménagement inspiré de celles-ci.

3.2- Facteurs de déséquilibre hydrologique

Il y a une trentaine d'années, les écoulements superficiels de la rivière Havundrékuni perduraient 3 à 4 jours après les pluies en amont du bassin-versant. Actuellement, ils tarissent au bout de 2 à 3 heures. En parallèle, l'agressivité des crues y est renforcée pas les processus d'érosion, de glissements de terrain ou ravinement. Il est donc nécessaire d'analyser les facteurs explicatifs de cette profonde altération de la dynamique hydrologique en prenant en compte les dimensions naturelles et anthropiques du bassin-versant.

3.2.1- Une structure hydrogéologique moins favorable aux écoulements permanents

Le secteur amont du bassin versant d'Ouzini-Ajaho fait partie de ceux les plus arrosés d'Anjouan. L'écoulement discontinu de la rivière relève sans doute en premier lieu de la géologie du milieu. Il

existe un dyke et/ou un substrat compact et imperméable qui limite la connectivité entre la nappe aquifère et le cours d'eau concerné, celui de Havundrékuni. La seconde hypothèse serait que la structure géologique de type volcanique n'a pas permis la mise en place d'un réservoir de nappe perchée suffisamment importante pour alimenter en permanence les sections des chenaux à sec. En plus, dans la section amont de la rivière Havundrékuni, le profil du chenal tend à s'aplanir ; ce qui favorise les infiltrations. Vers Ajaho par contre, l'inclinaison du profil devient significative pour permettre un drainage rapide des eaux vers la mer (**figure 4**).

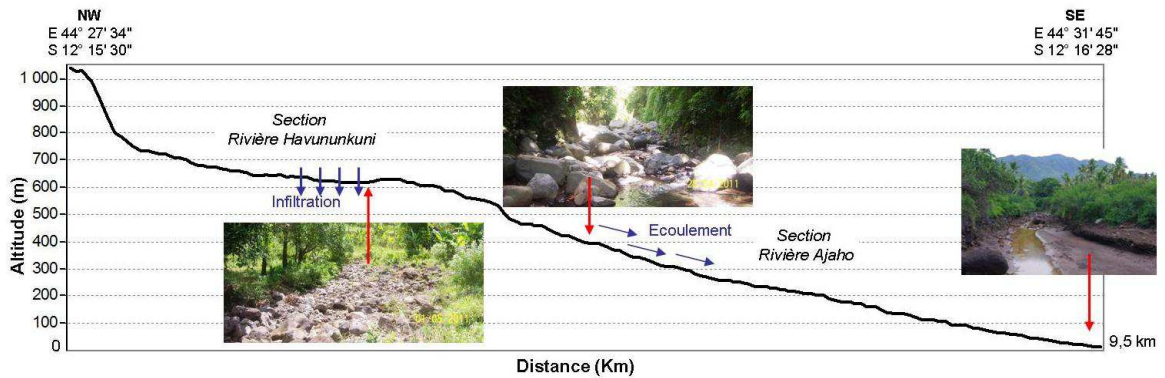


Figure 4. Profil de la rivière Havundrekuni-Ajaho

3.2.2- Des tendances à l'assèchement climatique

La station de l'aérodrome d'Ouani a enregistré une moyenne pluviométrique de 3187,7 mm entre 1981 et 2010. La répartition des normales en trois décennies de ces 30 ans d'observations montre que les précipitations ont diminué en passant de 4266,4 mm pour la première de 1981 à 1990 à 3871 mm pour la seconde de 1991 à 2000 et à 2227,6 mm pour la troisième de 2001 à 2010. L'écart s'accroît de 395,4 mm entre les deux premières décennies et de 1634,4 mm entre les deux dernières. Cette dégradation du régime pluviométrique se traduit par une diminution de la quantité d'eau recueillie dans les bassins-versants.

Les températures ont tendance à augmenter durant les 30 ans d'observations de 1981 à 2010. La comparaison de la moyenne thermique de 1981 à 1986 (25,9 °C) avec celle de 2005 à 2010 (26,5 °C) montre un écart de 0,6 °C. Ces résultats, bien qu'ils soient partiels, illustrent que les années 2000 sont marquées par une hausse de températures par rapport à celles de 1980 (**figure 5**). Le pic est atteint en 2010 avec 27,2 °C. Cette hausse thermique se traduit par une augmentation de l'évaporation contribuant ainsi à l'assèchement des cours d'eau.

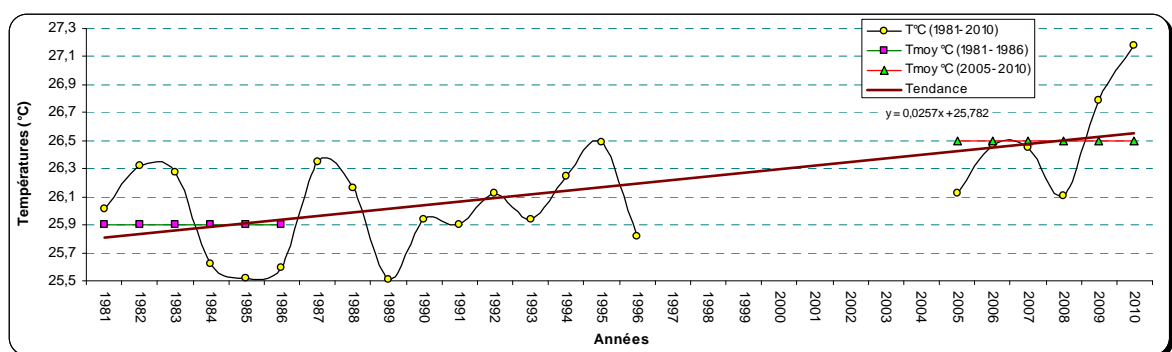


Figure 5. Tendances évolutives des températures de 1981 à 2010 (Station de Ouani)

Ci-dessous, les courbes ombrothermiques de 1978-1983 (figure 6a) et 2005-2010 (figure 6b) affichent une nette différence.

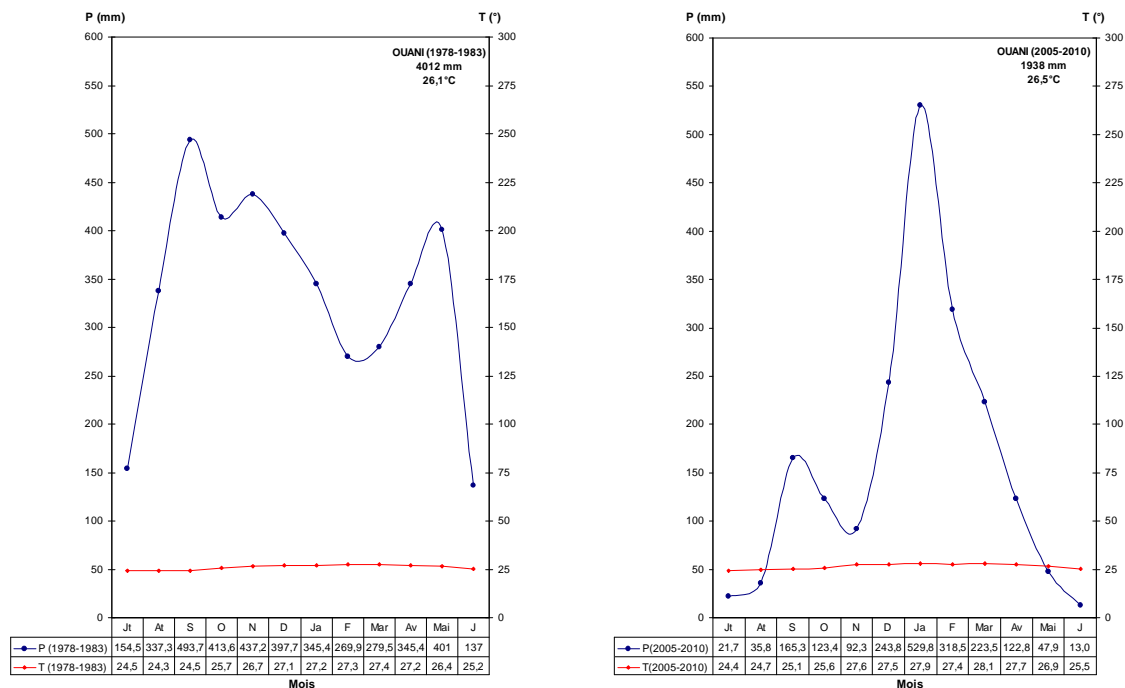


Figure 6. Diagrammes ombrothermiques de Station d'Ouani: **a-** 1978-1983 ; **b-** 2005-2010

La première ne laisse apparaître aucun mois sec. Mais après un intervalle de 21 ans, le digramme de Gausson enregistre 4 mois secs et 8 mois humides pour la période d'observation 2005-2010 (figure 6b). De ces observations actuelles, on peut avancer que la saison sèche a tendance à s'étendre au détriment de la saison pluvieuse. Cela pourrait se traduire par un recul du calendrier de charge des aquifères qui alimentent la rivière. Cette affirmation n'est que partielle puisque les six années d'observation considérées pour les deux périodes sont très courtes pour englober tous les cas de figures du climat.

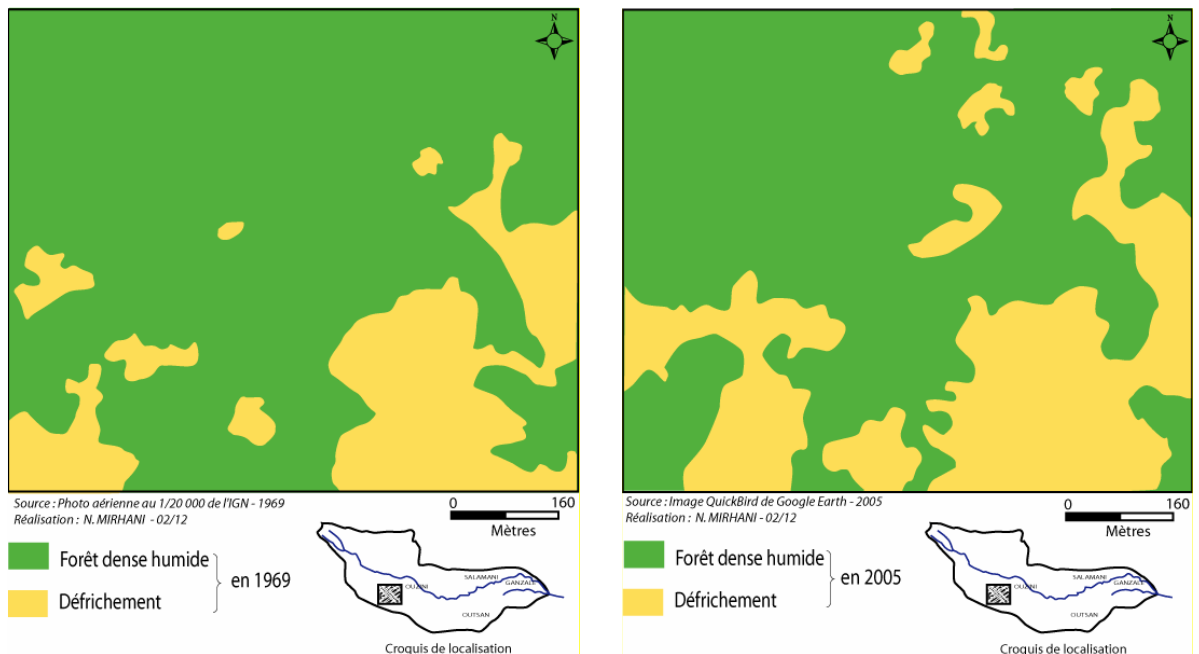
3.2.3- Un bassin-versant exposé aux aléas climatiques

Cyclones et pluies torrentielles interviennent pour modifier intensément le fonctionnement du système hydrique. Ainsi, les pluies diluviennes d'avril 2012 ont provoqué une trentaine de glissements de terrain suivis de violentes crues dans le bassin-versant Ouzini-Ajaho. Par ricochet, le sous-écoulement s'est étendu sur des sections du lit ayant jadis connu des écoulements superficiels. Il s'agit des tronçons du chenal élargi, encombrés de blocs rocheux ou fortement ensablés et exposés longtemps aux rayons solaires.

3.2.4- Une couverture forestière en recul

A Ouzini, les lisières ont reculé au profit de l'agriculture. Les superficies des clairières ont augmenté pendant que quelques rares jachères se sont reconstituées en forêt secondaire (**figures 7a et b**). Les structures verticale et horizontale de la forêt sont, par endroit, perturbées. Il est difficile de distinguer

les différentes strates. Aussi, la densité des essences a-t-elle considérablement diminuée. La couverture pédologique se trouve davantage exposée aux radiations solaires et aux ruissellements.



Figures 7. Couverture forestière au Sud-Ouest du bassin-versant Ouzini-Ajaho en **a-1969** et **b-2005**

3.2.5- Une forte extension des cultures de girofliers

Comparativement à l'occupation du sol de 1969, l'imagerie de 2005 montre une augmentation de la densité des ligneux qui donne l'impression d'une régénération forestière sur une partie du bassin-versant à Ouzini (**figures 8a et b**). En réalité, cela ne peut être autre que des plantes allochtones et plus particulièrement des girofliers. Cette espèce forte consommatrice d'eau mais économiquement rentable a connu ses débuts d'extension en période coloniale pour proliférer après l'indépendance de 1975 (**figures 8a et b**). Les plantations de girofliers sont depuis considérées par rapport à la devise qu'ils font entrer au pays. Tributaire de l'offre et de la demande sur le marché mondial, le prix au producteur peut atteindre 4 000 Francs comoriens (8 €) le kg.

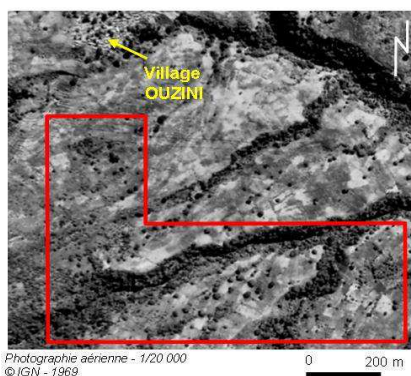


Figure 8. a- Ouzini en 1969 : une faible densité ligneuse dans les zones culturales

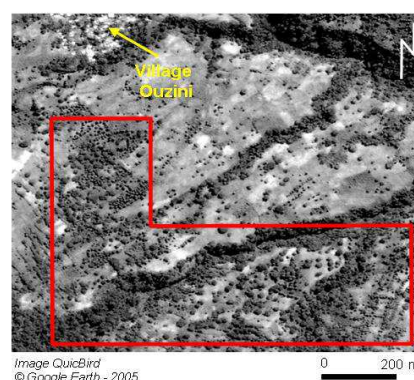


Figure 8. b- Ouzini en 2010 : une forte extension des arbres allochtones dans les zones culturales

Ainsi, l'impact des plantations de girofliers sur les écoulements hydriques n'a pas encore suscité d'interrogation. Or, à la limite de nos connaissances actuelles, on suppose que cette espèce allochtone pompe les écoulements sub-surface, voire la nappe phréatique.

3.2.6- Une urbanisation croissante

L'urbanisation s'est développée avec l'accroissement démographique généralisé à Anjouan et la descente d'une partie des populations des zones de montagne vers la plaine. Ainsi, Ganzalé est né après 1950 (**figures 9a**), Salamani et Bweladungu après l'indépendance de 1975 (**figure 9b**). Après s'être installés, les riverains cultivent les terres et exploitent les ressources en eau, bois et sable alluviaux, contribuant à la perturbation du régime hydrique.

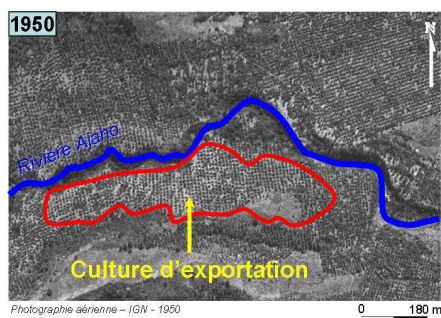


Figure 9.a- Des cultures d'exportation en 1950...

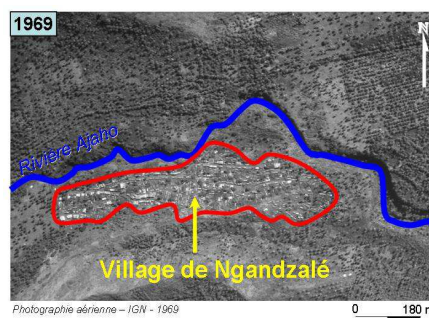


Figure 9.b- ...à la création de Ganzalé avant 1969

4- Discussions

La dégradation du régime hydrique et le recul de la couverture forestière observés à Ouzini sont une réalité générale à Anjouan. A partir des archives, nos prédécesseurs ont donné la variation de cette couverture forestière allant de 12 000 ha en 1925 à 1400 ha en 2003 [2, 3], soit une perte moyenne de 136 ha/an dans l'île. Mais l'application de notre approche permet de préciser qu'elle est passée de 133 Km² en 1955 à 42 Km² en 2009 ; soit une perte au rythme de 1,7 Km²/an en l'espace de 54 ans (**figure 10**).

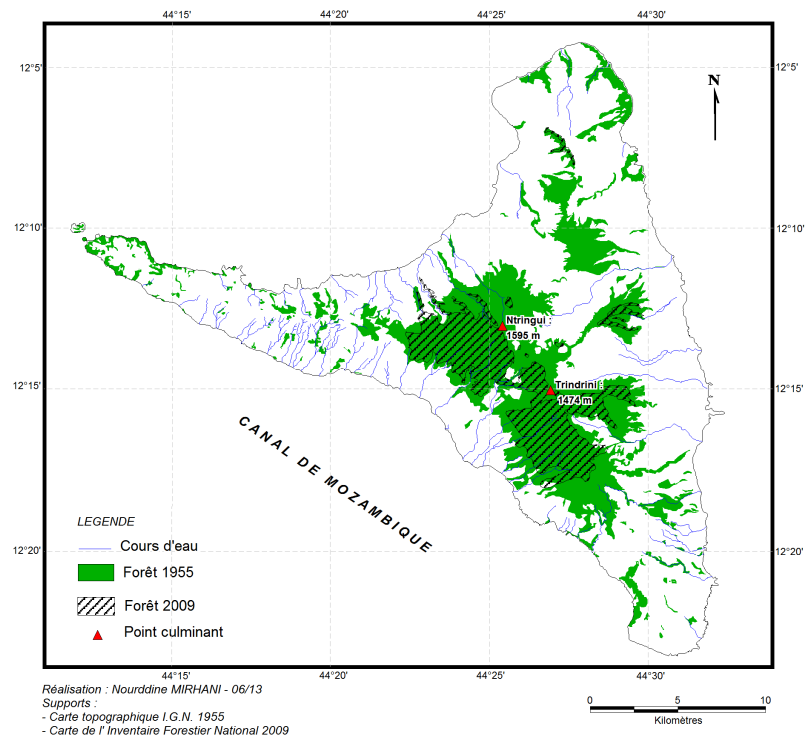


Figure 10. Recul de la couverture forestière d'Anjouan entre 1955 et 2009

Or, des études montrent que la forêt de nuage intercepte les gouttelettes de brouillards et contribuent généralement entre 5 et 20 % des précipitations en région tropicale humides [4]. En plus de cela, l'ouverture de l'écran végétal aboutit à favoriser le ruissellement au détriment de l'infiltration [5] des eaux qui alimentent les aquifères, donc les cours d'eau. Cependant, la corrélation entre le recul de la forêt, la diminution des précipitations et l'assèchement actuel des cours d'eau est un sujet de débat qui permettra de parvenir à un consensus pour un modèle d'aménagement répondant à la problématique de déséquilibre hydrologique des bassins-versants d'Anjouan.

A des fins purement agronomiques, la première carte des propositions d'affectation des terres a été élaborée depuis 1973 par des chercheurs du Centre de Géographie Appliquée (C.G.A) de Strasbourg et de l'Institut de Recherches Agronomiques Tropicales (I.R.A.T.) dont des commentaires y ont été apportés [6, 7]. Le principe était d'abord d'établir une carte morphopédologique pour la reconnaissance physique du milieu. Bien que la morphodynamique ne soit présentée que sommairement, des informations y ont été extraites pour l'élaboration d'une carte de contraintes agronomiques. Cette dernière prend en compte les conditions édaphiques (texture et porosité), hydriques (inondation et engorgement) et morphodynamiques (érosion, ruissellement, mouvements de masse et décapage) de l'île. Ainsi, la carte de proposition d'aménagement est le résultat d'une confrontation de la carte de contraintes avec celle de l'affectation actuelle des terres. Suivant l'intensité de ces contraintes, ont été retenues cinq classes de possibilités agricoles :

- classe I- polyvalentes avec des pentes inférieures à 10 % (5,71 °) ;
- classe II- limitées à des cultures arbustives et arborées en dessous et au-dessus de 400 m d'altitude avec des pentes inférieures à 60 % (30,96 °) ;
- classe III- essentiellement pastorales avec des pentes inférieures à 60 % (30,96 °) ;
- classe IV- essentiellement forestières de production et de protection ;
- classe V- impropre aux cultures, donc à laisser sous végétation naturelle.

Contrairement à la proposition d'aménagement précédente, notre approche essaie de répondre à une problématique de déséquilibre hydrologique des bassins-versants. Nous ne disposons pas d'une carte morphodynamique qui permettra d'identifier les sites en fonction de la stabilité de leur substrat édaphique. Notre modèle d'aménagement s'inspire donc de l'intensité des risques environnementaux définis suivant la classification de pentes et la typologie d'occupation locale des sols (**tableau 1**).

Tableau 1. Classification des types d'aménagements par classe de pentes

Classes de Pentas (°)	Catégories de pentes	Type de drainages	Risques de décapages	Possibilités d'aménagement
$0 < P < 13$	nulle à moyenne	nul au moyen	Faible à nul	culture et habitation
$13 \leq P < 45$	moyenne à forte	moyen au rapide	moyen	agro-forêt
$P \geq 45$	très forte à abrupte	Très rapide	élevé à très élevé	forêt

Modifié d'Emberger *et al.*, 1983 [8]

La partie amont du bassin-versant est considérée comme zone de priorité d'intervention pour les aménagements. Contrairement à l'aval du bassin Ouzini-Ajaho, les décapages superficiels sont visiblement importants en amont d'autant plus que les précipitations dépassent 2 500 mm et que les pentes sont très fortes. Ces dernières associées avec le climat ont pour effet d'engendrer une morphodynamique intense [5].

Le modèle d'aménagement présenté dans cet article n'est pas conçu pour rétablir l'état antérieur de la forêt et des rivières, mais cherche plutôt un équilibre harmonieux entre les composantes socio-culturelles, économiques et écologiques du bassin-versant (**figure 11**).

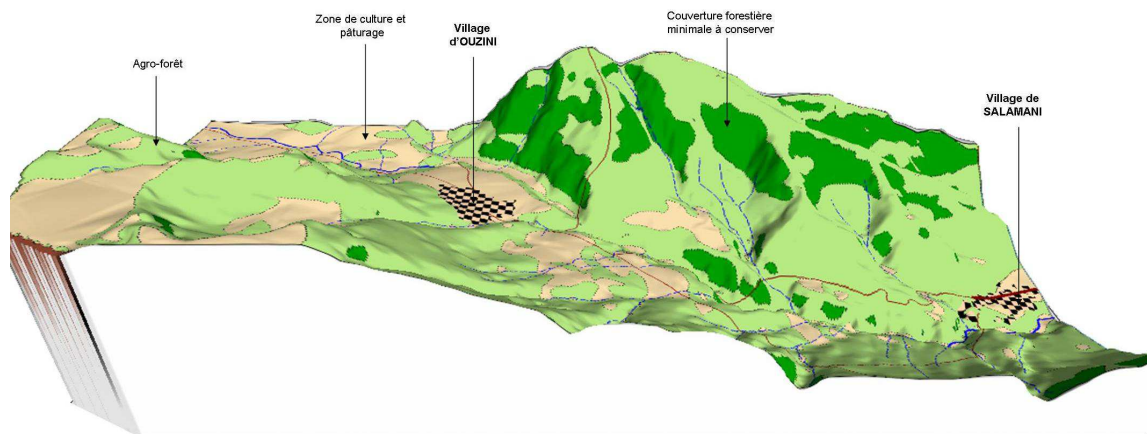


Figure 11. Modèle d'aménagement du bassin-versant à l'interface société-nature

Cinq classes d'occupation de sol ont été proposées :

- **Les zones de culture, de maraîchage et d'habitation** concernent les terroirs dont l'inclinaison est inférieure à 13°. Les techniques agronomiques doivent être renforcées pour accroître la productivité ce qui contribuera à la réduction de l'extension des défrichements ;
- **Les agro-forêts** seront maintenues sur les pentes de 13 ° à 45 °. Les essences forestières maintiendront la fertilité du sol, réduiront le taux d'érosion et abriteront les cultures du vent ;

- **La couverture forestière** doit être maintenue en permanence sur les versants dont l'inclinaison est supérieure ou égale à 45 °. Il s'agit du seuil de déforestation à ne pas dépasser. La mise en parallèle du modèle d'aménagement avec la couverture réelle du sol montre que ce seuil (**figure 12**) n'est pas atteint dans certains sites mais est dépassé dans d'autres. Ces derniers seront classés comme sites d'interventions prioritaires pour la mise en défens ou la restauration écologique afin de reconstituer la forêt ;

- **Un cordon boisé** d'au moins 10 m de large de part et d'autre des rives sera nécessaire pour atténuer l'agressivité des crues et maintenir les cours d'eau. Il s'agit d'un corridor écologique qui est une voie de circulation d'individus disperseurs [9];

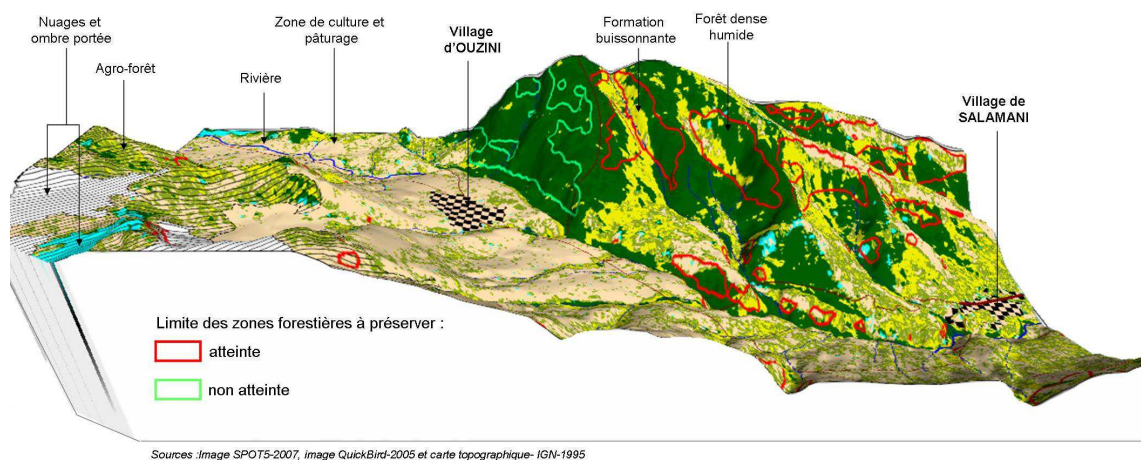


Figure 12. Couverture forestière de 2007 par rapport au seuil de la déforestation

- **Des retenues collinaires** pour recueillir et stocker les eaux de pluies seront privilégiées à la place de petits barrages de rétention d'eau qui privent en partie la rivière de ses sources d'alimentation.

Une telle proposition d'aménagement, bien qu'elle tente de répondre aux trois composantes « sociale-économique-écologique », a des limites. Ce sont des contraintes d'origine naturelle et/ou anthropique : aléas climatiques imprévisibles, extension des girofliers moins favorable aux écoulements mais économiquement rentables et problèmes fonciers.

5. Conclusion

Les données issues des traitements des images satellites et photographies aériennes, du MNT, des observations de terrain, des entretiens avec la population locale et de l'analyse des statistiques pluviométriques, ont permis de mettre en évidence les premiers éléments d'explication de la dégradation du fonctionnement hydrologique du bassin-versant Ouzini-Ajaho (**figure 13**). Elles montrent une étroite combinaison de facteurs naturels (structure géologique et morphologique, climat, etc.) et anthropiques relatifs à l'évolution de l'occupation du sol et des modalités de mise en valeur des ressources. Ainsi, la méthodologie mise en œuvre et le modèle d'aménagement simplifiés proposés

pour le bassin-versant Ouzini-Ajaho, pourront servir de ligne directrice à la documentation des processus à l'œuvre dans les autres d'Anjouan et pour y proposer des plans de gestion adaptés.

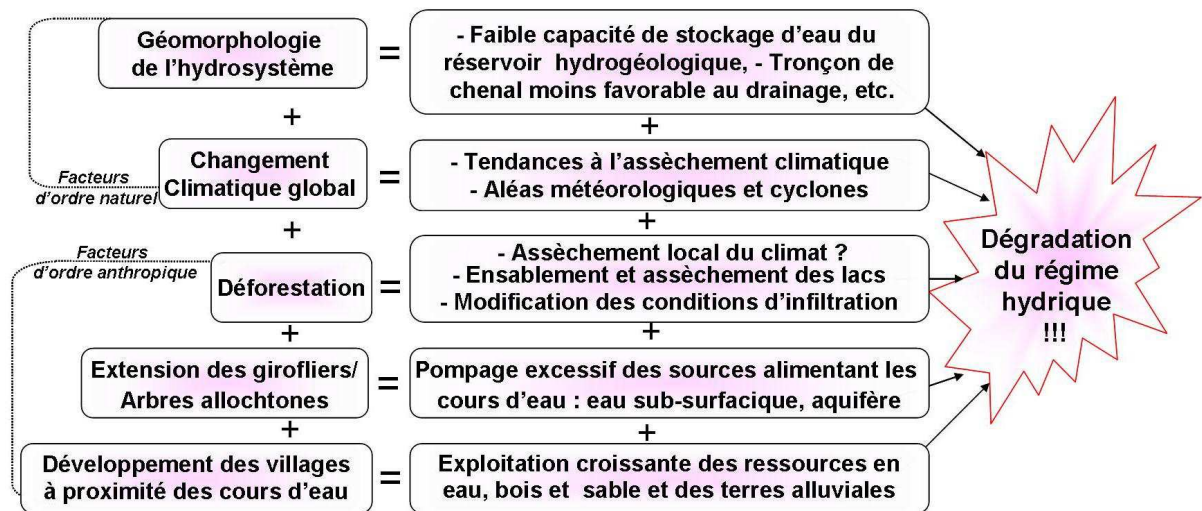


Figure 13. Principaux facteurs généraux de la dégradation du régime hydrique à Anjouan

Le seuil de déforestation à ne pas dépasser au niveau des pentes de 45 °, où la forêt doit être maintenue en permanence, pourra ainsi servir dans les programmes nationaux de reboisement en cours. Il permettra aux décideurs de géolocaliser les sites d'interventions prioritaires.

Pour cette étude qui se prétend systémique, les origines de déséquilibre hydrologique des bassins-versants d'Anjouan sont encore loin d'être identifiées d'une façon systémique pour pouvoir faire face aux conséquences déjà effectives de la diminution des ressources en eau sur les zones côtières, des glissements de terrains, de l'augmentation des crues brutales, ainsi qu'aux défis du changement climatique global. Cependant, ces résultats préliminaires viennent remettre en cause le crédo de rigueur dans les services en charge de l'environnement, des forêts et des eaux à Anjouan qui voient dans les reboisements systématiques l'unique solution au problème de la dégradation du régime hydrique.

Remerciements

Cette étude a été financée par un Programme de Coopération Scientifique Internationale (PCSI) de l'Agence Universitaire pour la Francophonie (AUF) et bénéficié du soutien matériel du programme Planet Action (Spot Image et UNESCO et leurs partenaires Environmental Systems Research Institute (ESRI) and International Technology Tools (ITT Vis) et du Laboratoire Espace et Sociétés (ESO)-UMR CNRS 6590 Angers.

Références

- [1] **Aquastat**, 2005. Comores : Géographie, climat et population. *L'irrigation en Afrique en chiffres*. www.fao.org/nr/water/aquastat/countries/comores/comores_cp.pdf (consulté le 07/08/2012).
- [2] **Soiffaouiddine S.**, 2011. Croissance démographique et dégradation de l'environnement naturel (Comores). Thèse de Doctorat en géographie, Université d'Antananarivo, 310 p.

- [3] **Sinane M.M.**, 2004. Contribution géographique à l'étude de la dégradation des paysages et ses conséquences socio-économiques à Anjouan (Comores). Mémoire maîtrise, Univ. Toliara. 129 p.
- [4] **Charmoille A.**, 2013. Ebauche du fonctionnement hydrogéologique de l'île d'Anjouan (Comores) : Typologie des ressources en eau disponibles et discussion sur l'impact de la déforestation. Rapport, Engagement Communautaire pour le Développement Durable (ECDD), 83 p.
- [5] **Neboit-Guilhot R.**, 2010. L'homme et l'érosion. 3^e éd. Clermont-Ferrand : Presses universitaires Blaise Pascal, 350 p.
- [6] **Tricart J. & Kilian J.**, 1979. L'écogéographie et l'aménagement du milieu naturel. F. MASPERO, Paris, Coll. Hérodote, 326 p.
- [7] **Stapleton M.**, 1986. Aménagement des bassins versants. Programme d'Action 1984-1989. Développement Rural Intégré de Nyumakele et de Tsembehu, Ndzuwani. 32 p.
- [8] **Emberger L., Godron M., Daget P., Long G., Le Floc'h E., Poissonet J., Sauvage C., Wacquant J-P.**, 1983. Code pour le relevé méthodique de la végétation et du milieu. Anatole : Ed. du CNRS, 292 p.
- [9] **Burel, F., Baudry J.**, 1999. Ecologie du paysage : concepts, méthodes et applications. Paris : TEC et DOC, 359 p.