



HAL
open science

De la problématique de l'eau au modèle numérique d'aménagement en milieu tropical humide insulaire : le bassin versant d'Ouzini-Ajaho (Anjouan – Comores)

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

► To cite this version:

Mirhani Nourddine, Aude Nuscia Taïbi, Aziz Ballouche, Théodore Razakamanana. De la problématique de l'eau au modèle numérique d'aménagement en milieu tropical humide insulaire : le bassin versant d'Ouzini-Ajaho (Anjouan – Comores) . Presses Universitaires d'Angers. Eau, milieux et aménagement. Une recherche au service des territoires, pp.117-134, 2014, 9782915751536. hal-01105181

HAL Id: hal-01105181

<https://hal.science/hal-01105181v1>

Submitted on 22 Jan 2015

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.

De la problématique de l'eau au modèle numérique d'aménagement en milieu tropical humide insulaire : le bassin versant d'Ouzini-Ajaho (Anjouan – Comores)

From the problematic of water to the planning digital model in island wet tropical environment: the Ouzini-Ajaho watershed (Anjouan - Comoros)

Nourddine MIRHANI,

ESO-Angers UMR 6590 CNRS, MSH, Université d'Angers.
Université de Toliara (Madagascar).

Aude Nuscia TAÏBI, Aziz BALLOUCHE

LETG-Angers LEESA UMR 6554 CNRS, UFR Sciences, Université d'Angers.

Théodore RAZAKAMANANA

Université de Toliara (Madagascar).

Remerciements : *Cette étude a bénéficié d'un financement du PCSI de l'AUF et d'un soutien matériel et technique du programme Planet Action (Astrium et ses partenaires ESRI et ITT).*

Anjouan est une île tropicale humide accidentée de l'archipel volcanique des Comores situé à l'entrée Nord du Canal de Mozambique entre l'Afrique orientale et Madagascar dans l'Océan Indien (Fig. 1). Cette île connaît ces dernières décennies une perturbation du régime hydrologique de ses cours d'eau alors qu'en 1953, Saint Ours et Pavlovsky n'y signalaient aucun problème d'alimentation en eau. En 1990, Marini soulignait les premiers problèmes de ressources en eaux à Anjouan. Le nombre de rivières pérennes est ainsi passé de 49 dans les années 1950, à une trentaine en 1970 et à une dizaine seulement actuellement (AQUASTAT, 2005). En 2012, Gou tire la sonnette d'alarme : la population anjouanaise connaît des difficultés à s'approvisionner en eau tant sur le plan qualitatif que sur le plan quantitatif. La situation de plus en plus préoccupante s'est d'ailleurs traduite par une mobilisation locale avec des sensibilisations médiatiques, mais aussi des reboisements, et l'adoption d'une « Charte de l'eau d'Anjouan » dans les années 2000.

Malgré ces constats alarmants à Anjouan, aucune recherche n'a été réalisée pour comprendre les processus à l'œuvre. Notre objectif est d'identifier d'une façon systémique les origines de l'assèchement et de la diminution des débits des rivières, ainsi que des excès hydriques afin d'apporter des éléments de réponses et proposer un modèle d'aménagement. Pour y parvenir, nous avons adopté une approche méthodologique multi-source, multi-date et multi-échelle associant les données du terrain à la télédétection et aux Systèmes d'Information Géographique (SIG). Représentatif des processus à l'œuvre sur l'île, le bassin-versant Ouzini-Ajaho situé en zone montagneuse de l'Est a été choisi comme site pilote (Fig. 1).

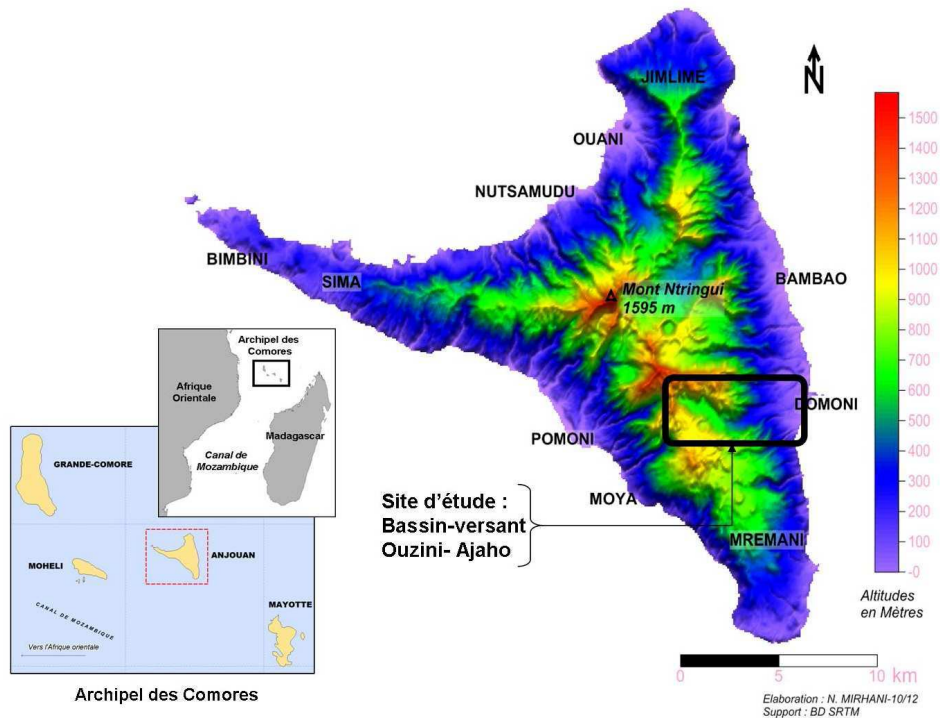


Fig. 1 : Localisation d'Anjouan et du bassin-versant Ouzini-Ajaho

Approches méthodologiques

La méthodologie adoptée s'appuie sur une approche multi-échelle et multi-date mise en œuvre sur le bassin versant d'Ouzini-Ajaho. Des prospections préliminaires, des observations et des entretiens auprès des populations locales pour saisir la réalité du terrain, ont facilité les traitements d'images satellites (Spot 5 de juillet 2007 à 2,5 m de résolution spatiale obtenue grâce au programme Planet Action), en orientant les classifications supervisées sous le logiciel ENVI. Les informations fournies par l'image Spot ont servi à la caractérisation à une date récente de l'occupation du sol. Elle a été complétée et affinée à l'aide d'une analyse visuelle d'images Quickbird de 2005 à très haute résolution spatiale extraites du site de Google Earth.

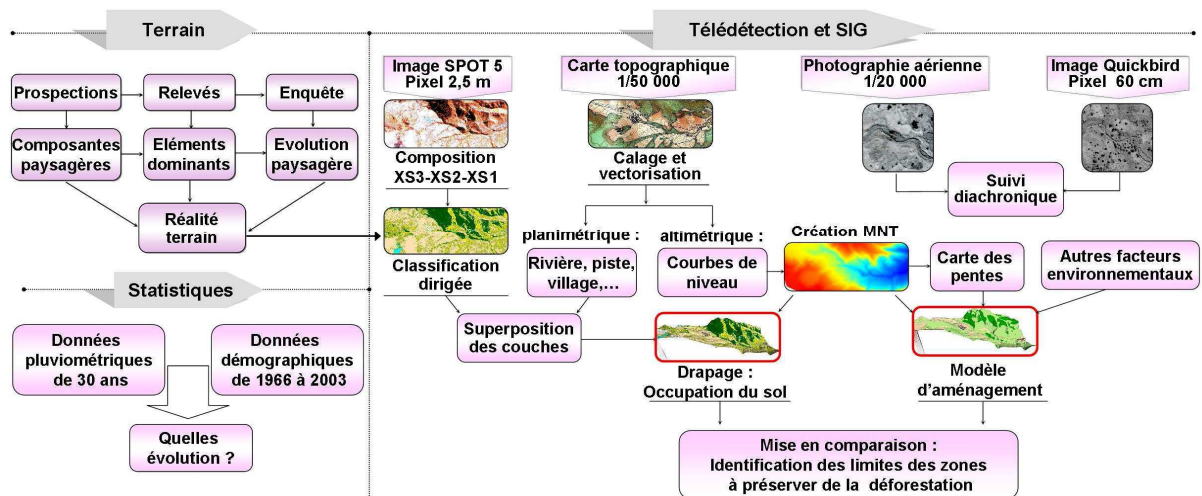


Fig. 2. : Procédure de collecte et de traitement des données

Nous avons utilisé une analyse visuelle de photographies aériennes de 1950 et 1969 (1/20 000) pour mettre en évidence la dynamique d'évolution diachronique rétrospective de cette occupation du sol du bassin versant. Pour comprendre l'évolution du milieu, on a également exploité des statistiques climatiques et démographiques. Un Modèle Numérique de Terrain (MNT) au pas de 20 m a été réalisé partir de la carte topographique de l'IGN de l'île de 1995 au 1/50 000 sous l'utilitaire Vertical Mapper du logiciel MapInfo. Le MNT a été utilisé pour générer des cartes de pente et un bloc diagramme tridimensionnel (Fig. 2). Toutes ces informations ont été couplées pour comprendre les dynamiques d'évolution et obtenir un modèle d'aménagement du bassin-versant inspiré des réalités locales.

Résultats

Caractéristiques du bassin-versant

Morphométrie

Le bassin-versant d'Ouzini-Ajaho se localise dans le domaine Est d'Anjouan. Par sa position géographique, il fait partie des plus arrosés de l'île avec 2025,7 mm de février à juin 2011 par exemple (d'après les relevés pluviométriques d'Ouzini). D'une superficie de 19 km² avec un périmètre de 22 km et une forme allongée (indice de compacité de Gravélius de 1,4), son relief est accidenté. Le tableau 1 et la fig. 3 suivants résument les caractères morphométriques du bassin.

Tableau 1: Données récapitulatives de la morphométrie de l'hydrosystème

Bassin topographique		Réseau hydrographique	
Superficie	19 km ²	Longueur de la rivière	9,5 km
Périmètre	22 km	Longueur des affluents	59,4 km
Longueur	8,7 km	Altitude en amont du chenal	760 m
Largeur moyenne	2,9 km	Altitude à l'exutoire	20 m
Point culminant	1468 m	Pente moyenne du chenal	78 m/km (7,8%)
Indice de compacité	1,4	Temps de concentration du bassin	62 à 92 mn
Pente	0 à 82°	Densité du drainage	3,6 km/km ²

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 78m/km.

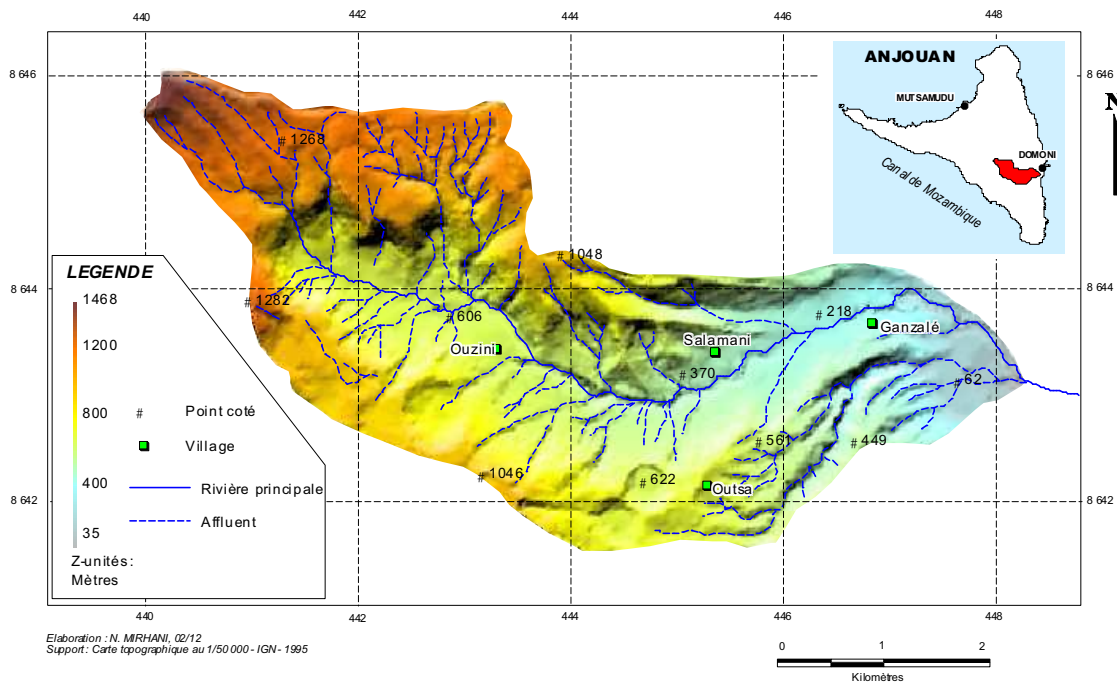


Fig. 3. : Morphologie du bassin-versant Ouzini-Ajaho

Typologie d'occupation du sol

Les traitements de l'image SPOT 5 de 2007 sur un échantillon représentatif du bassin-versant, avec l'appui de la carte topographique de l'IGN de 1995, et validés sur le terrain, font ressortir divers types d'occupation du sol :

- les villages d'Outsa à 700 m, Ouzini à 635 m, Salamani à 320 m et Ganzalé à 200 m d'altitude (Fig. 4) et Bweladungu situé à l'embouchure mais hors du bassin ;
- les cultures vivrières correspondant aux bananeraies, aux champs de taro, de patate-douce, de manioc, d'ambrevade, du riz pluvial, etc. et des maraichages dont la tomate, le piment, la pomme de terre, l'oignon, etc.
- les plantations à dominante de giroflier et de cocotier vers l'aval du bassin, et d'arbres fruitiers comme les manguiers localisées au-dessous de 800 m d'altitude ;
- les formations buissonnantes à *Tithonia diversifolia* et *Lantana camara* ou herbeuses recolonisant les parcelles abandonnées après exploitation. On y inclut également les versants des vallées non couverts d'essences forestières et plus ou moins soumis aux phénomènes érosifs ;
- les agro-forêts qui s'étendent au-dessus de 800 m d'altitude. Elles sont constituées de mélanges d'essences forestières dont *Shefflera myrifolia*, *Phyllanthus pervilleanus*, *Tambourissa kirkii*, etc., de cultures (bananiers, taros et orangers) et de plantes buissonnantes.
- la forêt dense humide s'étend généralement au-delà de 850 m d'altitude. Elle est cependant conservée au voisinage de 700 m d'altitude sur les versants Nord où les pentes sont raides. La forêt est constituée de diverses essences associant celles observées dans les agro-forêts à *Anthocleista grandiflora*, *Weinmannia comorensis*, etc.

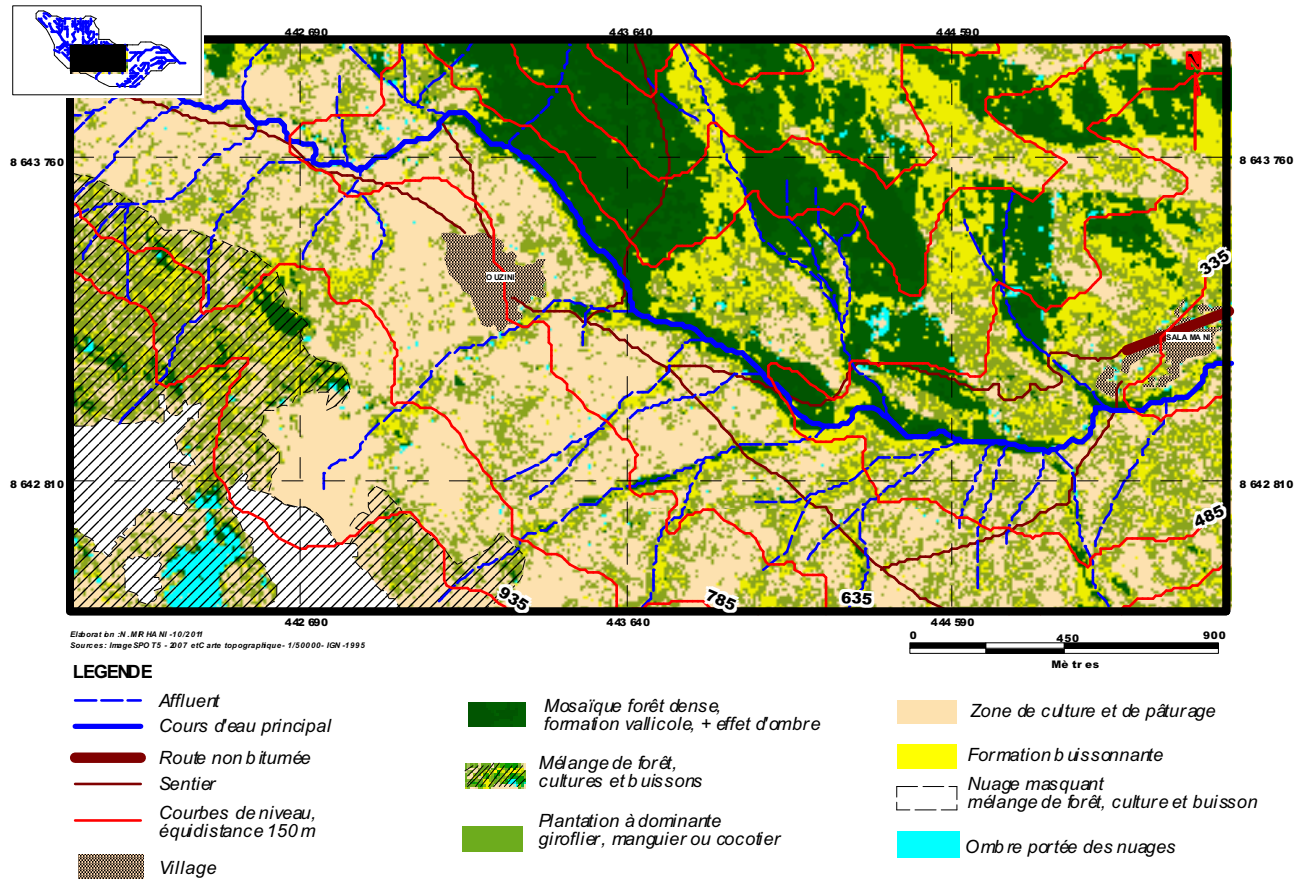


Fig. 4 : Typologie d'occupation du sol

Les caractéristiques de cette occupation du sol et ses évolutions, associées à la morphologie du bassin-versant et d'autres paramètres du milieu, permettent d'identifier les facteurs de la dégradation en cours du régime hydrologique.

Les facteurs de la dégradation du régime hydrologique

D'après les sources orales locales, 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, nos observations montrent qu'ils tarissent au bout de 2 à 3 heures. En parallèle, les témoignages locaux montrent que l'agressivité des crues a augmenté. Pour pouvoir y remédier, il est nécessaire d'identifier et analyser les facteurs explicatifs de cette profonde altération de la dynamique hydrologique.

Facteurs naturels

Un bassin-versant de faible capacité de stockage des eaux de pluies

La comparaison du bassin-versant Ouzini-Ajaho, à écoulements intermittents, avec les trois autres plus importants d'Anjouan (Pagé, Pomoni et Tratinga respectivement sur les versants Nord-Ouest, Sud-Ouest et Est) permet de mettre en évidence le rôle des facteurs morphologiques pour expliquer la faible capacité de

stockage des eaux de pluie de ce bassin versant. Traversés par l'isohyète annuelle de 2500 mm, ils sont tous les quatre bien alimentés bien que le bassin de Pomoni reste toutefois le plus arrosé. En termes de superficie, le bassin Ouzini-Ajaho occupe la deuxième position derrière celui de Tratringa (26 km²). Le bassin de Pagé, drainé par un cours d'eau permanent, est le plus petit et par contre doté de la plus importante densité de drainage avec 5,1 km/km².

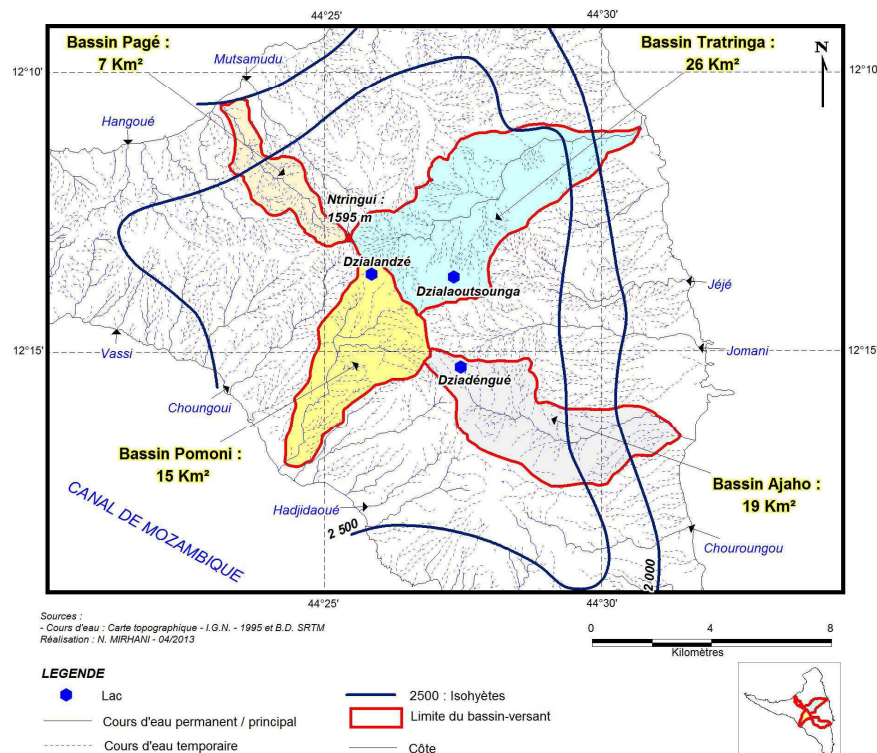


Fig. 5 : Répartition des bassin-versants Ouzini-Ajaho, Pagé, Pomoni et Tratringa

Par contre, cette densité de drainage est similaire à celle du bassin Ouzini-Ajaho pour les bassin-versants de Pomoni et Tratringa qui sont permanents avec un débit suffisant qui fait fonctionner les centrales hydroélectriques Lingoni et de Trantringa.

Tableau 2 : Comparaison morphométrique des bassin-versants Ouzini-Ajaho, Pagé, Pomoni et Tratringa

Bassin-versant	Superficie (Km ²)	Réseau hydrographique (Km)	Densité de drainage (Km/Km ²)
Ouzini	19	69	3,6
Pagé	7	36	5,1
Pomoni	15	57	3,8
Tratringa	26	97	3,7

L'interruption périodique des écoulements superficiels sur la section amont de la rivière Havundrékuni n'est donc pas liée à la superficie ni à la densité de drainage de son bassin.

Par contre, la répartition des sources montre une différence entre les quatre rivières, celle de Havundrékuni étant la plus éloignée du mont Tringui (1595 m d'altitude) d'où partent les réseaux hydrographiques les mieux alimentés en eau de l'île. Par ailleurs, si on observe des lacs permanents en amont de chaque bassin-versant à l'exception de celui de Pagé, le lac Dzialéngué dans le bassin Ouzini-Ajaho ne joue visiblement pas un rôle significatif dans l'alimentation de sa rivière, alors que

c'est le cas pour les lacs de Dzilandzé (bassin de Pomoni) et Dzialaoutsounga (bassin de Tratinga).

A ce problème d'alimentation s'ajoute celui du profil en long du chenal qui influence les écoulements superficiels. Dans la section amont de la rivière Havundrékuni, la pente du profil tend à s'aplanir favorisant ainsi les infiltrations. Vers Ajaho par contre, l'inclinaison du profil devient significative, ce qui engendre un drainage rapide des eaux vers l'aval (Fig. 6).

Tous ces éléments indiquent donc que le problème d'écoulement de la rivière Havundrékuni-Ajaho est surtout lié à la morphologie particulière du bassin, définissant sa capacité à stocker les eaux de pluies.

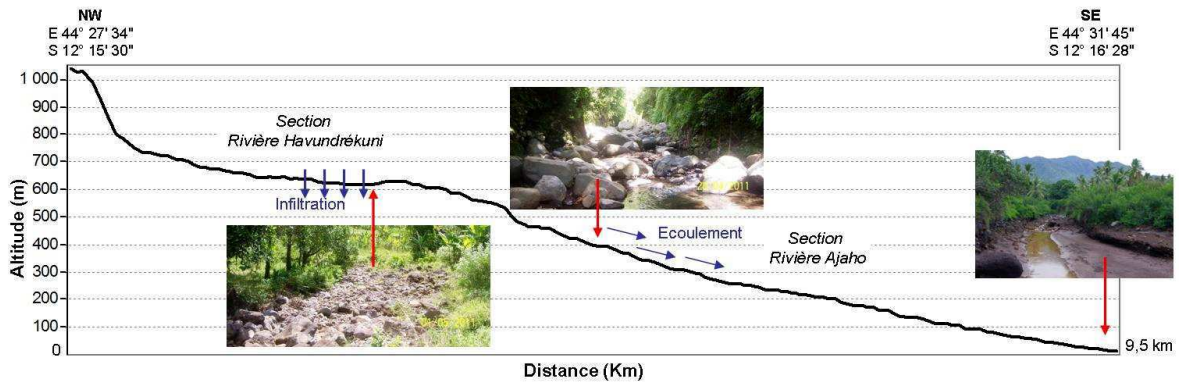


Fig. 6 : Profil en long de la rivière Havundrékuni-Ajaho

Des précipitations en diminution

Les précipitations sont abondantes à Anjouan ; sur 30 ans d'observations de 1981 à 2010, la moyenne pluviométrique enregistrée est de 3187,7 mm. Mais la répartition des normales de cette période en trois décennies, montre que les précipitations ont tendance à diminuer, 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 (Fig. 7). L'écart s'accroît de 395,4 mm entre les deux premières décennies et de 1634,4 mm entre les deux dernières. Les changements sont particulièrement notables à partir de la dernière décennie 2001-2010 puisque sa moyenne pluviométrique est inférieure à la normale enregistrée sur les 30 ans d'observations.

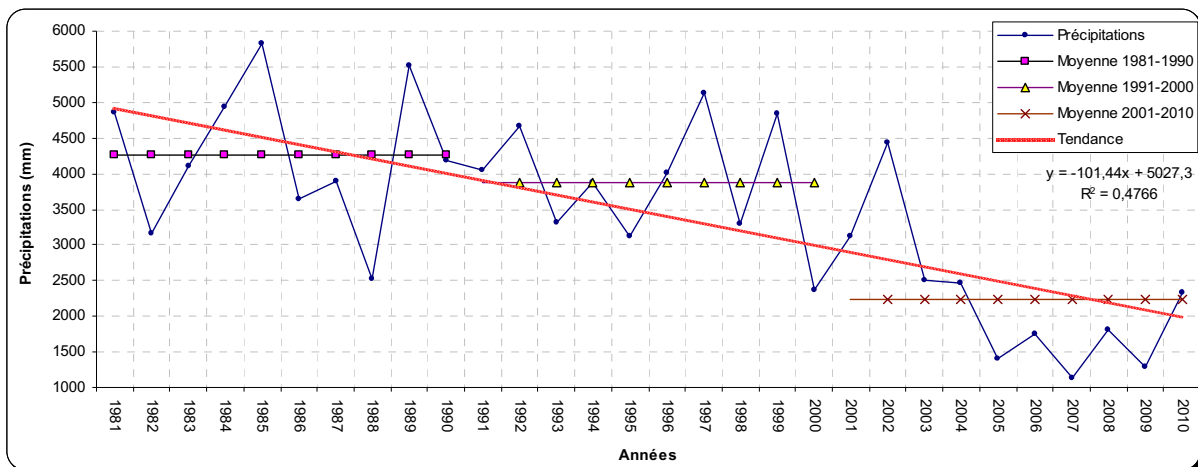


Fig. 7 : Evolution des précipitations de 1981 à 2010 (Station de Ouani)

Un bassin-versant exposé aux aléas météorologiques

Le cyclone de 21 au 22 décembre 1950 et les pluies diluviennes du 18 avril 2012 sont des événements météorologiques qui ont marqué la mémoire des habitants et la trajectoire de l'hydrosystème Ouzini-Ajaho.

Par son relief accidenté soumis à des précipitations intenses, les versants de la section amont du bassin-versant restent les plus exposés aux glissements de terrain et/ou aux ravinements ou *Mudflows*. Les témoignages après le cyclone de 1950 font état d'une forêt ravagée (chablis, ouverture de clairières ou arbres brisés), de ruissellements intenses sur les versants, de glissements de terrain, d'une modification du réseau hydrographique, etc. Au fil du temps, la forêt s'est reconstituée mais probablement dans une autre structure vue l'action anthropique (coupe de bois et culture). En avril 2012, des pluies diluviennes se sont abattues sur le bassin-versant sur une période d'environ 10 heures. Elles ont provoqué une trentaine de glissements de terrains, appelés localement « *madaandri* », avec des crues d'amplitude extrême causant d'importants dégâts. Les terrains agricoles sur les bas de versants et les rives, les formations riveraines des cours d'eau, une partie de la couverture forestière sur les versants... ont été systématiquement ravagés. Le niveau de crue a dépassé 4 m dans des secteurs en gorges. Les berges ont été sapées latéralement dans le secteur amont où la vallée est en berceau et le lit est passé de 5m à plus de 20 m de large. Des îlots alluviaux depuis longtemps stabilisés par la végétation ont disparu, de nouveaux chenaux se sont formés, des bras morts de la rivière sont de nouveau entrés en activité. Dans certains endroits, la rivière a creusé son chenal jusqu'à 2 m tandis que dans d'autres, elle l'a encombré de blocs basaltiques ou l'a ensablé. Des sous-écoulements se sont substitués aux écoulements superficiels dans certains talwegs (Fig. 8). Suite aux ravages causés par les crues, la disparition des formations riveraines des cours d'eau expose directement le sol aux radiations solaires favorisant ainsi une forte évaporation.

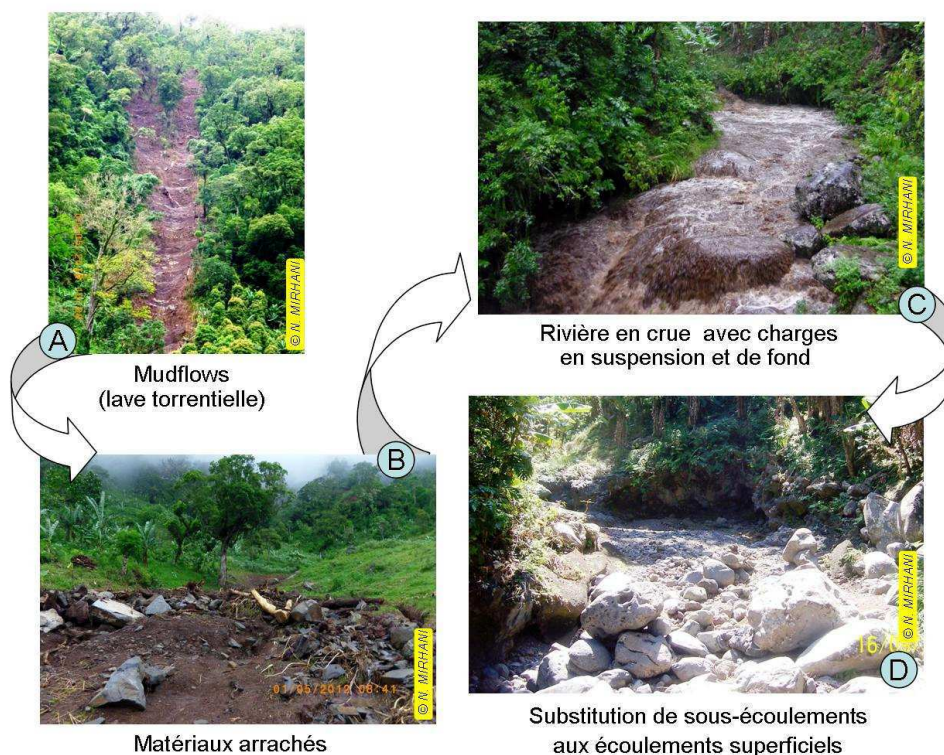


Fig. 8 : Processus et impacts en rivière du charriage de matériaux issus de mudflows.

D'après les statiques pluviométriques et les observations du terrain, ce type de pluies diluviennes responsables des glissements de terrain et les crues d'extrême ampleur peuvent survenir à partir de septembre jusqu'en avril.

Facteurs anthropiques

Si le bassin-versant a été soumis à des événements exceptionnels depuis 1950, il a également connu des mutations de l'occupation des sols et des modes d'utilisation et de mise en valeur des ressources. Ces changements apparaissent clairement à partir des photographies aériennes de 1950 et de 1969, des images QuickBird de 2005 et des observations de terrain.

Une couverture forestière en recul

Les observations de terrain et l'imagerie montrent un recul progressif de la couverture forestière au profit de l'agriculture depuis les années 1950. Cette évolution se fait notamment par un morcellement progressif de la forêt. Les superficies de clairières ont ainsi augmenté entre 1950 et l'actuel, pendant que quelques rares jachères se sont reconstituées en forêt secondaire. Or, l'enquête ethno-écologique réalisée auprès des paysans montre que les essences forestières telles que *Ficus lutea* (Vouvou), *Ficus sp.* (Chihi), *Anthocleista grandiflora* (Mpapa), *Dracaena reflexa* (Mtsanga), etc., fixent le sol et entretiennent les écoulements. L'élimination de telles espèces ou la diminution considérable de leur densité modifie les conditions d'infiltration des eaux dans le sous-sol.

Une forte extension des girofliers sur le bassin-versant

Le cyclone de 1950 ayant affecté l'économie du pays, un administrateur colonial de la région a encouragé la plantation des girofliers dans le bassin-versant. Bien que les paysans aient été réticents au début, la progression de la monétarisation des sociétés rurales et la forte demande en produits d'exportation (girofles mais aussi ylang-ylang) les a finalement convaincus. Après l'indépendance en 1975, les girofliers ont également connu une forte extension sur le bassin-versant (Fig. 9 et 10).

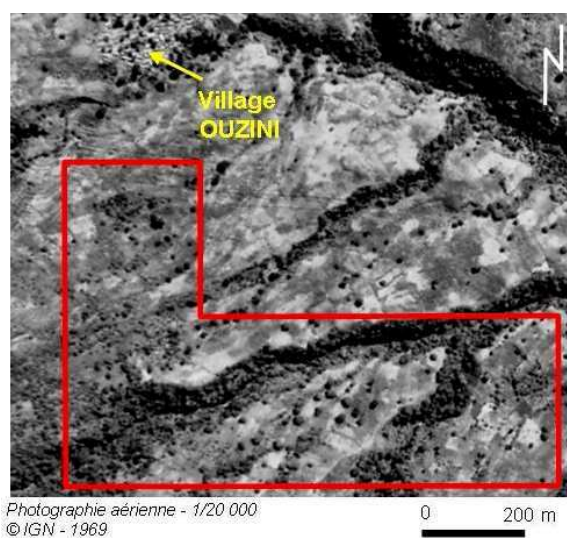


Fig. 9 : Ouzini en 1969 : une faible densité de ligneux dans les zones culturales

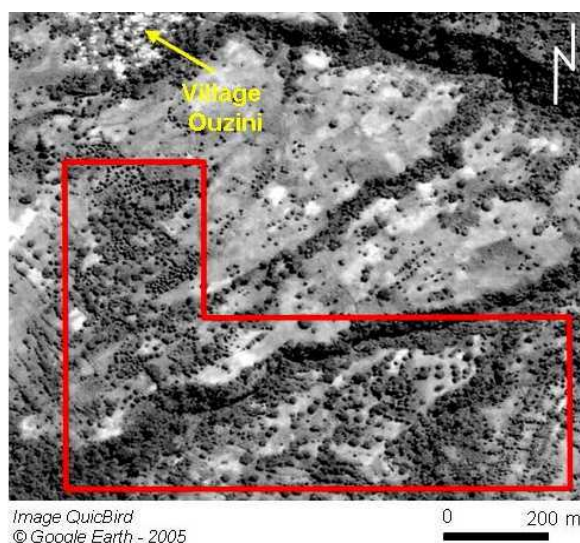


Fig. 10 : Ouzini en 2005 : une forte extension des arbres allochtones à dominance de girofliers

Or, cette espèce est forte consommatrice d'eau par rapport aux autres plantes introduites en période coloniale comme la vanille, le jasmin et l'ylang-ylang. Elle pompe les écoulements sub-surface et la nappe phréatique qui alimente le cours d'eau principal.

Un accroissement démographique et un développement des villages le long de la rivière

De 1966 à 2003, la population est passée de 3348 à 9136 et une densité de 176,2 hab/km² à 480,8 hab/km² dans le bassin-versant (Tableau 3 et fig. 11).

Tableau 3 : Evolution de la population dans le bassin-versant Ouzini-Ajaho

Année		1966 (1)	1980 (2)	1990 (3)	2003 (4)
Villages	Ouzini	1257	926	1173	1129
	Outsa	218	359	304	456
	Salamani	0	893	1462	1694
	Ganzalé	1873	190	4252	5857
TOTAL		3348	2368	7191	9136

Sources : (1) Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques (1968), (2) Direction de la Statistique (1984), (3) Direction Nationale du Recensement (1993), (4) Direction Nationale du Recensement (2005)

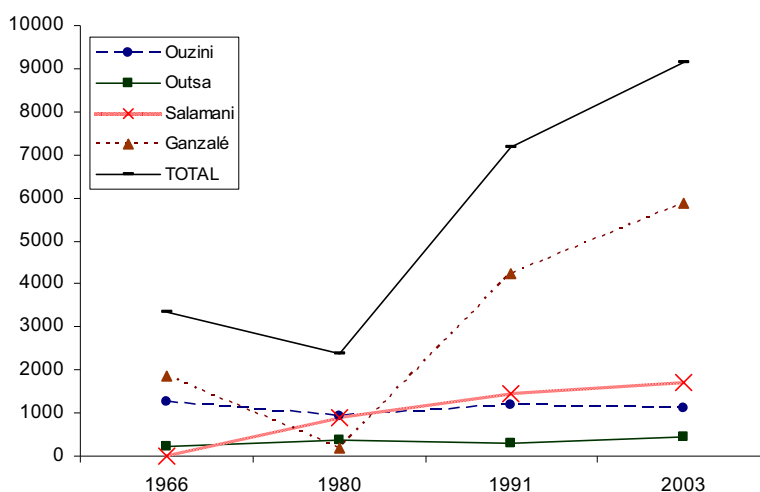


Fig. 11 : Evolution de la population dans le bassin-versant Ouzini-Ajaho

Cet accroissement démographique et la descente d'une partie des populations des zones entre 700 et 600 m d'altitude vers moins de 300 m (Fig. 12) ont favorisé des processus d'urbanisation le long des cours d'eau et sur la plaine alluviale côtière. Dans cette dernière, le processus s'est fait au détriment des plantations coloniales de vanille, jasmin et ylang-ylang destinées à la distillerie et de coco pour le coprah. La photo-interprétation des données de 1950, 1969 et 2005 montre un développement de trois villages à proximité de la rivière : Ganzalé a été fondé en période coloniale par des descendants du village d'Outsa dans le bassin-versant cinq ans après le passage du cyclone en 1950. Quant à Salamani, il a été bâti par des habitants d'Ouzini après l'indépendance de 1975. Les données démographiques montrent que la population de cette seconde localité a diminué en conséquence : 1257 habitants en 1966 contre 926 en 1980. Bweladungu, un autre village situé hors du bassin-versant à l'embouchure a été créé par des habitants de Hadda (Fig. 13, 14, 15, 16, 17 et 18).

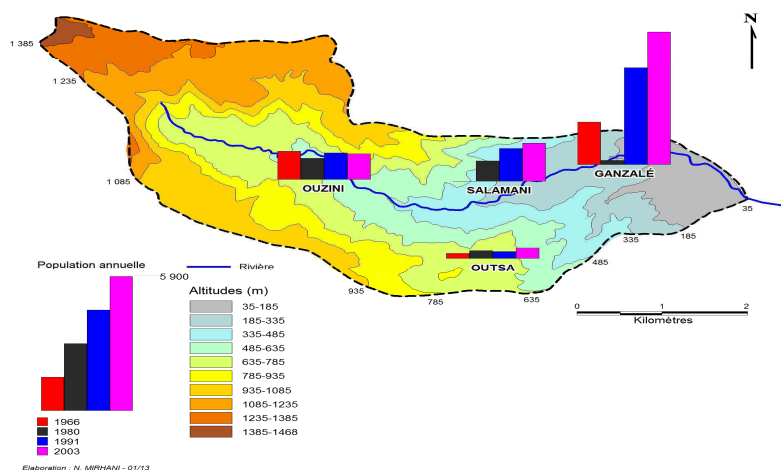


Fig. 12 : Répartition évolutive de la population dans le bassin-versant Ouzini-Ajaho

Cette croissance démographique et le développement des villages se sont traduits par une exploitation croissante des ressources en eau, bois et sable alluvial contribuant ainsi à la perturbation du régime hydrologique.

Une exploitation croissante des essences forestières

Bien que l'exploitation du bois sur le bassin versant soit négligeable par rapport à la demande insulaire qui est tributaire des importations, le passage de l'usage de la scie manuelle à la tronçonneuse à partir des années 2000 a accentué les abattages. L'importance des déséquilibres engendrés par ces coupes n'est pas encore connue, mais on peut affirmer qu'elles ne sont pas compensées par des actions de reboisement. Or, les observations et les témoignages locaux convergent vers une très faible probabilité de régénération par rejet de souche après l'abattage. Celle-ci se fait généralement par semis naturel.

Une extraction de sable alluvial modifiant le fonctionnement hydrologique

Une activité d'extraction du sable dans le lit mineur s'est développée le long de la rivière au fil des années. Le sable est destiné à la construction et constitue une source de revenus familiaux significative. Son exploitation qui augmente d'amont en aval est particulièrement importante à Bweladungu à l'embouchure de la rivière en raison de l'accès facile et de l'importance des apports en sable à la fois marins et alluviaux. D'amont en aval, ces prélèvements modifient profondément les paramètres hydrodynamiques et morphodynamiques naturels du chenal et les processus de phyto-stabilisation des berges.

Un système inadapté de collecte des eaux pour l'alimentation urbaine

De nombreux petits aménagements sont réalisés sur le bassin-versant pour alimenter en eau les villages d'Ouzini (prise de Magouni et Hagobi) et de Ganzalé (petits barrages de rétention d'eau et prises d'eau à partir des sources et de la rivière). Une partie des eaux des rivières est également détournée pour alimenter les distilleries d'ylang-ylang qui font partie des gros consommateurs d'eau et de bois. Face à cette situation, le manque d'une réglementation sur les volumes de

prélèvement des eaux en périodes d'étiage et de hautes eaux favorise le tarissement périodique des écoulements superficiels de la rivière Havundrékuni-Ajaho.

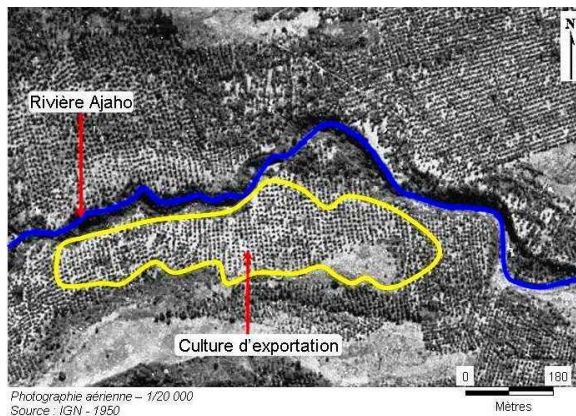


Fig. 13 : Des cultures d'exportation en 1950...

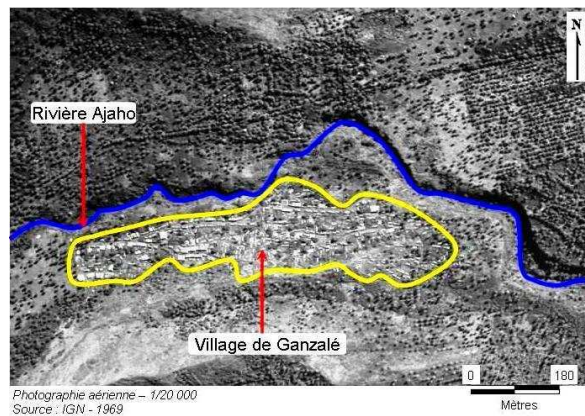


Fig. 14 : ...à la création du village de Ganzalé en 1955

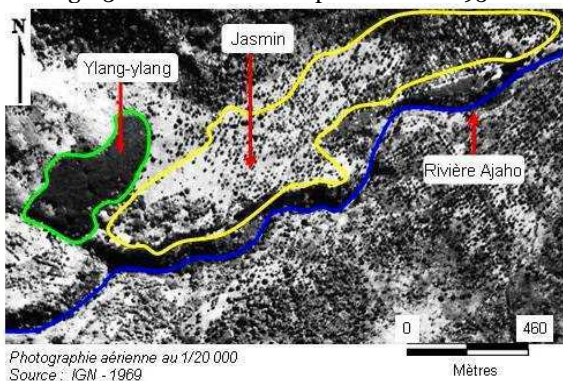


Fig. 15 : Des cultures d'exportation en 1969...

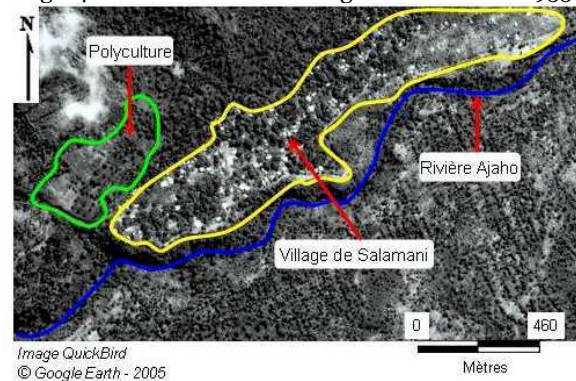


Fig. 16 : ...à la création du village de Salamani après l'indépendance de 1975

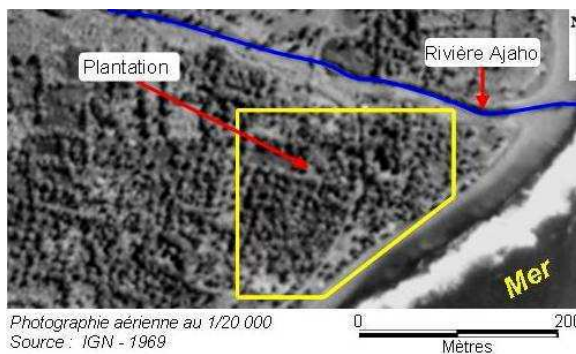


Fig. 17 : Des terres occupées par des cultures industrielles en 1969...

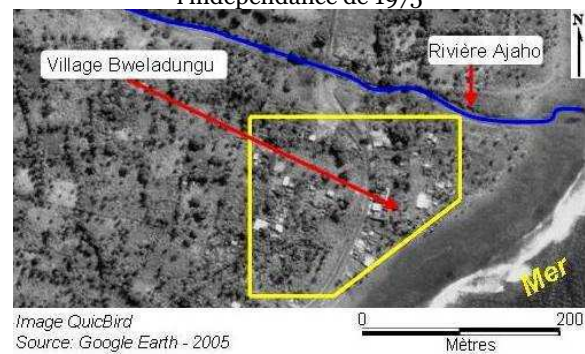


Fig. 18 : ... à la création du village de Bweladungu après l'indépendance en 1975

Proposition d'un modèle d'aménagement

A partir des résultats et des discussions précédents, un modèle d'aménagement synthétique peut être proposé à l'échelle du bassin-versant et généralisé à l'ensemble de l'île. Il n'est pas conçu pour rétablir l'état antérieur de la forêt et des rivières, mais il tente plutôt de rechercher un équilibre harmonieux entre les composantes socioculturelles, économiques et écologiques actuelles du bassin-versant. Il tient compte de la typologie d'occupation des sols ainsi que des classes de pentes (Tableau 4).

Tableau 4 : Proposition de types d'aménagements selon les classes de pentes

Classe de pentes (°)	Catégorie de pentes (1)	Type de drainage (1)	Risque d'érosion	Possibilité d'aménagement
$0 < P < 13$	nulle à moyenne	nul à moyen	faible à nul	cultures et habitations
$13 \leq P < 45$	moyenne à forte	moyen à rapide	moyen	agro-forêt
$P \geq 45$	très forte à abrupte	Très rapide	élevé à très élevé	forêt

(1) Adapté d'EMBERGER *et al.* (1983)

Le modèle numérique d'aménagement permet de géolocaliser les sites les plus exposés aux processus d'érosion. Ces sites ont été affectés d'une couleur vert foncé pour signifier la nécessité d'y maintenir en permanence une couverture forestière (Fig. 19). Sur les autres sites, les types d'aménagements retenus sont les agro-forêts, les cultures, un cordon boisé et des retenues collinaires.

Les zones de culture, de maraichage et d'habitation seront privilégiées sur les terroirs dont les pentes ont une inclinaison inférieure à 13° , où le ruissellement et le taux de drainage sont nuls à moyens. Les techniques agronomiques doivent être renforcées pour accroître la productivité, ce qui contribuera à la réduction de l'extension des défrichements.

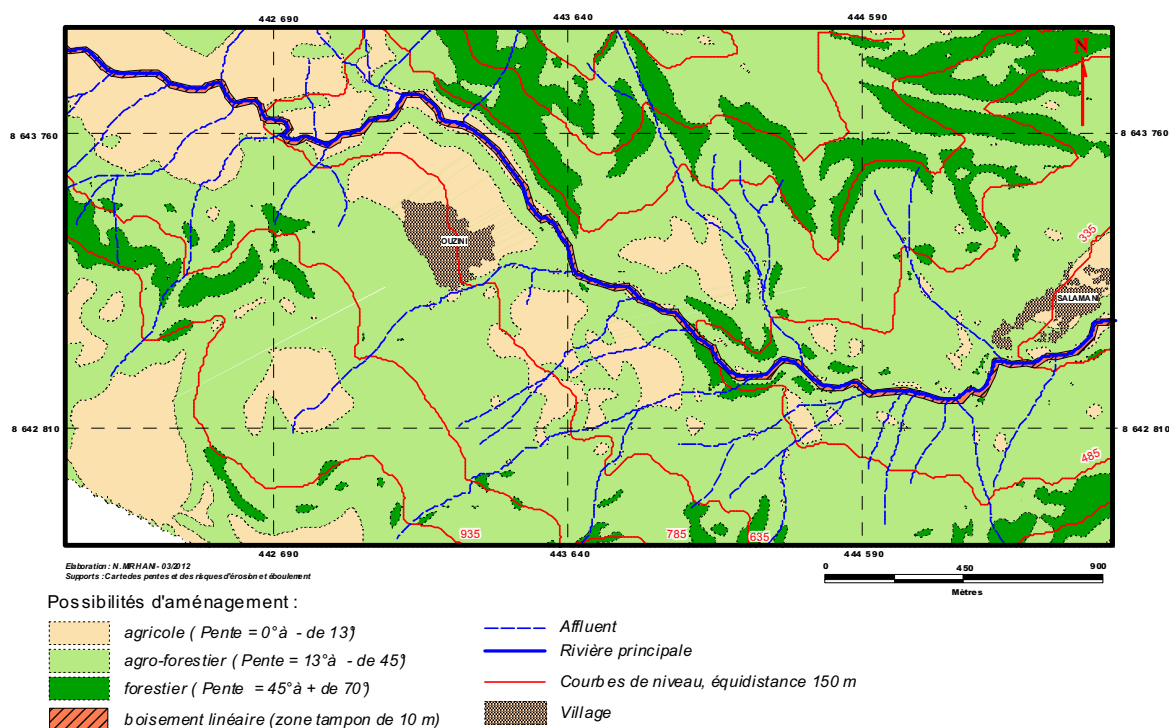


Fig. 19 : Modèle d'aménagement du bassin-versant à l'interface société-nature

Les agro-forêts seront maintenues sur les pentes de 13° à 45° où le taux de drainage est moyen à rapide. L'agro-foresterie a l'avantage de faire déjà partie du système de gestion locale des terroirs. Les essences forestières associées aux cultures jouent le rôle de brise-vent en faveur des cultures, maintiennent la fertilité du sol et limitent les processus d'érosions.

La couverture forestière doit être maintenue sur les versants dont l'inclinaison est supérieure ou égale à 45° où le drainage est très rapide et les risques de

glissements de terrain et de ravinement sont très élevés. Cette limite de 45° correspond au seuil de déforestation à ne pas dépasser. La comparaison de ce modèle d'aménagement avec la carte d'occupation du sol issue des traitements d'image SPOT de 2007, montre que cette limite n'est pas atteinte dans certains sites (en vert) mais est dépassée dans d'autres (en rouge) (Fig. 20 et 21). Ces derniers seront classés comme sites d'intervention prioritaire pour la mise en défens, la réhabilitation ou la restauration écologique afin de favoriser la reconstitution de la forêt. On prendra comme écosystème de référence la couverture forestière jouxtant la zone défrichée, mais tout dépendra de l'état du sol. La restauration écologique et le maintien de la forêt existante sur ces versants réduiront les taux de ruissellement en favorisant l'infiltration des eaux et stabiliseront le sol.

Un cordon boisé de 10 m de large au moins sera nécessaire de part et d'autre des rives pour atténuer l'agressivité des crues et maintenir les cours d'eau. Il pourra constituer par ailleurs d'après Burel et Baudry (1999), une voie de circulation de la faune de disperseurs. Pour pouvoir remplir cette fonction, ce corridor écologique sera connecté à des sites forestiers. Les espèces végétales à favoriser dans ces cordons boisés doivent répondre à la fois aux besoins locaux socio-économiques et écologiques.

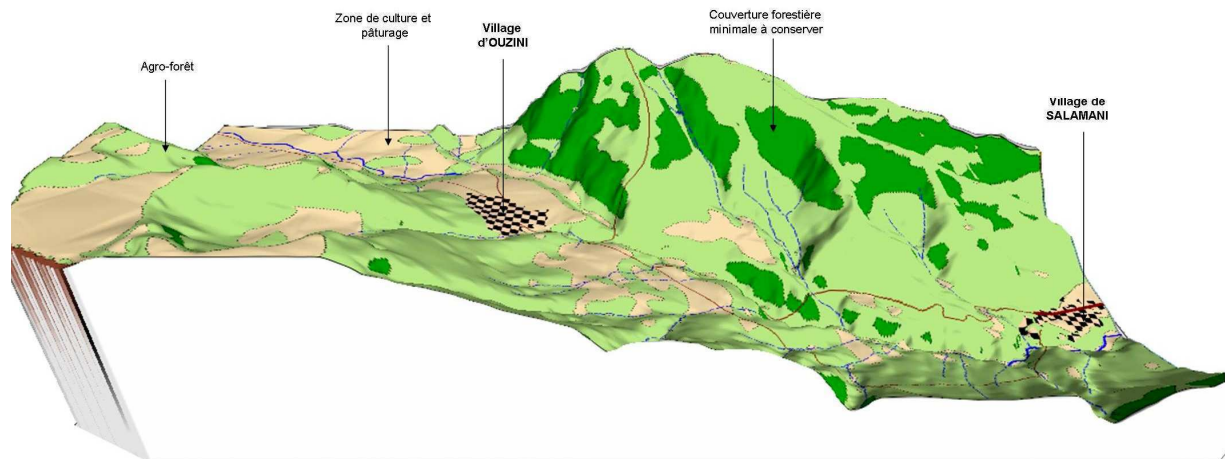


Fig. 20 : Vue tridimensionnelle du modèle d'aménagement du bassin-versant

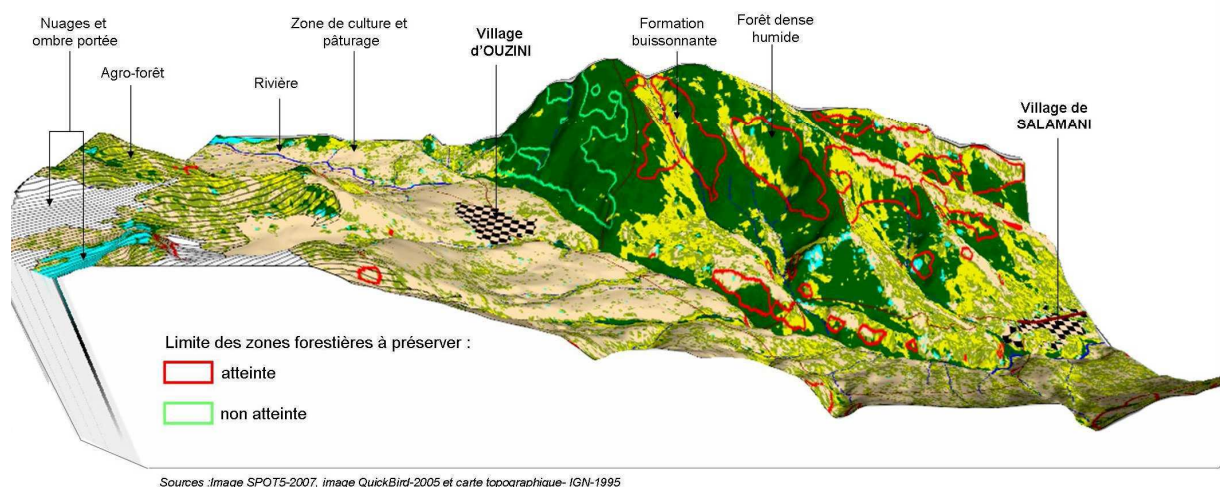


Fig. 21 : Situation de la forêt par rapport à la limite de la déforestation en 2007

Des impluviums pour recueillir et stocker directement les eaux de pluies pourront être privilégiées à la place des petits barrages de rétention d'eau qui privent en partie la rivière de ses sources d'alimentation. Il y a nécessité de réglementer les volumes d'eau à prélever pour l'alimentation des villages et la distillation d'ylang-ylang en période d'étiage et de hautes eaux. Il en est de même pour le rythme annuel de prélèvement de sable.

Une réforme de la législation forestière et foncière suivie d'application est impérative. La typologie d'occupation du sol par classe de pentes que nous venons de proposer peut constituer une ligne directrice pour cette législation qui doit respecter et prendre en compte les besoins fondamentaux socio-économiques des populations locales.

Une telle proposition d'aménagement, bien qu'elle tente de répondre aux trois composantes « sociale-économique-écologique », a des limites liées à des contraintes d'origine naturelle et/ou anthropique. Les aléas climatiques sont imprévisibles et font partie du cycle naturel global, donc inévitables. Le prix des clous de girofles, actuellement élevé sur les marchés mondiaux, favorise la forte extension des girofliers. Moins favorable aux écoulements, ce produit d'exportation est par contre économiquement très rentable. Ces contraintes peuvent cependant être limitées par des aménagements qui prennent en compte les dimensions naturelles et socio-économiques des bassins-versants.

Les données issues des traitements des images satellites et des photographies aériennes, du MNT, des observations de terrain, des entretiens avec la population locale et de l'analyse des statistiques pluviométriques et démographiques, ont permis de mettre en évidence les premiers éléments d'explication de la dégradation du fonctionnement hydrologique du bassin-versant d'Ouzini-Ajaho. Elles montrent une étroite combinaison de facteurs naturels et anthropiques.

Les caractéristiques morphologiques du bassin versant (faible superficie et densité des affluents...) associées à la diminution des précipitations moyennes mais à la violence des aléas météorologiques sont exacerbés par les mutations de l'occupation du sol des dernières décennies avec le recul de la couverture forestière et l'extension des plantations de girofliers, la croissance démographique et le développement des villages à proximité de la rivière. S'ajoute à cela un changement des modes d'exploitation et de mise en valeur des ressources avec l'utilisation croissante des tronçonneuses en forêt, des aménagements hydrauliques pour l'alimentation des agglomérations en eau potable inadaptés et l'extraction de sable alluvial dans les fonds de vallées. Tout ceci a entraîné un déséquilibre hydrodynamique et morpho-dynamique avec la modification des conditions d'infiltration des eaux dans le sol, la diminution des débits des écoulements de la rivière, voire son assèchement, et l'augmentation des glissements de terrains, des mudflows et de l'agressivité des crues.

La méthodologie mise en œuvre et le modèle d'aménagement simplifié proposé pour ce site représentatif de toute l'île pourront servir de ligne directrice pour la documentation des processus à l'œuvre dans les autres régions d'Anjouan et pour y proposer des plans de gestion adaptés. Les types d'occupation des sols simulés sont fonction du degré d'inclinaison des pentes et des risques environnementaux : les zones de culture, de maraichage et d'habitation sur les pentes inférieures à 13°, les agro-forêts entre 13 et 45°, le maintien de la forêt à partir 45° qui correspond à un seuil de la déforestation à ne pas dépasser, et un cordon boisé d'au moins 10 m de large le long des rives. Il est également nécessaire de favoriser les retenues collinaires pour l'alimentation en eau des villages. Enfin, ces différentes propositions doivent être encadrées par une réforme de la législation foncière actuellement inadaptée. Le

seuil de la déforestation proposé pourra servir dans les programmes nationaux de reboisement en cours. Il permettra aux décideurs de géolocaliser les sites d'interventions prioritaires.

Ces résultats viennent également remettre en cause le crédo de rigueur dans les services en charge de l'environnement et de l'aménagement du territoire à Anjouan qui voient dans les reboisements systématiques l'unique solution au problème de la dégradation du régime hydrologique.

Résumé : Anjouan (Comores), île tropicale humide de l'archipel des Comores situé à l'entrée Nord du Canal de Mozambique entre l'Afrique et Madagascar, connaît une perturbation du régime hydrologique de ses rivières. Les origines du phénomène sont 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 et aux risques environnementaux liés aux excès hydriques. Une approche méthodologique multi-source, multi-date et multi-échelle a été adoptée pour répondre à cette problématique, associant des données de terrain (prospections et enquêtes) à la télédétection satellitaire (image Spot) et aérienne, aux Systèmes d'Information Géographique (MNT, 3D, ...) et aux statistiques climatiques ainsi que démographiques. Le croisement de ces données a permis de caractériser, spatialiser et diagnostiquer les dynamiques d'évolution environnementale d'un bassin-versant représentatif d'Anjouan (Bassin versant d'Ouzini-Ajaho), notamment la dégradation du régime hydrologique, et de proposer un modèle numérique d'aménagement qui intègre les dimensions socio-économiques et écologiques du bassin-versant.

Mots-clés : Anjouan, Comores, bassin-versant, rivière, SIG et aménagement

Abstract: Anjouan (Comoros), humid tropical island of Comoros archipelago located at the northern entrance of the Mozambique Channel between Africa and Madagascar, is experiencing a disturbance of the water regime of rivers. The origins of the phenomenon are far from being identified in a systemic way to cope with the consequences already effective in the reduction of water resources in coastal areas and environmental risks associated with excess water. Thus, a methodological approach multi-source, multi-date and multi-scale linking field data (surveys and investigations) remote sensing satellite (SPOT image) and air, to Geographic Information Systems (MNT, 3D...) and climate and demographic statistics have been adopted to reply this problem. The combination of these data allowed us to characterize the watershed, to specialize and to diagnose the dynamics of environmental change on the hydrological regime of degradation and propose a numerical model of development that integrates the socio-economic and ecological dimension of watershed.

Keywords: Anjouan, Comoros, watershed, river, GIS and planning

Références bibliographiques

- Direction de la Statistique (1984) - *Recensement Général de la Population et de l'Habitat du 15 septembre 1980*. Volume II : tableaux statistiques du recensement de la population. Direction Générale du Plan, RFIC, Moroni.
- 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).
- BUREL F. & BAUDRY J., (1999) - *Ecologie du paysage : concepts, méthodes et applications*. TEC et DOC, Paris.
- Direction Nationale du Recensement (1993) - *Principaux résultats du Recensement Général de la Population et de l'Habitat du 15 septembre 1991*. RFIC, Moroni.
- Direction Nationale du Recensement (2005) - *Principaux résultats du Recensement Général de la Population et de l'Habitat du 15 septembre 2003*. Union des Comores, Moroni.
- 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*. Ed. du CNRS, Paris.
- GOU Z.-M., (2012) - *Vulnérabilité des ressources en eau et adaptation face aux changements climatiques à Anjouan*. Rapport, PNUD/FEM/Direction Nationale de l'Environnement et des Forêts, Union des Comores.

Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques (1968) - *Résultats statistiques du recensement général de la population des Comores effectué en juillet-septembre 1966*. Direction des Territoires d'Outre-mer, Paris.

MARINI D., (1990) - *Résultats et Interprétations d'une Campagne de Pompages d'Essai sur des Puis dans les Aquifères de Base – Grande Comores et Inventaire des ressources en eau de l'île d'Anjouan*. PNUD & Direction de l'Energie et des Ressources en Eau, RFIC, Moroni.

PAVLOVSKY R. & SAINT OURS J., (1953) - *Etude géologique de l'archipel des Comores*. *Travaux du Bureau Géologique*, 51, Service Géologique Tananarive.