

Influence du facteur lithologique sur l'échec des aménagements en banquettes de terre dans un petit bassin versant semi-aride tunisien

Influence of lithological factors on the failure of ground embankments on a small river basin in semi-arid Tunisia

BACCARI N.,¹ LAMACHERE J.M.,² BOUSSEMA M.R.,¹
BENMAMOU A.,³ NASRI S.⁴

Abstract: Due to its dry climate, water and soil conservation is a priority in Tunisia. The most widespread techniques used in the struggle against erosion in the Tunisian semi-arid climate are ground embankments, dry rock walls, rock sills and hillside reservoirs. These techniques have only been moderately successful, which raises more urgent questions about their effectiveness and their future. In order to do a better valuation of these techniques, a study was carried out in the El Gouazine basin in the center of the country. At first were located points of breakage, overflow and filling up of upstream benches canals. These places of dysfunction were located with the help of a GPS. Next, a precise sampling was taken from the embankments sites and on the different geological outcrops of the prospected area. The data were analyzed with the aim of evaluating the influence of lithological factors on anti-erosion constructions and for understanding the reason for their success or failure. Granulometric and mineralogical X-ray analyses were carried out on the samples. The results of the analysis comparing embankments effectiveness to the lithological substratum showed that breaks damaged all the installations on gypsum-clay formations, 28% of the ones settled on marl, 18% of those situated on marl-limestone, and 25% of those located on conglomerate or limestone formations. Therefore, the gypsum-clay formation seems to pose the most serious problems for the stability of the benches.

Thus, with more informations about the role of lithological factors and with the farmers' experience taken into account, these benches constructions could have been more effective. Using this analysis, a lesson can be learned from the existing installations in order to improve their conception and their design in the future.

Key words: Tunisia - Semi-arid area - Embankments - Lithology - Effect on erosion

Résumé: Dans le contexte climatique de la sécheresse, la maîtrise de l'eau et de conservation des sols représente un objectif prioritaire pour la Tunisie. Les techniques de lutte antiérosives qui sont largement répandues en milieu semi-aride tunisien sont les banquettes en terre, les cordons en pierres sèches, les seuils en pierres et les lacs collinaires. Ces techniques n'ont donné que des résultats partiels, ce qui a soulevé des interrogations de plus en plus pressantes sur leur efficacité et leur devenir. A cet effet, pour cerner au mieux l'essentiel des mesures effectuées sur le terrain au sujet de ces techniques et pour tirer les leçons de cet immense champ expérimental dont dispose la Tunisie, une étude a été réalisée au niveau du bassin versant d'El Gouazine, au centre du pays. On a commencé par la localisation des points de ruptures, de débordements et d'envasements des canaux en amont des banquettes. Ces points de dysfonctionnements ont été repérés à l'aide d'un GPS. Ensuite, on a effectué un échantillonnage précis au niveau des sites des banquettes et sur les différents affleurements géologiques existant sur le bassin versant. Les données ont été analysées en vue d'aboutir à une évaluation de l'influence des facteurs lithologiques sur ces ouvrages antiérosifs et de comprendre la raison des échecs et des réussites. En fait, on a effectué des analyses granulométriques et minéralogiques aux rayons X des échantillons prélevés. Les résultats de l'analyse de l'efficacité des banquettes par rapport au substratum lithologique nous ont montré que les ruptures endommagent toutes les banquettes

¹Ecole Nationale d'Ingénieurs de Tunis ENIT, LTSIRS, BP 37, 1002 Tunis-Belvédère, Tunisie. courriel : noamene_b@yahoo.fr

² Institut de Recherche pour le Développement, IRD Tunis

³ Faculté des sciences de Tunis

⁴ INRGREF, Tunisie.

installées sur la formation argilo-gypseuse, 28% des banquettes installées sur la formation marneuse, 18% des banquettes installées sur la formation marno-calcaire et 25% des banquettes installées sur la formation conglomératique ou calcaire. La formation argilo-gypseuse semble donc poser de sérieux problèmes de stabilité des aménagements en banquettes.

Ainsi, avec un diagnostic de terrain plus détaillé sur le facteur lithologique et l'implication des agriculteurs dans les programmes, ces aménagements auraient pu avoir un impact positif. Cette analyse permet de tirer les leçons de ce qui existe pour améliorer la conception des aménagements futurs.

Mots clés : Tunisie - Secteur semi-aride - Aménagement et Bassin versant - Lithologie - Banquettes

INTRODUCTION

Pour lutter contre l'érosion en Tunisie, des moyens importants ont été consentis depuis les années 1960 pour revégétaliser l'amont des bassins-versants, stabiliser les ravines, restaurer la productivité des terres et protéger les barrages de l'envasement : c'est la stratégie de Défense et Restauration des Sols (DRS) qui allie en quelque sorte l'approche « Restauration des Terrains de Montagne » (RTM) des forestiers français à celle de la Conservation de l'Eau et des Sols (CES) des agronomes américains (ACHOURI et al., 1988). Sur les terres cultivées, il s'agit d'imposer des ouvrages mécaniques de petite hydraulique rurale tels que les banquettes antiérosives et des cordons pierreux, le plus souvent consolidés par des arbres fruitiers. Ils sont disposés en courbes de niveau, de façon à freiner l'action érosive du ruissellement sur les versants et à limiter les inondations et l'envasement des barrages. Malgré 46 années de conservation de l'eau et des sols, les terres continuent à se dégrader, l'érosion à se développer et les barrages à s'envaser rapidement. Le coût élevé des ouvrages et les résultats peu concluants ont donc conduit certains chercheurs (BREULEUX, 1976 ; HEUSCH, 1986 ; BOUSSEMA, 1995 ; BACCARI, 2005) en 1990, à critiquer cette stratégie. Or, près de 1000 000 hectares de terres ont été aménagés (DG/CES, 1993) dans des circonstances écologiques et socio-économiques très diverses. Il nous a donc paru intéressant de savoir :

- ce que sont devenus ces aménagements et leur état actuel;
- quelle est l'influence du substratum lithologique sur l'efficacité de ces aménagements ;
- quels enseignements tirer de cet immense champ expérimental pour améliorer les futurs programmes antiérosifs à entreprendre afin de développer une agriculture durable;

Ce travail a pour objectif d'étudier l'influence de la nature lithologique et minéralogique sur l'échec et la réussite des aménagements en banquettes de terre dans un petit bassin versant du milieu semi-aride tunisien.

SITE D'ETUDE

Le bassin versant d'El Gouazine qui s'étend sur une superficie 18,1 km², est localisé en Tunisie centrale semi-aride (Figure 1) avec une pluviométrie annuelle moyenne de 350 mm. Il se situe 12 km à l'est d'Oueslatia, entre les jbel Es Serj au nord-ouest et Er Rihana au sud-est. L'altitude du bassin est comprise entre 575 m au sud et 375 m au nord, à son exutoire. La pente longitudinale du bassin est de 1,8%. Du point de vue topographique, 28% de sa superficie présente une pente faible, inférieure à 5% tandis que 60% a une pente comprise entre 5% et 35%. Rappelons ici que 5 et 35% constituent les limites inférieure et supérieure d'un aménagement anti-érosif en banquettes.

Environ 35% de la superficie du bassin est couverte par une forêt de Pin d'Alep, 24% par une garrigue et le reste (41%) est cultivé essentiellement en céréales. Entre juin 1996 et juillet 1997, le bassin versant a été aménagé en banquettes à rétention totale sur environ 43% de sa surface (Figure 2).

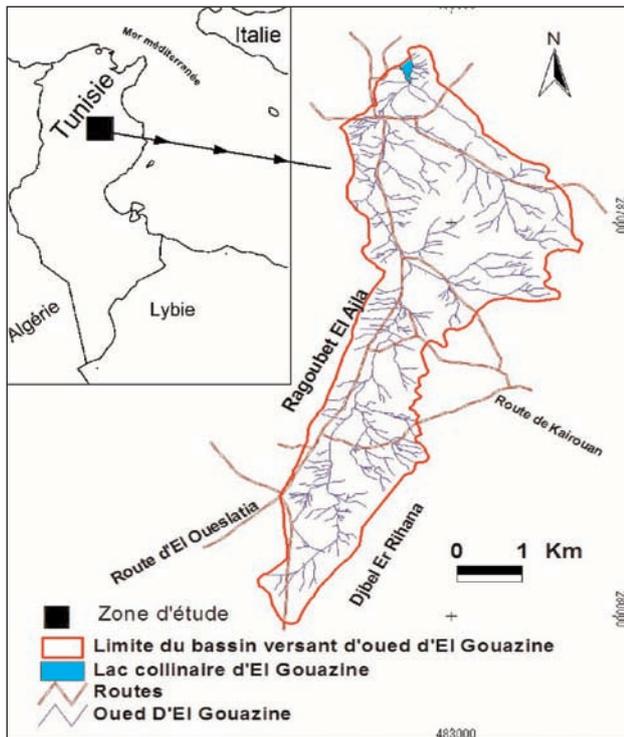


Fig. 1: Carte de situation du bassin versant d'El Gouazine

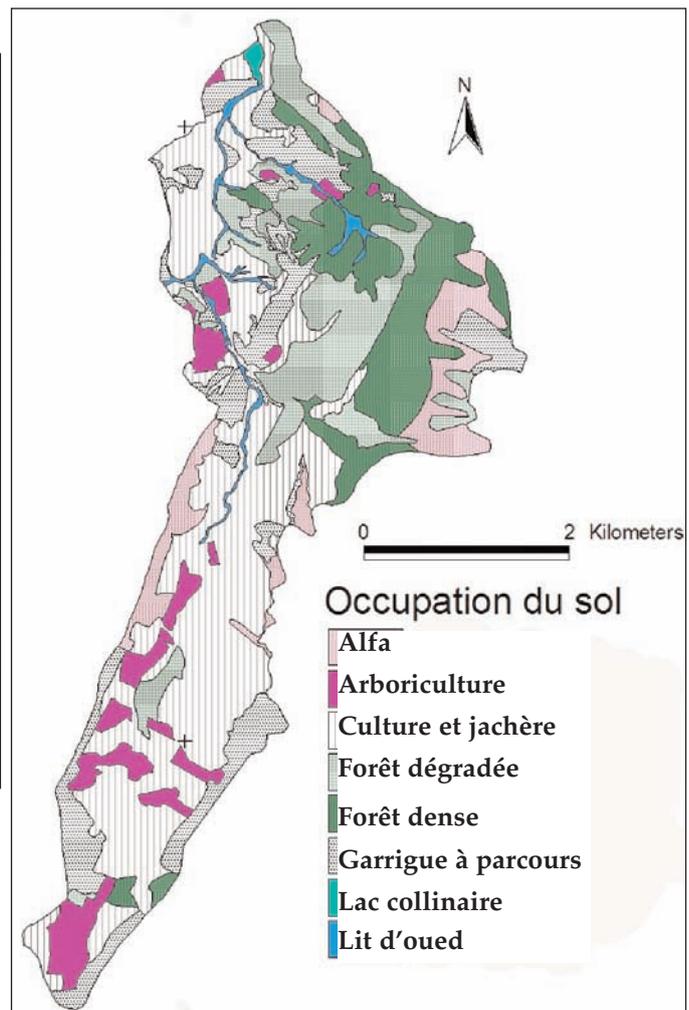


Fig.2: Carte d'occupation du sol du bassin versant d'El Gouazine

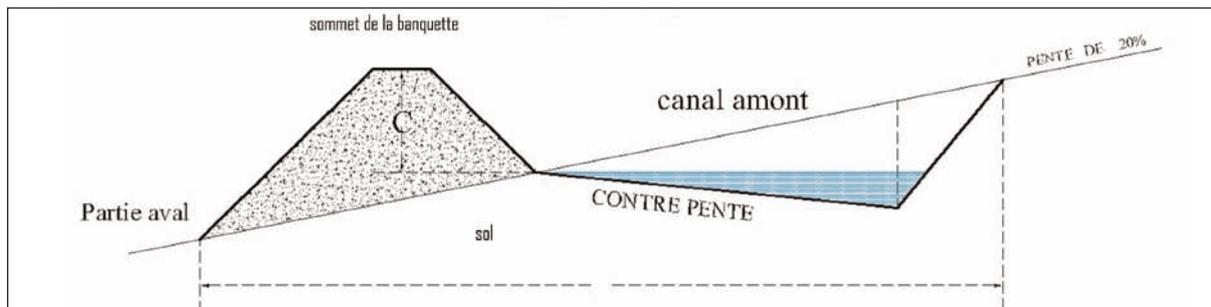
Dans la zone d'étude, les affleurements sont à dominance marno-calcaire et argilo-marneuse, ce qui donne naissance à des sols lourds avec des pourcentages d'argiles supérieurs à 30%. Une coupe géologique d'orientation nord-ouest - sud-est, réalisée par MONTOROI (1998) dans la partie aval du bassin, montre que celui-ci est occupé par des formations qui comprennent:

- une formation à dominante carbonatée marneuse et marno-calcaire appartenant à la formation Abiod (Campanien et Maastrichtien),
- une formation à dominante marneuse appartenant à la formation Fortuna (Maastrichtien),
- une formation à dominante calcaire à Nummulites appartenant également à la formation Abiod (Ypésien ou Lutétien inférieur),
- des formations Oligocènes dont le faciès détritique est à dominance gréseuse.

MATERIEL ET METHODE

Le bassin versant d'El Gouazine a été aménagé par une retenue collinaire à son exutoire depuis 1993 et par des banquettes en terre en 1996. Les banquettes sont des levées de terre construites parallèlement aux courbes de niveau. Chaque élément de banquette est édifié perpendiculairement à la pente du terrain avec un remblai de terre de forme

trapézoïdale et un fossé évasé sous forme d'un canal dans sa partie amont (Figure 3). La banquette a pour but d'intercepter les eaux de ruissellement et d'empêcher leur concentration (HEUSCH, 1986). Ces aménagements sont généralement dimensionnés pour une période de retour de 10 ans. Les banquettes réalisées depuis une quinzaine d'années peuvent donc être assujetties soit à un comblement partiel ou total, par les sédiments, de leurs canaux de stockage, soit à des brèches dans leurs talus, témoins d'un dysfonctionnement hydrologique qui réduit le rôle anti-érosif de ces aménagements (BACCARI, 2006).



L'étude a commencé par un inventaire des points de dysfonctionnement : points de ruptures, de débordements et d'envasements des canaux amont des banquettes. Ces points de dysfonctionnement ont été repérés à l'aide d'un GPS. On a effectué ensuite un échantillonnage précis au niveau des sites aménagés en banquettes et sur les différents affleurements géologiques existant sur le bassin versant (Figure 4). Les données ont été analysées en vue

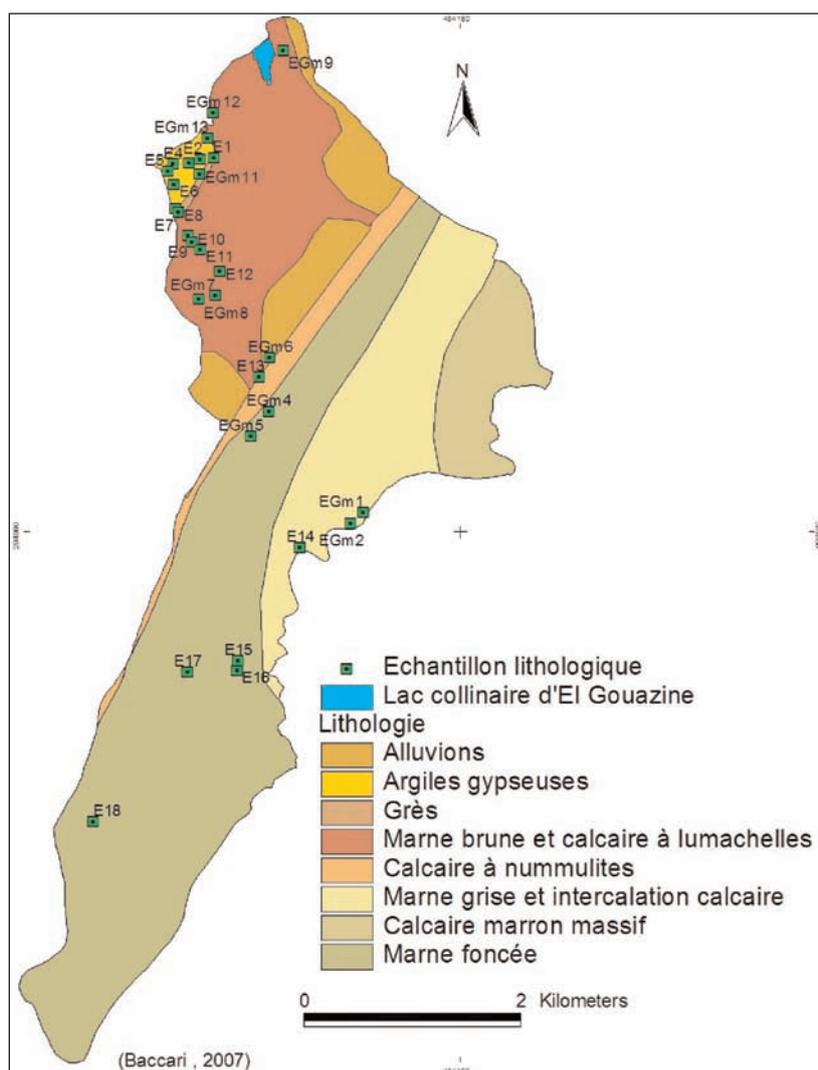


Fig. 4 : Localisation des points d'échantillonnage lithologique sur le bassin versant d'El Gouazine (BACCARI & al., 2007)

d'aboutir à une évaluation de l'influence des facteurs lithologiques sur ces ouvrages antiérosifs et de comprendre la raison des échecs et des réussites. Des analyses granulométriques et minéralogiques aux rayons X ont été effectuées sur des échantillons prélevés essentiellement sur le site des banquettes.

Caractérisation des minéraux argileux

Les fractions argileuses ont été purifiées au moyen d'un tamisage par voie humide à 63 μm , puis par lavage et centrifugation (4000 t/mn) répétées jusqu'à défloculation. Aucun traitement chimique n'a été utilisé au préalable pour éliminer les minéraux non argileux de taille inférieure à 63 μm . Ces minéraux se retrouvent dans les culots de centrifugation. Des agrégats orientés ont été confectionnés sur des lames de verre puis analysés par diffractométrie X.

Chaque échantillon a fait l'objet de trois types d'analyses :

- une analyse à l'état naturel,
- une analyse de l'échantillon glyciné,
- Un traitement chimique ayant pour but de mieux caractériser les smectites : les fractions monominérales composées de smectites sont soumises à un traitement chimique d'échanges de cations avec des solutions de KCl (74,5 g/l) et de MgCl₂ (95,2 g/l), puis remises en suspension par lavages et centrifugations répétés et analysées sous forme d'agrégats orientés.

Identification des minéraux argileux

La connaissance des minéraux argileux a été aisée dans l'ensemble. Dans les échantillons, leur identification se fait sur base de l'analyse des diffractogrammes et de la position de leurs pics. On a obtenu les résultats suivants :

La montmorillonite (ou smectite) est une argile gonflante. La réflexion principale de cette argile, mesurée au diffractomètre, se situe à 15,93Å, avec de faibles variations suivant le degré de cristallinité des minéraux (Figure 7). La forme des pics est d'autant plus mince que ceux-ci sont bien cristallisés.

Les illites sont identifiées par leur réflexion suivant deux pics : un pic à 10 Å et un pic secondaire à 6,42 Å.

La kaolinite étant caractérisée par des pics de diffraction élancés, sa détermination ne pose aucun problème, tous les échantillons étant dépourvus de chlorite (absence de pics de chlorite sur les lames cuites).

La caractérisation minéralogique des échantillons déterminée par des analyses de diffractométrie aux rayons X permet à la fois la détermination des minéraux argileux et non argileux.

L'étude minéralogique constitue une étape très importante au cours de laquelle est examinée la nature des constituants minéralogiques. On détermine ensuite ses implications sur la stabilité des banquettes en relation avec la dynamique (retrait-gonflement) des formations superficielles.

RESULTATS ET DISCUSSION

La comparaison de la carte des dysfonctionnements des aménagements en banquettes avec la carte lithologique (Figures 5 et 6) a permis de compter :

- 22 brèches sur les 16 banquettes installées sur la formation lithologique à dominance argilo-gypseuse à intercalations marno-gréseuses soit 137,5%.
- 11 brèches sur 40 banquettes installées sur la formation à dominance marneuse et intercalations argileuses soit 27,5%.
- 64 brèches sur 359 banquettes implantées sur une formation lithologique à dominance marno-calcaire avec intercalations gypseuses soit 17%.
- 12 brèches sur les 24 banquettes implantées sur les formations lithologiques dures de type conglomératique ou calcaire qui occupent les sommets et qui dessinent les limites du bassin versant soit 50%.

La formation argilo-gypseuse semble donc poser de sérieux problèmes de stabilité des banquettes. Il semble également que les banquettes soient sujettes aux ruptures sur les formations conglomératiques et calcaires des sommets de versants, mais ces ruptures sont vraisemblablement dues à des capacités de stockage insuffisantes de ces banquettes. Ce constat nous a incité à faire des analyses minéralogiques et des essais géotechniques sur des échantillons prélevés au niveau des affleurements géologiques existants. La figure 4 présente la localisation des échantillons prélevés sur le terrain.

Minéralogie des échantillons

On a effectué l'analyse à la diffraction au rayons X des différents échantillons pris sur le bassin versant d'El Gouazine (figure 7).

Caractérisation des minéraux non argileux

L'examen des diffractogrammes aux rayons X des échantillons poudres a montré l'existence du gypse, de la calcite, du quartz et de feldspaths, qui suscitent les remarques suivantes :

- les diffractogrammes du gypse (Figure 7) attestent une bonne cristallinité comme le témoigne l'allure très élancée des pics de diffraction avec un écart réticulaire de 7,54 Å. Par ailleurs, on constate la non reproductibilité des intensités relatives d'un enregistrement à l'autre à l'exception de la raie d'intensités 100. Ceci est dû au fait que les poudres ne sont jamais totalement désorientées.
- les feldspaths ne présentent qu'une faible part de la phase principale; aussi, un enrichissement par traitement chimique est nécessaire.
- la calcite a été reconnue dans un échantillon de la formation Mévlaoui (calcaire du paléogène). Il correspond à l'écart réticulaire de 7,03 Å
- le quartz est moyennement mais surtout régulièrement abondant dans les profils. Sa présence n'est pas liée à un minéral privilégié. Il constitue un véritable niveau gréseux. Sur les diffractogrammes aux rayons X, il est identifié grâce à ses réflexions les plus intenses (3,34 Å et 4,26 Å).

La caractérisation minéralogique des formations lithologiques permet de distinguer en particulier la présence de deux constituants déstabilisants pour les formations superficielles: le gypse et l'argile gonflante (smectite). Le gypse est un minéral déstabilisant des digues en terre car il est très soluble dans l'eau à la température ambiante. Les smectites sont des argiles qui ont la propriété d'accroître fortement leur volume en cours d'humectation. A l'inverse les phases de dessèchement provoquent l'apparition de fentes de retrait dans les formations argileuses à smectites, créant des macroporosités facilitant la circulation des eaux d'infiltration à l'intérieur des digues en terre.

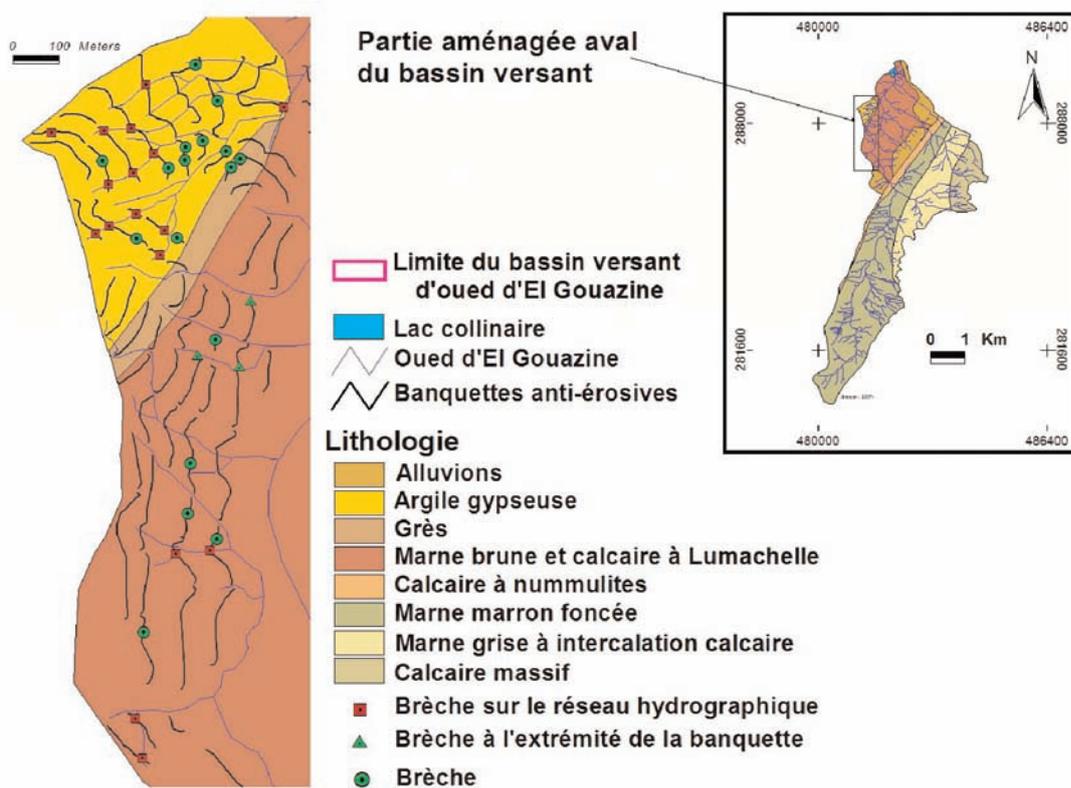


FIG. 5: Localisation des brèches par rapport au réseau hydrographique et à la lithologie dans la partie aval du bassin versant de l'oued d'El Gouazine.

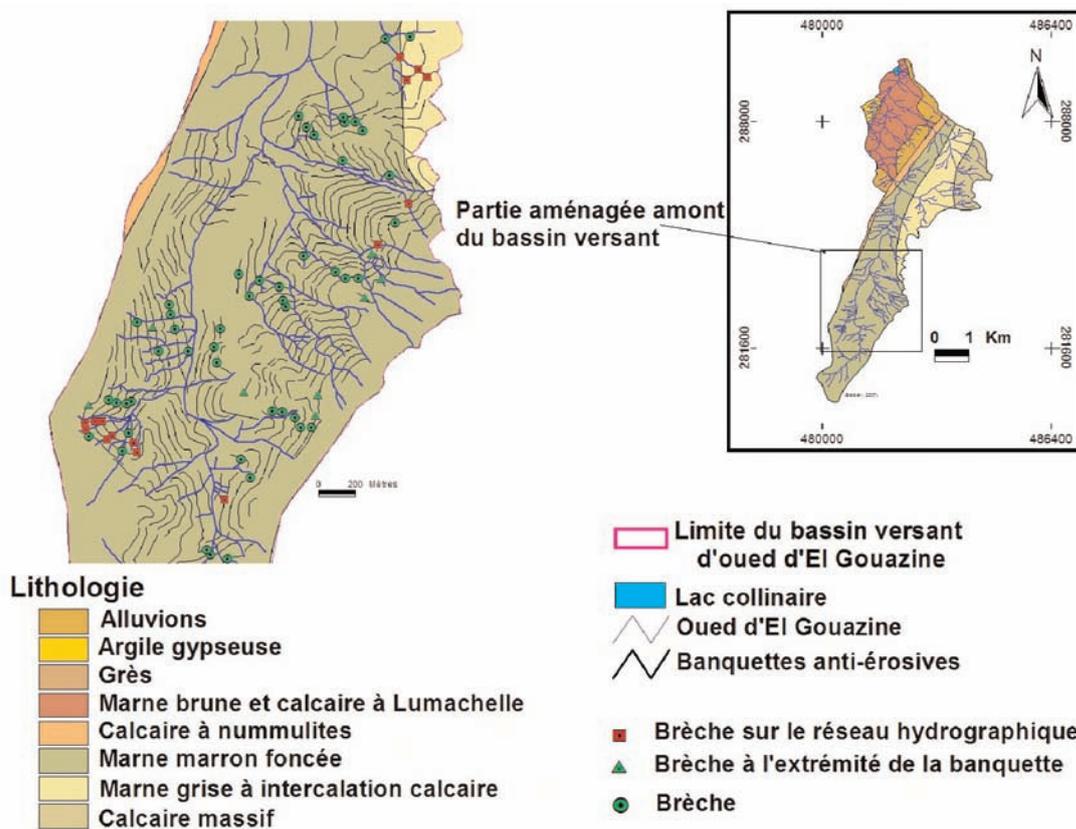


Fig. 6: Localisation des brèches par rapport au réseau hydrographique et à la lithologie dans la partie amont du bassin versant de l'oued d'El Gouazine.

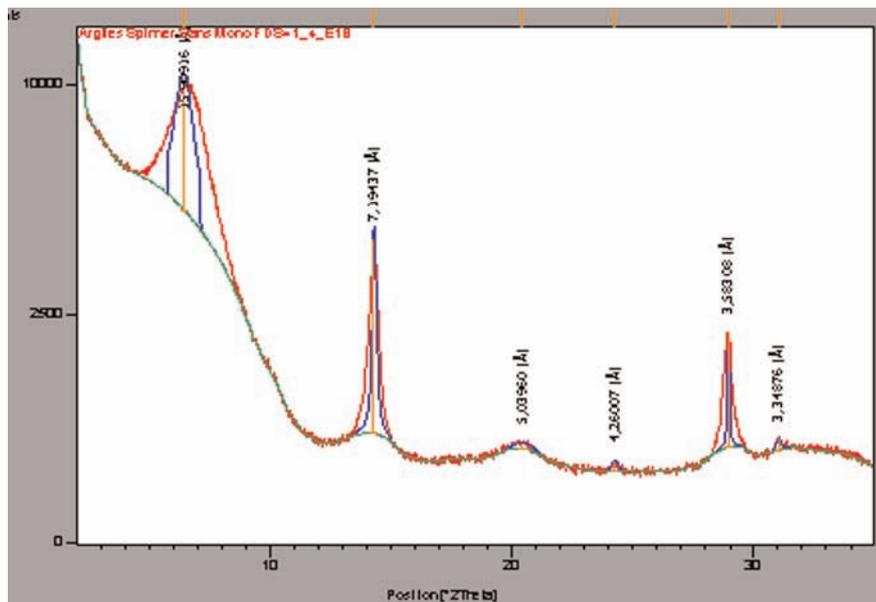


Fig. 7: Diffractogramme aux rayons X des minéraux argileux (BCG) de la formation Souar (E1) BACCARI & al. (2007)

Caractérisation des associations minéralogiques

Les résultats de la caractérisation des associations minéralogiques dominantes sont présentés dans le Tableau I. Dans ce tableau, une association minéralogique est caractérisée par la présence de un à cinq minéraux différents pour chaque échantillon, chaque minéral étant caractérisé par une à trois croix indiquant l'intensité relative du pic enregistré au diffractomètre pour ce minéral. Une croix correspond à une intensité relative inférieure à 30%, deux croix correspondent à des intensités relatives comprises entre 30 et 60%, trois croix correspondent à des intensités relatives supérieures à 60%.

L'examen global des résultats permet de dégager la composition minéralogique des différentes formations superficielles du bassin versant d'El Gouazine. Ainsi, on a mis en évidence l'existence d'associations minéralogiques dominantes constituant des familles distinctes :

- les calcaires contiennent principalement de la calcite et secondairement du quartz et des argiles (smectite et kaolinite) ;
- les marnes contiennent principalement de la smectite et du quartz et secondairement de la calcite et de la kaolinite, éventuellement de l'illite ;
- les marnes gypseuses contiennent principalement du quartz, de la calcite, du gypse et de la kaolinite, secondairement de la smectite et éventuellement de l'illite ;
- les argiles gypseuses contiennent principalement du quartz, du gypse, de la smectite et de la kaolinite, secondairement de l'illite et éventuellement de la calcite ;
- les grès contiennent principalement du quartz, secondairement de la kaolinite et éventuellement de l'illite.

On a ainsi constaté, lors de l'examen détaillé de la composition minéralogique des échantillons prélevés dans les différentes formations géologiques du bassin versant d'El Gouazine, qu'en réalité les gypses et les smectites occupent un grand pourcentage de la composition minéralogique (de 17% à 53%) des formations géologiques où se pose le problème de dysfonctionnement des aménagements en banquettes anti-érosives.

CONCLUSION

La formation argilo-gypseuse semble poser de sérieux problèmes de stabilité pour les aménagements en banquettes. Ce constat a incité à réaliser des analyses minéralogiques et des essais géotechniques sur des échantillons prélevés au niveau des différents affleurements géologiques existants.

Tableau I : Détermination minéralogique qualitative des matériaux géologiques du bassin versant d'EL Gouazine.

Echantillon	Quartz	Calcite	Gypse	Feldspath	Smectite	Kaolinite	Illite
Calcaires							
EGm1	XX	XXX	-	-	-	-	-
EGm2	XX	XXX	-	-	X	X	-
EGm7	XX	XXX	-	-	X	X	-
EGm3	X	XXX	-	-	-	-	-
EGm6	X	XXX	-	-	-	-	-
EGm11	X	XXX	-	-	X	X	-
E13	X	XXX	-	-	X	-	-
E16	XX	XXX	-	-	X	X	-
Marnes							
EGm4	XXX	XXX	-	-	XXX	XX	-
EGm5	XXX	XXX	X	-	XXX	XX	-
E8	XXX	XX	-	-	XXX	XXX	-
E9	XXX	XX	-	-	XXX	XX	X
E11	XXX	XX	-	-	XXX	XXX	-
E14	XX	XX	-	-	XXX	XX	X
E15	XXX	XX	-	-	-	XX	-
E17	XX	XX	-	-	XXX	XX	X
E18	XX	XX	-	-	XX	XXX	XX
Marnes gypseuses							
EGm9	XXX	XXX	XXX	-	XX	XXX	-
EGm10	XXX	XXX	XXX	-	XX	XXX	?
E7	XXX	XXX	XX	-	-	XX	X
E10	XXX	XX	XXX	-	XXX	XX	X
Argiles gypseuses							
EGm8	XXX	-	XX	X	XXX	XX	?
Gm12	XXX	-	XXX	-	XX	XXX	?
E1	XXX	-	XXX	-	XXX	XXX	X
E2	XXX	-	XXX	-	XXX	XXX	XX
E3	XXX	X	XXX	-	XXX	XXX	X
E4	XXX	-	XXX	-	XXX	XXX	XX
E5	XXX	X	X	-	XXX	XXX	X
E6	XXX	-	XX	-	-	XXX	X
Grès							
EGm13	XXX	-	-	-	-	-	-
E12	XXX	-	-	-	-	XX	X

L'examen global des diffractogrammes aux rayons X a permis de dégager la composition minéralogique des différentes formations superficielles du bassin versant d'El Gouazine. On a constaté, lors de l'examen détaillé de la composition minéralogique, que les formations marneuses, marno-gypseuses et argilo-gypseuses contiennent toutes des smectites (argile gonflante) avec des pics d'intensité relative le plus souvent supérieure à 60%. Complétant les analyses au diffractomètre, les essais au bleu de méthylène montrent que les argiles gypseuses sont deux à trois fois plus argileuses que les deux autres formations. On peut ainsi confirmer que les argiles smectitiques, par leur susceptibilité au gonflement et au retrait, sont à l'origine de la rupture d'une partie des banquettes sur le bassin versant d'El Gouazine. Leur importance dans la composition des argiles gypseuses, plus forte que pour les autres formations, confère aux argiles gypseuses une forte inaptitude à l'aménagement en banquettes, inaptitude renforcée par la présence de gypse qui, par dissolution, provoque la

création de chenaux à l'intérieur des banquettes par le phénomène de « piping ».

La banquette ne freine donc pas l'érosion là où elle est introduite. L'analyse de l'état de dégradation montre que l'érosion est partout présente sous toutes ses formes, même dans les aménagements encore fonctionnels. Les causes de l'échec sont multiples : effort expérimental insuffisant, utilisation en dehors des limites de validité, coût exorbitant ; d'où l'inadaptation de l'ouvrage dans les conditions locales. Les gradins et terrasses progressives, plus proches de la stratégie traditionnelle des paysans, semblent mieux convenir. Cette expérience montre les limites d'utilisation des stratégies d'équipement quand elles ne prennent pas en considération les intérêts des paysans. La planification doit englober aussi bien l'amont que l'aval. La carte d'occupation des terres doit faire ressortir les zones qu'il convient de traiter.

Tous ces points restent à développer dans le cadre d'une politique globale d'aménagement du milieu rural. Cependant, les études sur la stratégie de CES en Tunisie montrent qu'il est possible d'intensifier l'agriculture sans dégrader l'environnement, en développant une approche participative reposant sur une lutte biologique.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ACHOURI M., 1988. La phase de programmation dans les projets d'exécution de CES : Séminaire sur l'élaboration des projets d'exécution avec une meilleure participation des agriculteurs, SILIANA. DG/CES. Ministère de l'agriculture, Tunis.
- AL ALI Y., NASRI S., ZANTE P., TOUMA J. ET ALBERGEL J., 2006. Fonctionnement hydro-sédimentaire d'un aménagement de banquettes anti-érosives en courbes de niveau en zone semi-aride (El Gouazine, Tunisie Centrale). 14^{ième} Conférence de l'ISCO. Gestion de l'Eau et Conservation du sol en Milieux Semi-arides. 14-19 Mai, 2006, Marrakech, Maroc. 4 p.
- BAHRI C., MIZOURI M., AOUINA M., KHALDI R., LAARBI M. M., 1995. Guide de conservation des eaux et du sol. Ministère de l'agriculture, Direction de C.E.S. Projet PNUD / FAO. Tun /86 /20; 274 p.
- BACCARI, N., NASRI, S., BOUSSEMA, M. R., ET LAMACHERE, J-M. 2007. Contour ridge efficiency on land erosion, water-filling and silting up of a hill reservoir in a semi-arid region in Tunisia. Proceedings of the international Conference " Water Saving in Mediterranean Agriculture and Future Research Needs" (WASAMED Project) 14-17 February 2007-Valenzano, (Italy). Edited by CIHEAM- Bari. Vol. III, 351p. Session n° 5, p. 141-149.
- BACCARI, N., BOUSSEMA, M.R. ET SNANE, M.H. 2005. Nécessité de développement d'une méthodologie d'inventaire basée sur les photographies aériennes numérisées, la réalité du terrain et SIG ; cas des aménagements de conservation des eaux et du sol en Tunisie. ». *Télé-détection*, 5., 1-2-3 : 3-18.
- BACCARI, N., NASRI, S., BOUSSEMA, M. R. 2006. Efficacité des banquettes sur l'érosion des terres, le remplissage et l'envasement d'un lac collinaire en semi-aride Tunisien. Actes de colloque du 14^{ième} Conférence de l'International Soil Conservation Organisation (ISCO), en cours d'édition. Gestion de l'Eau et Conservation du sol en Milieux Semi-arides. 14-19 Mai, Marrakech, Maroc.11p.
- BAHRI, C., MIZOURI, M., AOUINA, M., KHALDI, R., LAARBI, M. M. 1995. Guide de conservation des eaux et du sol. Ministère de l'agriculture, Direction de Conservation des eaux et du sol (C.E.S). Projet PNUD / FAO. Tun /86 /20; 274 p.
- BOUSSEMA M. R., MARZOUK A., CALOZ R., CHEVALIER J-J., 1995. Action de recherche concertée : Télé-détection des ressources en eau. Présentation des résultats intermédiaires et perspectives. La réalité de terrain en télé-détection ; pratique et méthodes. Ed. AUPERLF-UREF. 1998 : 297-308.
- BREULEUX F., 1976. - inventaire des travaux de conservation des eaux et du sol en tunisie ; sida/tun :5-13
- COLLINET, J., ZANTE P. 2005. Analyse du ravinement de bassins versants à retenues collinaires sur sols à fortes dynamiques structurales (Tunisie). *Géomorphologie : relief, processus, environnement*, 1 : 60-74.
- CORMARY Y. 1972. - prédétermination des crues dans le cadre des mesures de conservation des eaux et du sol en tunisie. Thèse doct-ing. Montpellier. 681 p., annexes.

- CTFT 1979. Conservation des sols au sud du sahara. Centre de Technique Forestier Tropical (CTFT). Deuxième édition. Ministère de la coopération république française, Paris. 295 p., + annexes.
- DIRECTION GENERALE D'ACTA. 2003. Stratégie nationale de conservation des eaux et du sol (2002-2011). Ministère de l'Agriculture de Tunis, Tunisie. 21p et annexes 3p.
- HEUSCH B., 1970. L'érosion du pré-rif ; *Annales rech. for.*, Rabat, 12 : 9-176.
- HEUSCH, B. 1986. Cinquante ans de banquettes de D.R.S.-C.E.S. en Afrique du Nord : un bilan. *Cahiers ORSTOM*, série pédologie, XXII, 2 : 153-165.
- JAUZEIN, A. 1959. Notice explicative de la carte de MAKTAR, feuille n° 53, carte géologique de la Tunisie à l'échelle 1/200000. Office National des Mines (ONM), imprimerie de STAG, Tunis, Tunisie. 14 p.
- OTC, 1982. Carte topographique au 1/50 000, Djebel Serdj. Office de la Topographie et de la cartographie (OTC), cité Olympique-El Menzeh, Tunis