

CARTE DE L'EROSION

DES BASSINS VERSANTS DES OUEDS ZEROUD ET MERGUELLIL

Par J.Y.LOYER , Pédologue ORSTOM

et

A. SCUISSI , Pédologue Principal D.S.

- JUIN 1974 -

- Notice explicative -

J.Y.LOYER

AVANT PROPOS

Les responsables tunisiens se sont penchés sur le problème de l'atterrissement dans la retenue du futur barrage qui doit être construit sur l'Oued Zérouk à la station de Sidi Saad, drainant un bassin versant de plus de 8500 Km².

Le but de cette étude est de déterminer dans ce grand bassin versant l'origine des transports solides, et de localiser les zones les plus sensibles à l'érosion. Le document cartographique a donc été conçu avec le seul objectif d'orienter les praticiens vers les zones prioritaires du point de vue traitement antiérosif. Il s'agit d'un document très général à l'échelle du 1/200 000° qui doit permettre une première approche du problème mais qui sera inutilisable au niveau de l'exécution. Une étude à moyenne échelle sur les zones retenues est nécessaire au niveau de l'avant projet afin de dégager pour le planificateur des unités homogènes du point de vue traitement ; une étude de détail enfin est indispensable avant l'exécution des traitements.

1. - METHODOLOGIE

=====

Le problème n'est pas simple et plusieurs démarches ont dû être tentées pour le résoudre :

Les données hydrologiques quantitatives régulières concernant les débits solides des crues, très peu nombreuses à l'exutoire général (Sidi Saad) et surtout inexistantes au niveau des s/bassins, ont seulement permis une estimation du phénomène global lors des crues de 1969 ; aucune comparaison chiffrée n'ayant pu être faite concernant l'apport relatif de chaque sous/bassin.

Une seconde approche a été faite en considérant les divers facteurs qui conditionnent l'érosion, en essayant de préciser leur contribution au phénomène. Le milieu naturel du bassin de l'Oued Zéroud est bien connu et il a suffi aux spécialistes des diverses disciplines d'établir des documents généraux concernant la lithologie,
les pentes,
le couvert végétal,
les précipitations,
les sols,
le ruissellement.

Mais la tentative de synthèse effectuée par superposition des différentes cartes et attribution d'un coefficient d'érosion à chaque facteur, était d'interprétation délicate car il s'agissait presque toujours d'un classement très subjectif au niveau de chacune des disciplines, l'érosion n'ayant jamais été cartographiée en elle-même. En outre tous les facteurs de l'érosion n'étaient pas considérés, en particulier le facteur anthropique (densité humaine, charge du cheptel) dont la contribution au phénomène est pourtant très importante.

Cette démarche trop analytique ne devait pas aboutir, l'érosion étant le résultat de l'interaction d'un ensemble de facteurs liés entre eux et qui ne doivent pas être considérés comme des variables indépendantes.

Devant l'insuffisance des données hydrologiques quantitatives et les difficultés d'interprétation du phénomène d'érosion à partir de données séparées, il nous a semblé préférable de faire la démarche inverse en utilisant une image satellite, qui fournissait un remarquable document de synthèse à partir duquel il était possible dans un second temps d'analyser la prépondérance de tel ou tel facteur sur le phénomène. La photographie utilisée est en noir et blanc, au 1/1 000 000, prise le 7 Février 1973, programme NASA ERTS E-1 canal MSS 5 (0,6 - 0,7 μ) ; son excellente qualité a permis d'en tirer un agrandissement au 1/200 000^e couvrant les 8 500 Km² du bassin. Ce document visualisait de nombreux phénomènes de surface en particulier le réseau hydrographique, la lithologie, la végétation forestière, les apports sableux, les zones inondées, les périmètres irrigués, l'épaisseur des sols ; il avait surtout l'avantage de traduire le degré de dégradation de la couverture pédologique et dans une certaine mesure le type d'érosion, en intégrant l'ensemble des facteurs responsables tant du milieu physique que du milieu humain.

La première étape du travail a consisté en une interprétation physiographique de la photo en délimitant simplement par différence d'aspect et de ton, des zones homogènes ; zones d'ablation ravinées ou décapées plus ou moins profondément, et zones d'accumulation des matériaux (sables ou eaux). Cette cartographie des paysages très générale était le reflet de l'interaction de plusieurs facteurs du milieu naturel, sur le phénomène d'érosion. Cinq unités ont été différenciées traduisant d'une part le degré de gravité atteint par l'érosion, d'autre part les accumulations :

- zones d'ablation forte
- " " moyenne
- " " faible
- zones d'accumulation stables
- " " reprises par l'érosion hydrique.

La seconde étape a consisté en un contrôle de la photo-interprétation par l'analyse de chacune des unités à la lumière des nombreuses données existantes en particulier les cartes pédologiques et les cartes du couvert

végétal ; bien que ne cartographiant pas l'érosion en elle-même, ces cartes en font néanmoins toujours mention soit explicitement mais à un niveau assez bas, soit implicitement par l'état de conservation de la végétation naturelle ou la nature des sols.

• Cette étape a nécessité en outre la participation de spécialistes connaissant bien le Centre Tunisien en particulier Messieurs EOCHE-DUWAY, Hydrologue, CLAUDE, Hydrologue, HAMZA et SOUISSI, Pédologues, DIMANCHE, Forestier.

2. - ANALYSE DU PHENOMENE D'EROSION

2.1. - Définition

Le terme d'érosion désigne dans le cas présent l'ensemble des processus d'ablation puis de transport de particules risquant d'aboutir dans la retenue du futur barrage. Ces processus sont ici uniquement causés par l'agent hydraulique hormis quelques petites zones d'épandage alluvial subissant un remaniement éolien. La pluie et le ruissellement sont donc les seuls agents de l'érosion dont les effets sont conditionnés par différents facteurs tels que la pente, le couvert végétal, le sol, la lithologie, l'homme.

2.2. - Les Pluies

Le B.V. de l'Oued Zéroud soumis au climat méditerranéen semi-aride, tendant vers l'aridité dans sa partie Sud, est caractérisé par des précipitations moyennes annuelles de l'ordre de 300 à 400 mm, atteignant 600 mm sur les sommets, dont la répartition est très aléatoire et qui sont surtout sujettes à d'importantes fluctuations interannuelles. Les mois d'automne à l'époque des labours, sont marqués par des orages qui peuvent être d'une violence extrême et dépasser de loin la moyenne annuelle (678 mm en moyenne pour Septembre et Octobre 1969 - J. CRUETTE).

2.3. - Les Débits Liquides

Les données chiffrées concernant le ruissellement du B.V. sont rares ; "le total des apports d'eau ruisselée peut survenir en quelques jours d'une année et dépasser lui-même les apports cumulés de plusieurs années".(J. CLAUDE). A titre d'exemple, les volumes écoulés en trois mois lors des crues de 1969 ont été estimés à 2 500 millions de mètres cubes alors que la médiane des volumes écoulés annuellement se situe aux alentours de 75 M m³. Le coefficient de ruissellement avancé pour ces crues exceptionnelles est de l'ordre de 40 % sur l'ensemble du bassin. Ce chiffre qui a priori peut paraître relativement peu

élevé s'explique assez bien par la morphologie de la région dont les bassins versants peuvent être décomposés de la façon suivante :

Un haut bassin montagneux, le plus souvent à végétation forestière dégradée sur le versant S.W., mieux conservé sur le versant N.W., couvert de sols peu épais sur calcaire ou sur marne. Le rôle modérateur de la végétation et des sols lors des fortes averses est faible. Le ruissellement très important est soumis à l'influence directe de la pente, les deux facteurs précédents intervenant pour étaler les pointes pluviométriques.

Un bassin intermédiaire constitué par la zone des glacis à croûte calcaire villafranchienne reposant sur des matériaux géologiques plus anciens (miopliocène) souvent détritiques (sables, conglomérats). Dans beaucoup de cas le glacis a été décroché du djebel à une époque où l'érosion des versants était beaucoup plus intense et a été profondément entaillé en langues longitudinales atteignant le matériau détritique. Il se crée à partir des témoins du glacis un bassin secondaire, sur pente faible où le ruissellement est néanmoins important, les couvertures végétales et pédologiques étant faibles sur une croûte imperméable. Le rôle joué par les entailles qui reçoivent à la fois les eaux du haut bassin et du glacis est alors très important : sur pente très faible et matériaux perméables, profonds, elles absorbent une partie des eaux ruisselées.

Un bassin aval, constitué par les zones d'épandage à faible pente, sols profonds et cultivés ; sa réaction est fonction de l'importance des débits liquides qui y parviennent : Les plus faibles crues ne l'atteignent même pas, les plus fortes l'entaillent profondément de ravines aiguës et régressives.

2.4. - Les Transports solides

Pour les périodes de crues qui sont en fait les seules à considérer dans le cas présent, les données sont rares. Les estimations faites en 1969 à Sidi Saad sont de 20 à 80 g/l de turbidité, ce qui donnerait un volume total de

275.10⁶ m³ pour les transports solides. Ces chiffres sont globaux et mesurés à l'exutoire du bassin, il est plus intéressant ici de tenter de préciser l'origine des pertes en terre afin d'orienter les praticiens sur les zones les plus sensibles. Les réponses reposent uniquement sur des observations de terrain, les données chiffrées concernant des bassins similaires étant rares.

Le haut bassin soumis à une érosion aréolaire amène peu de terre mais seulement l'énergie cinétique susceptible d'attaquer les parties plus basses. La litière de surface, les cailloux et blocs rocheux, le CO₂ Ca dissous, sont des éléments susceptibles d'être transportés outre des particules plus fines.

Le bassin intermédiaire constitué d'une part d'interfluves encroûtés à sols battants est soumis à une érosion en nappe et en rigoles (rills) pouvant aller jusqu'à un décapage total des matériaux au-dessus de la croûte. La perte en terre peut être estimée du même ordre de grandeur que celle des versants, mais surtout composée d'éléments fins, l'énergie cinétique du ruissellement étant plus faible du fait de la pente moindre.

d'autre part de cones d'épandage hérités du bassin amont, parfois très épais et généralement peu entaillés sinon au raccordement avec le versant.

La partie aval des bassins est certainement celle qui apporte les plus fortes turbidités. Lors des crues, les incisions régressives, verticales et profondes, dans les matériaux meubles ainsi que les sapements des berges et remaniements du fond du lit mettent en mouvement d'énormes quantités d'éléments fins, transportés plus ou moins loin selon l'importance de la crue. Il faut mettre l'accent sur la stabilité relative que peuvent présenter ces zones d'accumulation qui pendant plusieurs années n'évoluent pas, mais qui en fait sont très fragiles et gravement reprises par les fortes crues. Nous avons tenté dans la carte ci-jointe de mettre l'accent sur ces zones d'érosion accélérée qui sont de beaucoup les plus dangereuses pour le futur barrage ; elles ne seront contrôlées que par un aménagement complet du s/bassin, le phénomène étant conditionné par le fort ruissellement des versants.

3. - INTERPRETATION DE LA CARTE DE L'EROSION DU B.V.

DE L'OUED ZEROUD

Un découpage a été effectué par s/bassin naturel limité à une station hydrologique existante ou projetée. L'Oued Merguellil a été considéré ici bien qu'il n'influence pas le futur barrage.

A l'analyse des considérations précédentes, il nous semble que les zones les plus susceptibles d'influencer l'envasement de la retenue sont celles qui présentent immédiatement juxtaposés :

Un haut bassin montagneux, à pente forte, sur roche calcaire, sous végétation naturelle dégradée, à couverture pédologique peu épaisse et discontinue, où l'énergie potentielle de la lame ruisselée est forte.

et immédiatement en continuité un bassin aval sur matériaux meubles et profonds, cultivé, où cette énergie se traduit en un ravinement intense. Le bassin intermédiaire jouant le rôle de frein est très réduit.

La branche Nord de l'Oued Zéroud (O. Hathob, O. Sbiba) apparaît à cet égard beaucoup plus exposée à l'érosion que la branche Sud (O. Hatab, O. Fekka) : les reliefs des hauts bassins constitués par les massifs de la Dorsale Tunisienne sont beaucoup plus importants sur la branche Nord ; sur la branche Sud par contre, les bassins intermédiaires très étendus favorisent le ralentissement des eaux, et certains bassins avals sont en outre constitués de zones dépressionnaires qui permettent la décantation des sédiments et le laminage des crues (dépression de Sidi Rou Zid).

Du point de vue des sols et de leur occupation, les hauts bassins de la branche Sud sont très peu couverts, les bassins intermédiaires moins cultivés, la période de jachère étant plus longue et la nappe d'alfa assure une protection beaucoup plus efficace des sols. Le gradient latitudinal de pluviosité est également sensible entre les deux branches.

Nous avons planimétré et consigné dans un tableau les pourcentages relatifs des différentes unités de la carte par sous-bassin (Cf. Tableau p. 10). Il faudra tenir compte dans l'optique de la protection de la retenue :

- de la présence de la dépression de Sidi Bou Zid qui concentre les eaux de l'Oued Fekka et joue le rôle d'amortisseur de crues.

- de la présence immédiatement à l'amont du site du barrage du haut bassin de l'Oued Hajel situé sur des matériaux tendres fortement érodés et qui influence directement la retenue, sans bassin intermédiaire; il devra être aménagé en priorité :

Les s/bassins les plus sensibles ne pourront être traités en totalité du fait de leur superficie; il sera nécessaire d'opérer un nouveau découpage par bassins plus réduits.

BASSIN VERSANT DE L'OUED ZEROUD

Nomenclature des sous-bassins et proportions relatives des différentes unités cartographiées

SOUS-BASSINS DE L'OUED ZEROUD	Superficie Intermédiaire en Km ² à la station hydrologique	Superficie totale à l'exutoire en Km ²	ZONES D'EROSION %			ZONES D'ACCUMULATION %	
			FORTE	MOYENNE	FAIBLE	STABLES	REPRISES
1. OUED HATOB A AIN SABOUN	813 Km ²	813 Km ²	20,2	31,5	20,3	20,1	7,9
2. OUED SBIBA BARRAGE	424	424	5,7	34,7	29,9	14,7	15,0
3. OUED HATOB KHANGUETZEGUELLASS	790	2027	17,8	36,9	25,0	8,0	12,3
4. OUED ZARGA HAJEB EL AOUN	263	263	25,7	9,2	50,9	0	14,2
5. OUED HATOB KSAR KEBRIT	555	2945	28,8	33,5	6,1	5,8	26,0
6. OUED HATAB KHANGUET SLOUGUI	260	260	6,0	55,0	18,6	20,4	0
7. OUED HATAB BARRAGE CHAMBI	1017	1277	7,8	22,3	35,7	34,2	0
8. OUED DERB BARRAGE	288	288	6,2	17,5	76,3	0	0
9. OUED HATAB PONT GP I3	277	1832	8,7	51,7	21,6	0	18
10. OUED HATAB KHANGUET ZAZIA	350	2190	27,3	50,4	21,5	0	0
11. OUED SBEITLA PONT GP I3	708	708	25,1	17,0	15,5	7,5	34,9
12. OUED EL HACHIM BARRAGE	357	357	8,4	35,2	56,4	0	0
13. OUED ZERG EDDIBA	622	622	15,5	32,4	22,7	7,2	22,2
14. OUED NEGAGA ELED LASSOUED	1403	5280	27,8	14,0	10,9	21,2	26,1
15. OUED HAJEL PONT VOIE FERREE	272	5552	84,4	9,0	0	0	6,6
16. OUED ZEROUD A SIDI SAAD	70	8577	89,3	0	0	0	10,7

CONCLUSION

Cette étude souligne si besoin est l'intérêt des images ERTS dans l'établissement de documents intégrés sur l'ensemble d'un bassin versant à des échelles de l'ordre du 1/200 000. Il faut néanmoins considérer celui-ci comme une première étape du travail ayant pour seul objectif d'orienter les praticiens vers les zones les plus susceptibles d'apporter des atterrissements dans la retenue du futur barrage de Sidi Saad. Il est impératif de la considérer comme telle c'est-à-dire sans aucune prétention d'étude exhaustive de l'érosion et encore moins d'indication de traitements antiérosifs. Elle devra obligatoirement être suivie d'études plus analytiques à des échelles adaptées :

- 1/50 000° au niveau de l'avant projet sur les zones sensibles retenues à la suite de cette étude, afin d'identifier des zones homogènes pour la planification.
- 1/25 000° au moins, au niveau de l'exécution des traitements, afin de les adapter au milieu physique et humain.

Si manifestement il est impossible d'empêcher totalement l'érosion et le transport solide, il est certain que des traitements mécaniques judicieux associés à des aménagements biologiques intégrés devraient ramener le phénomène à des valeurs plus normales que celles soupçonnées actuellement. Il est probable enfin, que les études expérimentales entreprises sur bassin versant apporteront des renseignements de premier ordre sur la quantification du phénomène aux différents niveaux des bassins.

JUILLET 1974

DOCUMENTS CONSULTES

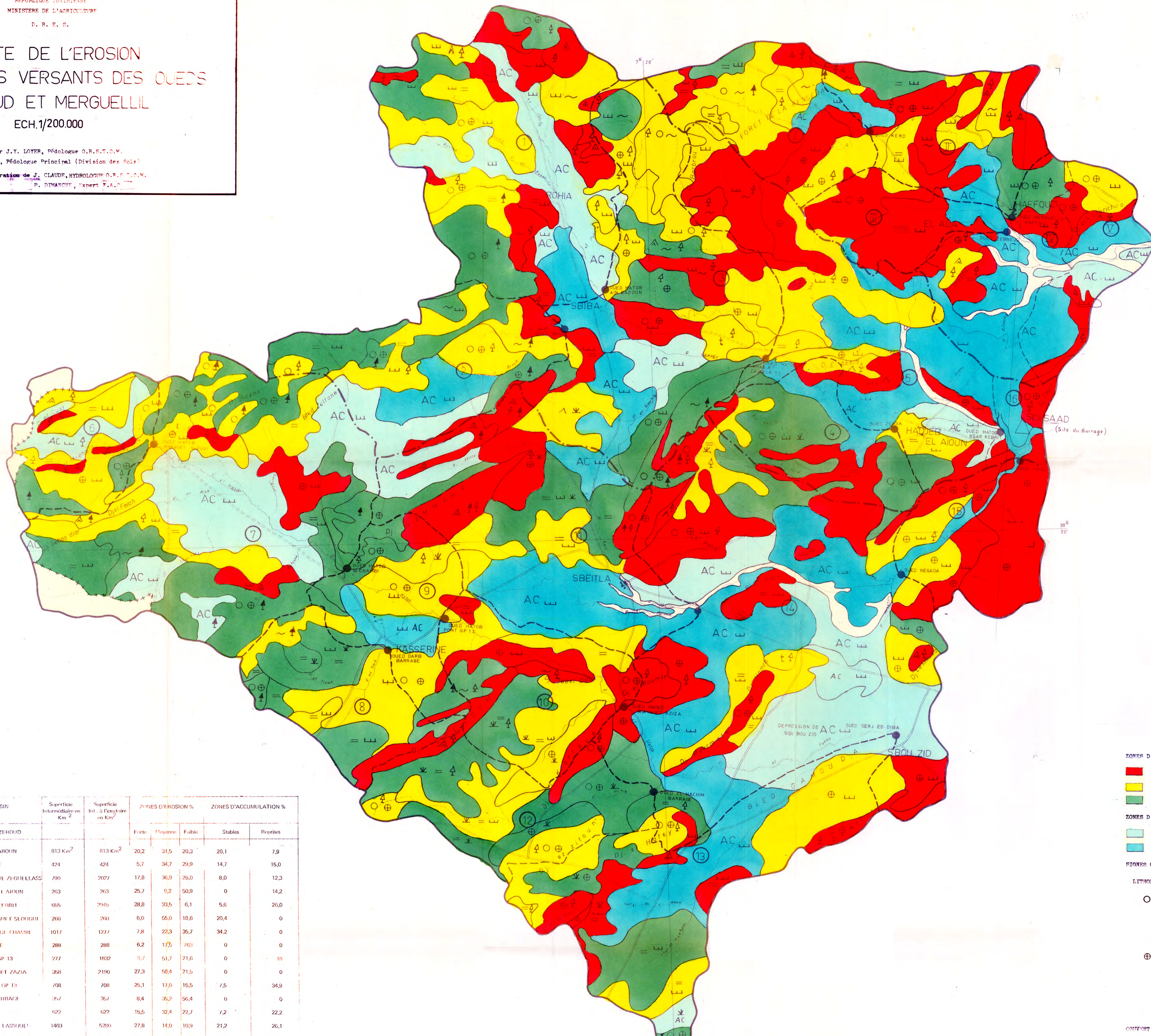
=====

- 1 - BELAID (R) (1967 - Carte de l'érosion de la Tunisie - 1/1 000 000
Sols de Tunisie - D.S. Tunis - N° 2(1970).
- 2 - BELKHODJA (K) (1965) - Etude pédologique de Sidi Bou Zid - 2ème tranche
D.S. - Tunis N° 345
- 3 - BELKHODJA (K) & MODHI - (1967) - Etude pédologique de la région d'El Ala -
Trozza - Aïn Beïja. - 1/50 000° D.S. - Tunis - N° 448
- 4 - BELKHODJA (K) - Cartes d'érosion de la région de Kairouan - 1/50 000°
(inédit).
- 5 - BERNARD (J) - GADDAS (R) - LE FLOCH (J) - LE GALL (A) - (1966)
Etude pédologique de la zone focale de Thala Foussana
Sbiba - 1/100 000 - D.S. - Tunis - N° 322.
- 6 - Carte pédologique de la Tunisie au 1/500 000° (en cours d'édition - D.R.S.
Tunis)
- 7 - CHAUVEL (A) -(1963)- Etude pédologique du périmètre de l'office de
Sidi Bou Zid - 1/100 000° - D.S. - Tunis N° 281.
- 8 - COLOMBANI (J) & FALLEL (R) - (1974) - Commentaires sur le projet canadien
relatif à l'aménagement des Bassins du Zéroud et du
Merguellil - D.R.E. - TUNIS.
- 9 - CRUETTE (J) - RODIER (J.A.) - DUREE (G) - GUALDE (R) -
L'Oued Zéroud - Mesure de débits pendant les crues
exceptionnelles de l'automne 1969 - O.R.S.T.O.M. - PARIS/
D.R.E.S. - TUNIS.
- 10 - F.A.O. - (1964) - Etude pédologique de la zone focale N° II. Sbeitla -
Djilma - Hadjeb El Aïoun - 1/100 000° - D.S. - Tunis N° 296

- 11 - FROMENT (D) - Steppisation du couvert végétal en Tunisie Centrale Occidentale - Semaine d'étude des problèmes Méditerranéens - GEMBLoux 1971.
 - 12 - FURON (R) (1947) - L'Erosion du Sol - Payot - Paris.
 - 13 - HAMZA (M) (1973) - Rapport de Mission à Tarbes sur la télédétection des Ressources terrestres - D.R.E.S. - Tunis.
 - 14 - HEUSCH (B) - L'Erosion et ses problèmes - Semaine d'étude des problèmes méditerranéens - GEMBLoux - 1971.
 - 15 - LE FLOCH (J) (1964) - Etude pédologique de la zone focale de Kasserine Fériana - 1/100 000° - D.S. - Tunis - N° 323.
 - 16 - MATHEWS (H.L.) - Application of Multispectral Remote Sensing to soil survey Research in Southeastern Pennsylvania - Soil. Sc. Soc. Amer. Proc. Vol. 37.
 - 17 - POUQUET (J) (1971) - Les Sciences de la terre à l'heure des Satellites PUF - PARIS.
 - 18 - SOUISSI (A) (1973) - La télédétection des ressources terrestres - Rapport de Mission aux U.S.A. - E.S. 90 - D.R.E.S. TUNIS.
-

CARTE DE L'EROSION DES BASSINS VERSANTS DES OUEDS ZEROUH ET MERGUELLIL ECH. 1/200.000

Élaborée par J.Y. LOYER, Pédologue O.R.S.T.O.M.
 et A. SOUMSI, Pédologue Principal (Division des Soies)
 avec la collaboration de J. CLAUDE, Hydrologue O.R.S.T.O.M.
 et P. DIMANCHE, Expert F.A.O.



LEGENDE

ZONES D'EROSION

- Fortement érodées
- Moyennement érodées
- Faiblement érodées

ZONES D'ACCUMULATION

- Stables
- Reprises par l'érosion hydraulique

SYMBOLES COMPLEMENTAIRES

LITHOLOGIE

- Matériaux cohérents
- △ Calcaire
- ▲ Grès
- = Croûte calcaire
- ⊕ Matériaux meubles
- ~ Marnes
- AC Alluvions colluvions
- T Trias synséd.
- ⊞ Matériaux détritiques

COUVERT VÉGÉTAL

- ↑ Forêt à recouvrement dense
- ↑ Forêt à recouvrement faible
- ↑ Steppe à romarin
- ↑ Steppe d'alfa de Djebels
- ↑ Steppe d'alfa de plaine
- ⊞ Parcours de steppe autres que alfa cultures

N° du bassin et limite de Subassin	NOM DU SOUS-BASSIN	Superficie Intermédiaire en Km ²	Superficie Totale en Km ²	ZONES D'EROSION %			ZONES D'ACCUMULATION %	
				Forte	Moyenne	Faible	Stables	Reprises
SOUS-BASSINS DE ZEROUH								
1	OUED HATOR A AIN SAROUN	813 Km ²	813 Km ²	20,2	31,5	20,3	20,1	7,9
2	OUED SIBBA BARRAGE	424	424	5,7	34,7	29,9	14,7	15,0
3	OUED HATOR KHANGHE ZI-GUELLASS	780	2027	17,8	36,9	25,0	8,0	12,3
4	OUED ZARGA HAJER EL AOUN	263	263	25,7	9,2	50,9	0	14,2
5	OUED HATOR KSAR FERREH	666	2946	28,8	33,5	6,1	5,6	26,0
6	OUED HATOR KHANGHE SLOUGH	260	260	6,0	56,0	18,6	20,4	0
7	OUED HATOR BARRAGE CHAHEH	1017	1277	7,8	22,3	35,7	34,2	0
8	OUED DARB BARRAGE	288	288	6,2	17,5	76,3	0	0
9	OUED HATOR PONT GP 13	277	1832	3,7	51,7	21,6	0	18
10	OUED HATOR KHANGHE ZAZIA	358	2190	27,3	50,4	21,5	0	0
11	OUED SBEITLA PONT GP 13	708	708	25,1	17,0	15,5	7,5	34,9
12	OUED EL HACHEM BARRAGE	367	367	8,4	39,2	56,4	0	0
13	OUED ZERG FERREH	622	622	15,5	32,4	22,7	7,2	22,2
14	OUED NEGADA BLED LASSOUJET	1403	5289	27,8	14,0	10,9	21,2	26,1
15	OUED HAJER PONT VOIE FERREE	272	5662	84,4	9,0	0	0	6,6
16	OUED ZEROUH A SIDI SAAD	70	8577	89,3	0	0	0	10,7
SOUS-BASSIN DE MERGUELLIL								
I	OUED FERD A B5	326	326	30,7	57,9	6,1	0	5,3
II	OUED MERGUELLIL A HAFFOUZ 113	360	676	40,0	23,9	18,5	0	17,6
III	OUED ZEBBUS	172	847	77,3	10,0	0	0	12,7
IV	OUED MERGUELLIL 112	278	1126	29,7	7,1	11,4	2,5	49,3
V	OUED MERGUELLIL CASSIS B1	214	1339	25,3	18,7	0	14,0	42,0