

## Cartographie de danger et de risque de contamination des eaux de surface du bassin versant du Barrage de l'Oued Martil

### [ Mapping the danger and risk of surface water contamination in the river Martil Watershed ]

Layla Herhar<sup>1</sup>, Jamal Stitou El Messari<sup>1</sup>, and Mohamed Draoui<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Geology,  
University Abdelmalek Essaadi, Faculty of Sciences,  
Tétouan, Morocco

<sup>2</sup>Department de Sciences de la Matière et de la Vie,  
ENES, University Abdelmalek Essaadi, Faculty of Sciences,  
Tétouan, Morocco

---

Copyright © 2019 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the *Creative Commons Attribution License*, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**ABSTRACT:** Objectives of this article is to put at the disposal of the administrators a risk map for the contamination of surface waters in the watershed of the Oued Martil dam, allowing them to reduce the possible damages susceptible to affect them as a result of a poor management due to the lack of information. Such a map is the result of the superposition of vulnerability maps in the contamination of superficial waters and that of the danger map.

The contamination danger map of the watershed of the Oued Martil dam lets appear the "Low" class correlative to the activities of the agriculture, Douars, careers, oil-works and the road, represents a percentage of 50,27%. Almost the same percentage is attributed to the very low "class"; this one coincides with the main valley and the unwooded grounds (naked lands). These two classes are ill-assorted throughout the study area.

The considered contamination vulnerability map in this study is that elaborated following the application of DKPR method, considering the natural characteristics of the environment having an effect on the contamination of surface waters.

About the contamination risk map of the studied dam shows the predominance of the low degree classes which extend more than 98 % of the surface of the concerned watershed. They reflect the low effect of the anthropological activities distributed on the surface of our watershed on the waters contamination.

**KEYWORDS:** watershed Martil's river dam, Danger map, Vulnerability map, Risk map, GIS.

**RESUME:** L'objectif de cet article est de mettre à la disposition des gestionnaires la carte de risque à la contamination des eaux de surface du bassin versant du barrage de l'Oued Martil leur permettant de réduire les dégâts possibles susceptible de les atteindre suite à une mal gérance due au manque d'information. Une telle carte est le résultat de la superposition des cartes de vulnérabilité à la contamination des eaux superficielles et celle de la carte de danger.

La carte de danger de contamination du bassin versant du barrage de l'Oued Martil laisse apparaître la classe « Faible » correlative aux activités de l'agriculture, les douars, les carrières, les huileries et la route, représente un pourcentage de 50,27%. Presque le même pourcentage est attribué à la classe « Très faible » ; celle-ci coïncide avec les principaux oueds et les terrains non boisés (terrains nus). Ces deux classes sont disparates dans la totalité de la zone d'étude.

La carte de vulnérabilité à la contamination prise en considération dans cette étude est celle élaborée suite à l'application de la méthode DKPR, prenant en considération les caractéristiques naturelles du milieu ayant un effet sur la contamination des eaux de surface.

Quant à la carte de risque de contamination du barrage étudié montre la prédominance des classes de faible degré qui s'étend sur plus de 98% de la surface du bassin versant concerné. Elles reflètent le faible effet des activités anthropiques réparties sur la surface de notre bassin versant sur la contamination des eaux.

**MOTS-CLEFS:** Bassin versant du barrage de l'Oued Martil, Carte de Danger, Carte de Vulnérabilité, Carte de Risque, SIG.

## 1 INTRODUCTION

Une nouvelle approche de protection des ressources en eau s'est développée depuis les dernières décennies du siècle précédent. Elle vise à protéger et sauvegarder la qualité des ressources en eau dans leur gisement avant qu'elles ne soient contaminées. Elle se base sur l'élaboration d'un document cartographique que le gestionnaire de territoire pourra utiliser lors de l'implantation d'installations, qui à des titres variés, peuvent être des sources de pollution.

L'inventaire et la localisation des sources de contamination du bassin versant étudié ont permis d'élaborer la carte de danger en appliquant la méthode proposée par De Keteleare. La superposition de cette dernière avec la carte de vulnérabilité à la contamination des eaux de surface a conduit à l'estimation de leur risque de contamination. Notant que chacun de ces documents acquière une signification spécifique dans le domaine de la gestion des territoires.

Le bassin versant de l'Oued Martil se localise entre les coordonnées Lambert :  $X_{\max} = 510026,386035$  et  $X_{\min} = 484200,139029$ ,  $Y_{\max} = 544222,33586$  et  $Y_{\min} = 516578,078511$ ; elle se situe dans la chaîne montagneuse du Rif au Nord-Ouest du Maroc. Il a une superficie de 380 Km<sup>2</sup>, un périmètre de 107 Km, une longueur de l'ordre de 45 Km et une largeur de l'ordre de 8,5 Km [1], [2].



**Fig. 1. Situation géographique du barrage de l'Oued Martil**

Le barrage se situe vers l'aval du bassin versant du barrage de l'Oued Martil [3] qui est en phase finale de construction, ce dernier régularisera un volume annuel de **70 millions de m<sup>3</sup>**, il disposera d'une capacité de stockage de **120 millions de m<sup>3</sup>** et d'un apport annuel de **175 millions de m<sup>3</sup>/an**, la superficie de retenue est d'ordre de **3,8 km<sup>2</sup>** [1].

La zone d'étude se caractérise par un climat méditerranéen, avec deux saisons bien distinctes, une saison estivale, chaude et sèche entre le mois de Mai et le mois d'Octobre (la moyenne annuelle de la température est de l'ordre de **18,8°C**) et une deuxième saison pluvieuse et fraîche qui s'étale du mois de Novembre jusqu'au mois d'Avril (la moyenne annuelle de la pluie est de l'ordre de **722 mm**) [2],[4].

De point de vue lithologique le bassin versant de l'Oued Martil est constitué des formations très variées, allant du calcaire à l'Est, aux flysch au centre et à l'Ouest ; une bonne partie du bassin versant, localisée au Sud - Ouest est recouverte par les colluvions [2], [4].

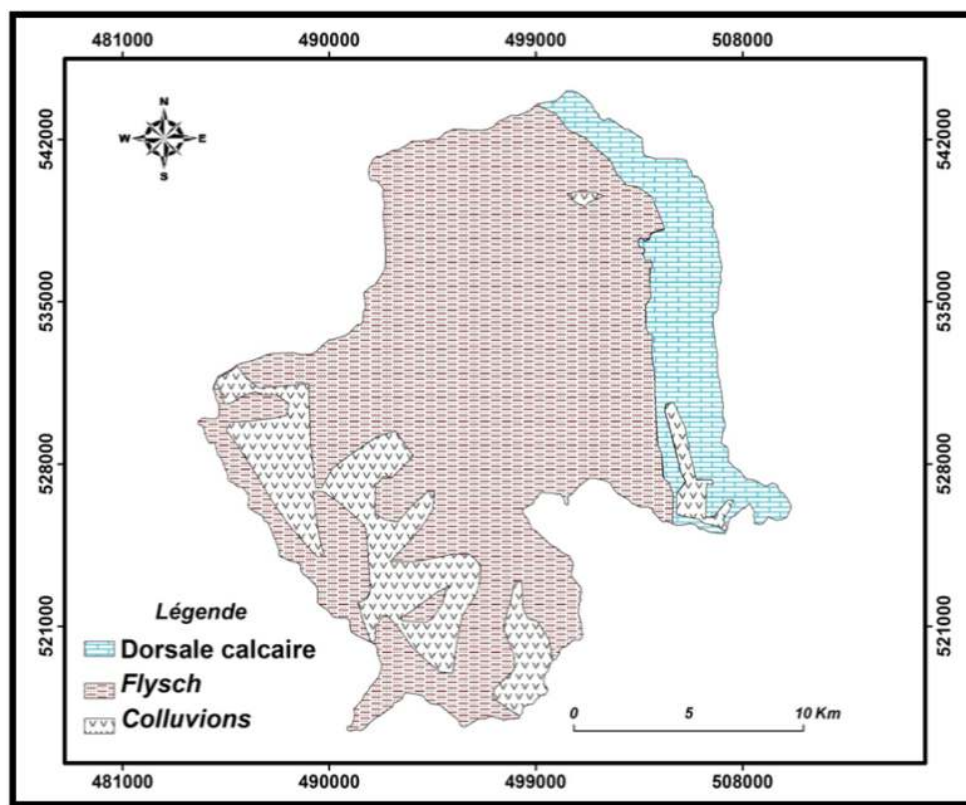


Fig. 2. Carte lithologique du bassin versant de l'Oued Martil [2]

## 2 METHODES

### 2.1 MÉTHODE DE CARTOGRAPHIE DE DANGER

La méthode utilisée dans cette étude pour cartographier le danger est celle de l'indice de danger (Hazard Index) HI proposée par **De Ketelaere et al. (2004)**, [5]. Elle permet de différencier la majorité des activités potentielles de contamination des eaux de surface, ainsi que de distinguer entre celles de même type selon la quantité de la matière contaminante pouvant être produite et la probabilité de production d'un événement de contamination. Ces éléments ont servi de base pour les trois facteurs utilisés par cette méthode pour évaluer le degré de contamination, à savoir **la nocivité de l'activité contaminante (H)**, **l'intensité de la contamination (Qn)** et **la probabilité d'occurrence (Rf)**.

En effet le **facteur H** peut être appliqué aussi bien pour un type de polluant que pour une activité humaine potentiellement contaminante. Un tel facteur est fonction de la charge toxique, de la solubilité et la mobilité du contaminant, autrement dit de sa toxicité et de sa durée. Ainsi, il a été différencié dans le cadre de l'Action COST 620, d'après Vias 2000 [6], 96 dangers potentiels répartis comme suit : 42 activités liées à des infrastructures de développement urbain, 41 activités industrielles et 13 activités agricoles. La nocivité de chacune de ces activités est indiquée par une valeur numérique exprimée sous forme de valeur ordinaire variant entre 10 (nocivité minimale) et 100 (maximum nocivité) (Tableau 5).

Concernant l'**Intensité de contamination** elle est en rapport avec la quantité de produits polluants pouvant être émis en cas d'accident. L'évaluation de ce facteur tient compte la quantité susceptible d'être émis avec la taille de la source de contamination [1], tout en variant dans un intervalle de plus ou moins 20%.

La valeur de Qn varie entre 0.8 et 1.2. A l'activité contaminante qu'utilise une grande quantité de matière polluante s'associe une augmentation de danger de contamination en se multipliant par 1.2, alors qu'en cas contraire le danger se réduit relativement en se multipliant par 0.8. Ainsi, ce facteur permet de différencier le degré de danger principalement entre les activités polluantes de même typologie.

Pour la **probabilité d'occurrence** c'est la probabilité de production d'un événement de contamination [1]. Celle-ci peut être estimée tenant en compte l'état de conservation ou du maintien de la source productrice de la contamination. De même, on peut se servir du degré de la sécurité des installations ou de l'activité en question. La probabilité d'occurrence, représentée par le facteur Rf, est évaluée par une valeur entre 0 et 1. Dans le cas d'activités très sécurisées la probabilité de production de la catastrophe est nulle et Rf est proche de 0. Dans le cas de la production certaine de l'événement de contamination, ce facteur prend la valeur de 1.

De tels paramètres permettent de quantifier le danger relatif à chaque source de contamination par le biais d'un indice de danger (Hazard Index : HI) qui est le produit des valeurs accordées à chacun d'eux :

$$HI = H. Qn. Rf \text{ [II.1]}$$

L'indice de danger peut varier entre une valeur minimale de 0 et maximale de 120. Ces valeurs, groupées en intervalles réguliers de 24 unités de parcours chacun, déterminent cinq classes qualitatives de danger (Tableau 1).

**Tableau 1. Classes de degré de danger [1]**

| Intervalle de HI | Classe de danger |
|------------------|------------------|
| [0 - 24]         | Très faible      |
| [24 - 48]        | faible           |
| [48 - 72]        | Modérée          |
| [72 - 96]        | Elevée           |
| [96 - 120]       | Très élevée      |

## 2.2 CARTOGRAPHIE DE RISQUE DE CONTAMINATION DES EAUX DE SURFACE

La procédure utilisée consiste à calculer l'indice de risque de contamination prenant en considération les indices de vulnérabilité et du danger selon l'expression [II.2], (Draoui et all.2006, [7]). Celle-ci utilisée, dérive de celle proposée par « Vias, 2005 [8] », pour cartographier le risque de contamination des eaux souterraines des aquifères du sud d'Espagne.

$$R = P' \times V' \times E_F \text{ [II.2]}$$

Dans cet expression, l'indice de risque (R) est un simple produit de l'indice de danger de contamination normalisé entre 0 et 100 (P'), avec l'indice de vulnérabilité intrinsèque normalisé entre 0 et 1 et multiplié par le facteur d'exposition E<sub>F</sub> : il s'agit d'un facteur en relation avec la quantité des ressources hydriques exposée à un événement de contamination, et qui détermine avec la vulnérabilité intrinsèque normalisée (V'), tableau 2, « in Draoui, 2007 [9] ».

**Tableau 2. Ponctuations et classes de l'expression de l'aquifère selon les intervalles de volume de ressource (d'après Vias, 2005)**

| Volume des ressources (hm <sup>3</sup> /an) | Ponctuation (E <sub>F</sub> ) | Classe de l'exposition |
|---|-------------------------------|------------------------|
| (0-15]                                      | 0,5                           | Faible                 |
| (0,15-30]                                   | 0,75                          | Modérée                |
| >30   | 1                             | Elevée                 |

La méthode de normalisation appliquée est celle proposée par « Voogod, 1983 [10] », expression [II.3] et [II.4], qui maintient l'ordre relatif des valeurs et la proportionnalité de ces dernières:

$$\text{Variable normalisée} = \frac{Xi}{xi \text{ maximum}} \text{ «Pour l'indice de vulnérabilité V'» [II.3]}$$

$$\text{Variable normalisée} = \frac{Xi \times 100}{xi \text{ maximum}} \text{ «Pour l'indice de danger P'» [II.4]}$$

Les valeurs de l'indice de risque (R) varient entre 0 et 100. Elles seront classées en cinq intervalles irréguliers utilisant le principe de la méthode de classification utilisée par [11] et [12], selon lequel les limites des intervalles correspondent au produit des limites des intervalles de chacun des deux composant ( $P'$  et  $V'_F$ ) (Tableau 3).

**Tableau 3. Indices et classes de risque de contamination du bassin versant**

| Indice de vulnérabilité $V'$ | Indice de danger $P'$ | Indice de risque | Classe de risque |
|------------------------------|-----------------------|------------------|------------------|
| [0 – 0.2]                    | [0 - 20]              | [0 - 4]          | Très faible      |
| [0.2 – 0.4]                  | [20 - 40]             | [4 - 16]         | Faible           |
| [0.4 – 0.6]                  | [40 - 60]             | [16 - 36]        | Modérée          |
| [0.6 – 0.8]                  | [60 - 80]             | [36 - 64]        | Elevée           |
| [0.8 – 1]                    | [80 - 100]            | [64 - 100]       | Très élevée      |

### 3 RESULTATS

#### 3.1 CARTOGRAPHIE DE DANGER

En effet, l'évaluation et la cartographie de danger commencent par la réalisation d'un inventaire des sources potentielles de contamination des eaux de surface.

Notre zone d'étude connaît diverses activités anthropiques susceptibles d'influencer la qualité environnementale de la région.

Une dizaine d'activités ont été détectée et répartie en trois groupes (tableau 4) : agricoles, industrielles et urbaines, les rejets en relation avec une telle activité sont produits sur presque la totalité de la surface du bassin versant (voir figure 3), [4].

L'activité agricole recouvre la grande partie de notre bassin, suivie par les infrastructures urbaines et les activités industrielles. Ces dernières se concentrent au centre, à l'Est et le Sud-Est et vers l'Ouest.

**Tableau 4. Types de dangers potentiels de contamination des eaux de surface du bassin versant de l'Oued Martil**

| Activité              | Type d'activité                     |
|-----------------------|-------------------------------------|
| Activité urbaine      | Maisons isolées sans réseau d'égout |
|                       | Route                               |
| Activité industrielle | Carrières                           |
|                       | Huileries                           |
|                       | Fours à chaux                       |
| Activité agricole     | Agriculture et forêts               |
| Autres                | Terrain nus (non boisés)            |
|                       | Cours d'eau                         |

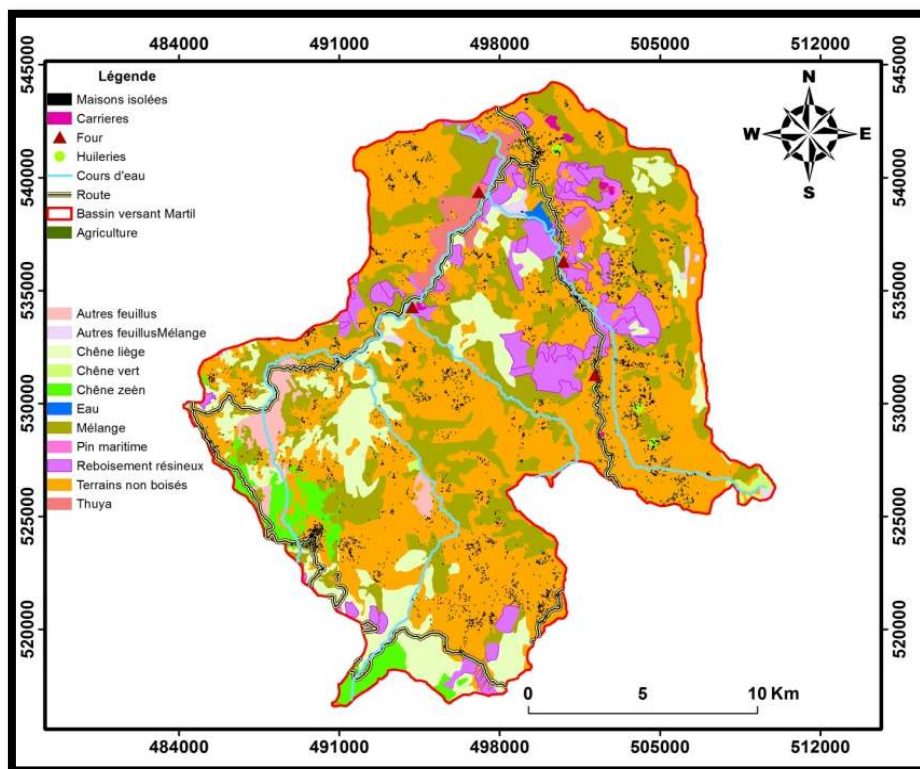


Fig. 3. Répartition spatiale des différentes activités anthropiques sur le bassin versant de l'Oued Martil [4]

La majeure partie du bassin, correspondante à environ 99,2 % de sa surface totale, est occupée par des activités de nocivité 25. L'activité agricole est la plus importante (52.6%) dans cette catégorie de source de contamination. Les terrains nus et les cours d'eau (46.6%), ne sont surmontés par aucune activité anthropique, et ils enregistrent la plus faible nocivité (H=10).

En effet, la route (H=40) recouvre 0,4%, dans la même catégorie on a les maisons isolées sans réseau d'égouts avec une nocivité égale à 45 et d'un pourcentage d'ordre de 0,25% de la superficie totale, le reste des activités industrielles caractérisés par une nocivité entre 45 pour les carrières et 25 pour les huileries, et leur pourcentage est successivement 0,15% et 0,002%. Les fours à chaux représentent le danger du plus grand impact qui a été évalué avec une nocivité égale à 70 avec un très faible pourcentage de surface 0,0001%.

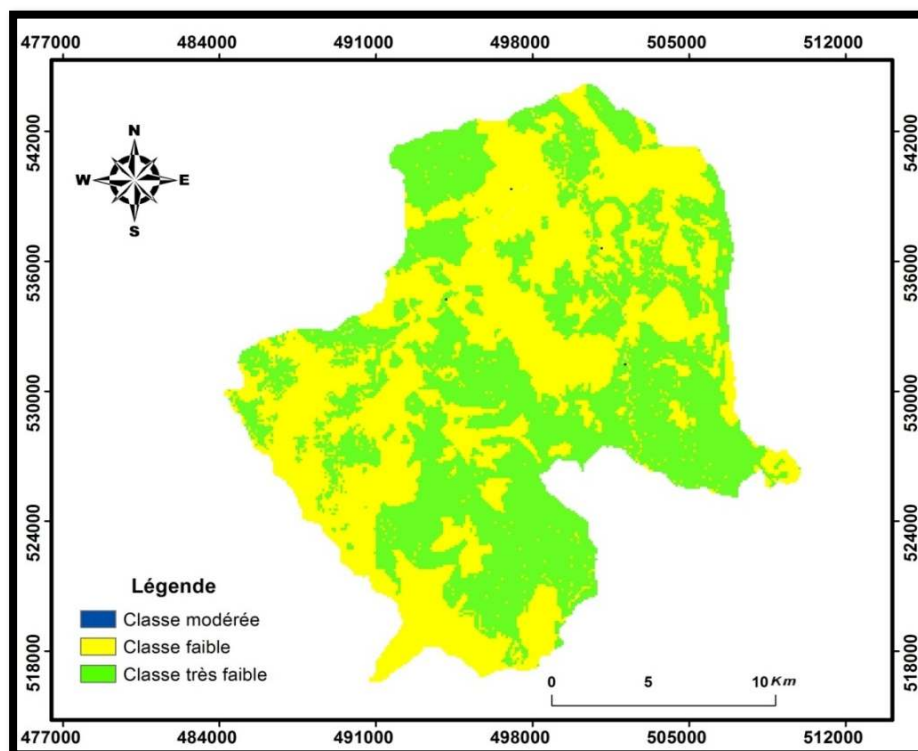
Pour les activités de contamination telle que : les routes, les terrains nus ont une valeur de  $Q_n = 0.8$  (tableau 5), vu qu'elles ne produisent faiblement ou nullement les substances polluantes. Pour le reste des activités urbaines et l'ensemble des activités industrielles, l'intensité de contamination a été évalué égale à 1 en relation avec la quantité et la qualité des rejets associés. Quant à l'activité la plus représentée, c'est-à-dire l'agriculture et la forêt, elle a été évaluée par une valeur d'intensité de 1, du fait que le type de la culture ainsi que les traditions agricoles suivies dans cette région ne nécessitent pas l'emploi de grande quantité d'engrais et de pesticides.

Tableau 5. Facteurs H et  $Q_n$  attribués aux sources de contamination détectées dans le bassin versant de l'Oued Martil

|                       | Type d'activité                     | La surface en pourcentage | Facteur H | Facteur $Q_n$ |
|-----------------------|-------------------------------------|---------------------------|-----------|---------------|
| Activité agricole     | Agriculture et forêts               | 52.6%                     | 25        | 1             |
| Autres                | Terrain nus (non boisés)            | 46.6%                     | 10        | 0.8           |
|                       | Cours d'eau                         |                           | 10        | 0.8           |
| Activité urbaine      | Maisons isolées sans réseau d'égout | 0.65%                     | 45        | 1             |
|                       | Route                               |                           | 40        | 0,8           |
| Activité industrielle | Fours à chaux                       | 0.15%                     | 70        | 1             |
|                       | Huileries                           |                           | 45        | 1             |
|                       | Carrières                           |                           | 25        | 1             |

Devant le manque d'informations précises concernant les mesures de protection adoptées par les différentes activités, nous avons attribué au facteur de probabilité de contamination ( $R_f = 1$ ) pour ne pas influencer l'impact de la nocivité et l'intensité de contamination dans l'évaluation de l'indice de danger  $H_i$ .

Le calcul de l'indice de danger  $H_i$  selon l'équation de De Keteleare et al. (2004) pour les activités du bassin versant de l'Oued de Martil a abouti à la carte de danger de la figure 4. Celle-ci montre clairement deux classes de danger Il s'agit des classes « Faible » et « Très faible » qui sont réparties d'une manière équitable et sont disparates sur la totalité de la zone d'étude. Et attribuent au barrage de l'Oued Martil un faible degré de danger en général, alors que la classe « Modérée » elle est presque négligeable vu qu'elle s'associe aux fours à chaux (0,007 % de sa superficie totale), qui s'étendent sur une surface d'environ 2 hectares, à la moyenne de 0,5 hectares par four à chaux.



**Fig. 4. Carte de danger de contamination des eaux superficielles du bassin versant de l'Oued Martil [4]**

La classe « Faible » coïncide avec les activités dont le degré de nocivité est supérieur à 40 à savoir l'agriculture, les douars, les carrières, les huileries et la route (soit nationale ou provinciale).

En outre, la classe « Très faible » caractérise les activités les moins nocives ( $H=10$ ), cas des cours d'eau et des terrains non boisés (terrain nus).

De ce fait, nous déduisons que les eaux du barrage de l'Oued Martil sont soumises, en générale, à un faible degré de danger de contamination.

### 3.2 CARTOGRAPHIE DE RISQUE

La carte de vulnérabilité à la contamination prise en considération dans cette étude est celle élaborée suite à l'application de la méthode DKPR [3], [4], (Figure 5), prenant en considération les caractéristiques naturelles du milieu ayant un effet sur la contamination des eaux de surface.

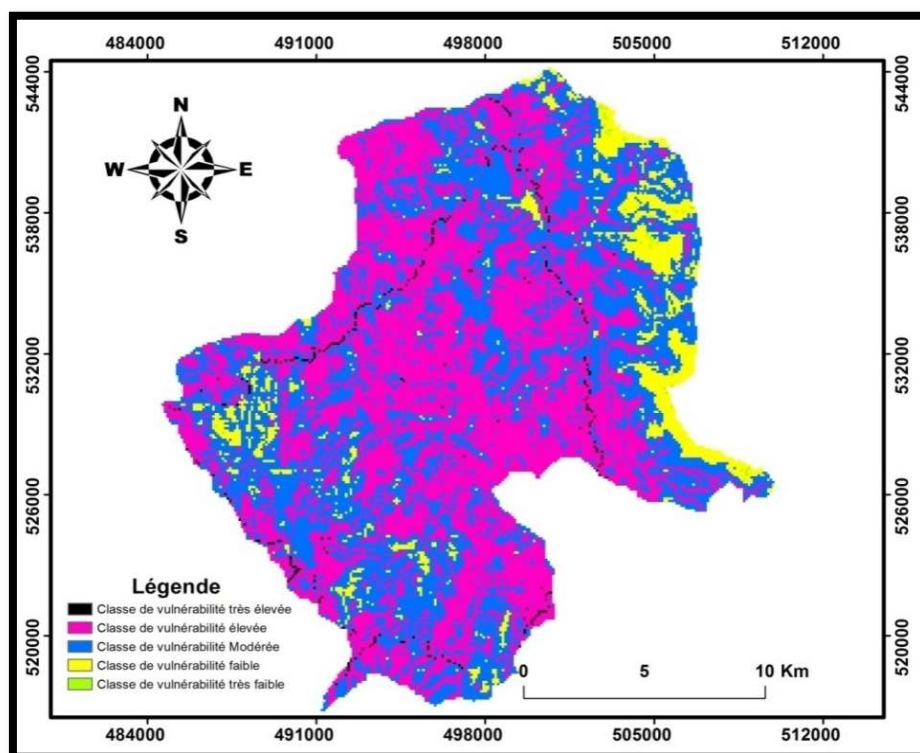


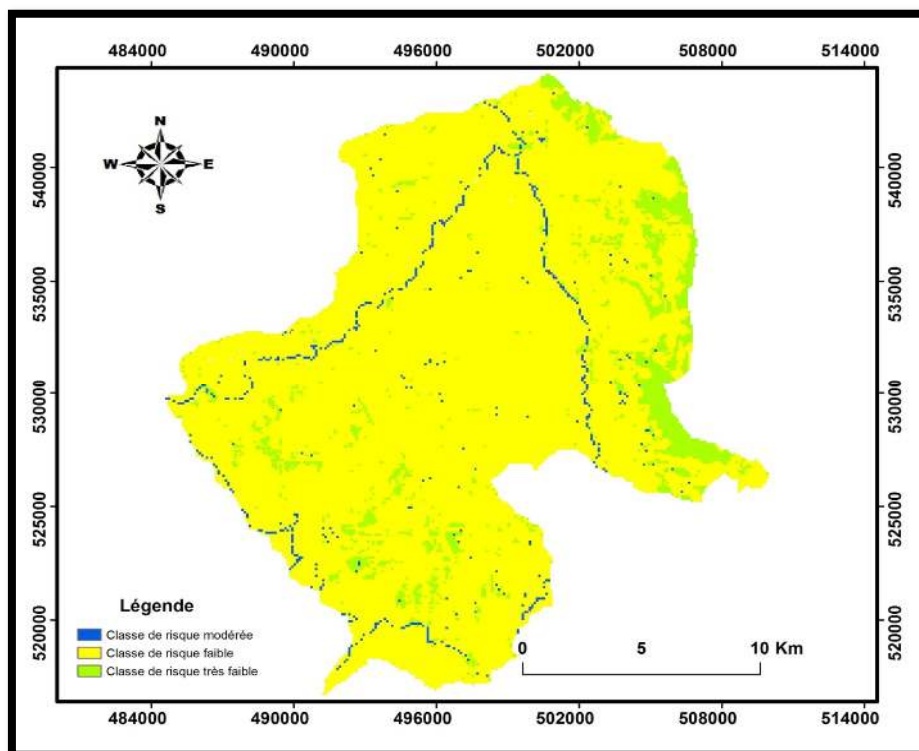
Fig. 5. Carte de vulnérabilité à la contamination des eaux de surface du bassin versant du barrage de l'Oued Martil selon la méthode DKPR [3]

Celle montre la dominance des classes élevée et modérée (50% et 42% respectivement) tout en étant disparate sur le bassin versant en question, le reste de la zone d'étude (8%) présente la faible classe de vulnérabilité principalement vers le Nord-Est.

Pour le calcul de l'indice de risque R, on commence par normaliser les indices de danger et de vulnérabilité, étant donné que la valeur des apports annuels dans le bassin versant étudié est de l'ordre de 70 millions m<sup>3</sup>/an, [13]. Nous avons quantifié le facteur d'exposition  $E_F (V'_F)$  à la valeur maximale  $E_F = 1$ .

La répartition des valeurs de l'indice de risque calculées pour notre zone d'étude selon les intervalles proposés par la méthode décrite dans la partie méthodologie, a permis de mettre en évidence un faible degré de risque. La répartition spatiale des différentes classes de risque est représentée dans la figure (6).





**Fig. 6. Carte de risque de contamination des eaux superficielle du bassin versant de l'Oued Martil**

Ainsi, nous déduisons la dominance de la classe de faible risque de contamination qui se répartie sur environ 90% du bassin versant. Le reste de la zone d'étude coïncide surtout avec la classe très faible (8,30% de sa superficie) tout en étant bien concentrée vers l'extrême Est et le Nord, et moins concentrée vers le Sud-Ouest. Quant à la classe modérée, elle est très minoritaire dans cette carte sachant qu'elle n'occupe qu'environ 1,50% de la surface totale avec une répartition linéaire et ponctuelle.

#### 4 DISCUSSION

La classe faible de risque de contamination se superpose à des variables classes de vulnérabilité (élevée, modérée et faible) coïncidant principalement avec la classe faible de danger attribuée aux diverses activités telles que : l'agriculture et forêts (H=25), certains douars (H=45), les huileries (H=45) et les carrières (H =25). Concernant les cours d'eau et environ 40% de la surface totale des terrains non boisés, cette classe de risque résulte de la combinaison de la classe très faible de danger (H=10) avec les classes élevée et modérée de vulnérabilité à la contamination.

La classe très faible de risque de contamination ne se développe que lorsque la classe de très faible danger, correspondant aux terrains non boisés (H=10), se superpose avec celle de faible vulnérabilité.

Les zones marquées par la classe modérée de risque de contamination montrent la superposition à la classe faible de danger, spécifique des routes (H=40) et de certains douars (H=45) avec la classe de vulnérabilité très élevée. Et par contre pour les fours à chaux localisés vers l'Est, l'Ouest et le centre de notre bassin versant se caractérisent par une classe de vulnérabilité élevée à modérée et la classe modérée de danger (H =70).

#### 5 CONCLUSION

La carte de danger de contamination du bassin versant du barrage de l'Oued Martil laisse apparaître la classe « Faible » qui représente un pourcentage de 50,27%. Presque le même pourcentage est attribué à la classe « Très faible ». Ces deux classes sont disparates dans la totalité de la zone d'étude. Pour la carte de vulnérabilité à la contamination prise en considération dans cette étude est celle élaborée suite à l'application de la méthode DKPR, Celle-ci montre la dominance des classes élevée et modérée (50% et 42% respectivement) tout en étant disparate sur le bassin versant en question, le reste de la zone d'étude (8%) présente la faible classe de vulnérabilité principalement vers le Nord-Est du bassin versant. La superposition des deux

cartes (danger et vulnérabilité) utilisant le SIG a abouti à une carte de risque de contamination avec la prédominance des classes de faible degré qui s'étendent sur plus de 98% de la surface du bassin versant concerné. Elle reflète le faible effet des activités anthropiques réparties à la surface de notre bassin versant sur la qualité des eaux de surface et garantie par la suite celles des eaux du barrage à l'aval.

## REFERENCES

- [1] Herhar L. et Afilal F., (2011): Etude de protection du barrage de l'Oued Martil contre la pollution. Projet de fin d'étude du Master spécialisé Ingénierie et Gestion de l'Eau et de l'Assainissement. Université Abdelmalek Essaadi, Faculté des Sciences de Tétouan.
- [2] Herhar L. , Draoui M. and Stitou El Messari J., (2014) : Application of the ESU method for mapping vulnerability to contamination of water Martil's river dam (Morocco North). International Journal of Innovation and Applied Studies, ISSN 2028-9324 Vol. 8 No. 3 Sep. 2014, pp. 1400-1409.
- [3] Herhar L. , Draoui M. and Stitou El Messari J., (2018) : "The mapping of the vulnerability in the contamination of surface water of the watershed Martil's river dam," International Journal of Innovation and Applied Studies, vol. 23, no. 4, pp. 598–605, July 2018.
- [4] Herhar L., (2015): Cartographie de la Vulnérabilité à la Contamination des Eaux du Barrage de l'Oued Martil et Contribution à l'Etablissement de la Carte de Risque. Thèse en Science. Université Abdelmalek Essadi. Faculté des Sciences de Tétouan.
- [5] De Ketelaere D., Hötzl, H., Neukum, C., Civitta, M. y Sappa, G. (2004): Hazard analysis and mapping. En F. Zwahlen (ed), Vulnerability and risk mapping for the protection of carbonate (karst) aquifers. Informe final de la Acción COST 620, EUR 20912, European Commission, Directorate General for Research, Luxembourg, pp 86-105.
- [6] Vías, J.M. (2000): Evaluación y cartografía de vulnerabilidad a la contaminación del acuífero carbonatado de Torremolinos (Málaga). Memoria de licenciatura, Universidad de Málaga, 160 p.
- [7] Draoui M., Vias J.M., Andreo B. et Targuisti K. (2006) : L'eau souterraine dans les pays méditerranéens. IGME, n° 17, p. 241-259.
- [8] Vias J.M. (2005): Desarrollo metodológico para la estimación y cartografía del riesgo de contaminación de las aguas subterráneas mediante SIG. Aplicación en acuífero del sur de España. Tesis Doctoral. Universidad de Málaga. 418 pp.
- [9] Mohamed Droui. (2007): Cartographie de vulnérabilité à la contamination de l'aquifère côtier de Martil-Alila (Province de Tétouan, Maroc) et contribution à l'élaboration de carte de risqué. Thèse d'Etat Es-Sciences, Université Abdelmalek Essaâdi, Faculté des Sciences, Tétouan, 36 p.
- [10] Voogd H. (1983): Multicriteria evaluation for urban and regional planning. Pion, Londres.
- [11] Hötzl H., Delporte C., Liesch T., Mailk P., Neukum C. et Svasta J. (2004) : Risk mapping. En F. Zwahlen (ed) Vulnerability and Risk Mapping for the Protection of Carbonate (Karst) Aquifers. Informe final de la Acción COST 620, EUR 20912, European Commission, Directorate General for Research, Luxembourg, pp 113 120.
- [12] Andreo, B.; Goldscheider N.; Vadillo, I.; Vías, J.M.; Neukum, C.; Brechenmacher, J.; Carrasco, F.; Hötzl, H.; Jiménez, P.; Perles, M.J. y Sinreich, M. (2004): Applications: Sierra de Líbar, Southern Spain. En F. Zwahlen(ed), Vulnerability and Risk Mapping for the Protection of Carbonate (Karst) Aquifers. Informe final de la Acción COST 620, EUR 20912, European Commission, Directorate General for Research, Luxembourg, pp 183-200.
- [13] Rapport ABHL, (2010) : Etude d'impact sur l'environnement d'un projet d'exploitation d'alluvions fluviales, construction du barrage oued Martil", Geosurvey, Geoma.