

Typologie des eaux de surface du bassin du Sebou par multi-approche : corrélation entre indice biologique global des réseaux de contrôle et de surveillance (IBG-RCS) et l'approche physicochimique et microbiologique

N. LAMHASNI^{1*}, L. CHILLASSE¹, H. ABBA¹, S. EL HAOUAT² et M. EL MADANI³

¹*Laboratoire de l'équipe d'écologie et biodiversité des zones humides. Dépt. Biologie, Université Moulay Ismail, Faculté des Sciences Meknès, B.P 11201 Zitoune, Meknès, Maroc*

²*Service de protection de la qualité de l'eau, Agence du Bassin Hydraulique du sebou (ABHS), Fès, Maroc*

³*WWFmedpo, Maroc*

* Correspondance, courriel : nihad.lamhasni@gmail.com

Résumé

L'étude consiste en l'utilisation de la démarche biologique, particulièrement les indices IBGN et IBG-RCS, pour montrer l'évolution de la qualité biologique des eaux de surface du bassin du Sebou dans la période 2009-2011. La caractérisation physicochimique/microbiologique de la qualité des eaux de surface et la caractérisation biologique moyennant l'indice biocénétique IBG-RCS de l'an 2011 ont fait l'objet d'un traitement statistique. Les résultats obtenus montrent une certaine amélioration dans la qualité des eaux de surface du bassin d'étude. L'analyse statistique a montré la formation de deux groupes corrélés négativement, le premier composé de l'oxygène dissous et l'indice IBG-RCS alors que le deuxième est formé des paramètres révélateurs de pollution organique (DBO5, DCO, NH⁴⁺, Phosphate Total PT et coliformes fécaux : CF).

Mots-clés : *Bassin Hydraulique du Sebou, indice IBG-RCS, qualité - biologique, macro-invertébrés, qualité physicochimique.*

Abstract

Sebou's water surface multi-approaches typology: correlation between the global biological index of control and surveillance networks (IBG-RCS) and the physicochemical/microbiological approach

The study consists of using the biological approach, especially the IBGN and the IBG-RCS indexes, to show the evolution of the biological surface waters quality of the Sebou basin in the period of 2009-2011. The physicochemical/microbiological surface waters quality characterization and the biological characterization (IBG-RCS index) of the year 2011 were the subject of a statistical processing. The results showed some improvement in surface waters quality. The statistical analysis showed the formation of two negatively correlated groups, the first consisting of dissolved oxygen and the IBG-RCS index while the second consists of the parameters indicative of pollution (BOD5, COD, NH⁴⁺, PT and CF).

Keywords : *hydraulic basin of Sebou, IBG-RCS index, biological quality, macroinvertebrates, physicochemical quality.*

1. Introduction

La surveillance de l'état des cours d'eau est une nécessité croissante. A côté des analyses physicochimiques habituelles dont le caractère ponctuel est bien connu, des méthodes plus « intégratrices » se sont développées en utilisant les compartiments biologiques, dont les plus connues et les plus utilisées mettent en jeu des invertébrés benthiques [1-2]. L'appréciation générale du degré d'altération des écosystèmes aquatiques enregistre le recours international aux approches biologiques en utilisant les macro-invertébrés [1,3-4]. Au Maroc, le premier indice biologique utilisé en 2003 pour l'évaluation de la qualité de l'eau est l'indice des diatomées [5], six ans après et en 2009, on assiste à l'utilisation des indices relatifs aux macros invertébrés benthiques. Cette étude a pour objectif de montrer l'évolution qualitative des eaux de surface du bassin hydraulique de Sebou par approche biologique. De même, elle permettra de mettre en évidence les liens qui existent entre les principaux paramètres utilisés dans les deux démarches physicochimique/microbiologique et biologiques. Enfin, La surveillance biologique s'avère donc l'outil principal pour évaluer la santé biologique des milieux aquatiques [6].

2. Matériel et méthodes

2-1. Situation géographique de la zone d'étude

Le bassin du Sebou qui s'étend sur une superficie de 40.000 km² est situé entre les méridiens 3° 50' et 6° 40' W et les parallèles 33° et 35° N [7]. Sur le plan administratif, le bassin comprend 15 préfectures et provinces dont 8 en totalité [8]. Ce bassin qui comprend le 1/3 des ressources en eau de surface du Maroc est drainé par l'oued Sebou qui prend naissance dans le Moyen Atlas et parcourt environ 500 km avant de rejoindre l'océan Atlantique près de Kenitra. La zone côtière du bassin s'étend sur 110 km et comprend des zones humides d'importance internationale [7]. Le bassin hydrographique du Sebou demeure une des régions les plus peuplées, (6 millions d'habitants) et les plus denses à l'échelle nationale. Il est aussi le plus riche en ressources en eau, les apports en eau du bassin s'élèvent à plus de 5 Milliards de m³/an, et constitue l'une des régions à potentiel en terres irrigables et irriguées et en industrie des plus importantes au niveau national [9]. Toutes ces activités affectent la qualité de l'eau au niveau de ce bassin et provoquent des modifications plus ou moins marquées sur les communautés vivantes.

2-2. Recueil et traitement des données

Les résultats des campagnes de prélèvements biologiques (macrofaune benthique), réalisées par l'Agence du Bassin Hydraulique du Sebou (ABHS) ont été analysées afin de présenter l'évolution de la qualité biologique des eaux de surface du bassin du Sebou durant la période 2009-2011. La campagne de prélèvements de la macrofaune benthique réalisée en 2011 a été effectuée conformément au nouveau protocole IBG-RCS, normalisé par l'AFNOR en septembre 2009 sous la référence « NORME XP T90-333 » [10]. En effet, cette méthode constitue une évolution par rapport à la méthode d'IBGN, par l'identification et l'échantillonnage qui distinguent les habitats marginaux, souvent plus biogènes, des habitats les plus représentatifs ainsi que la réalisation de 8 prélèvements (IBGN) contre 12 pour la nouvelle méthode. Cette campagne a enregistré une augmentation au niveau du nombre de stations, en passant de 40 en 2009 à 51 stations en 2011.

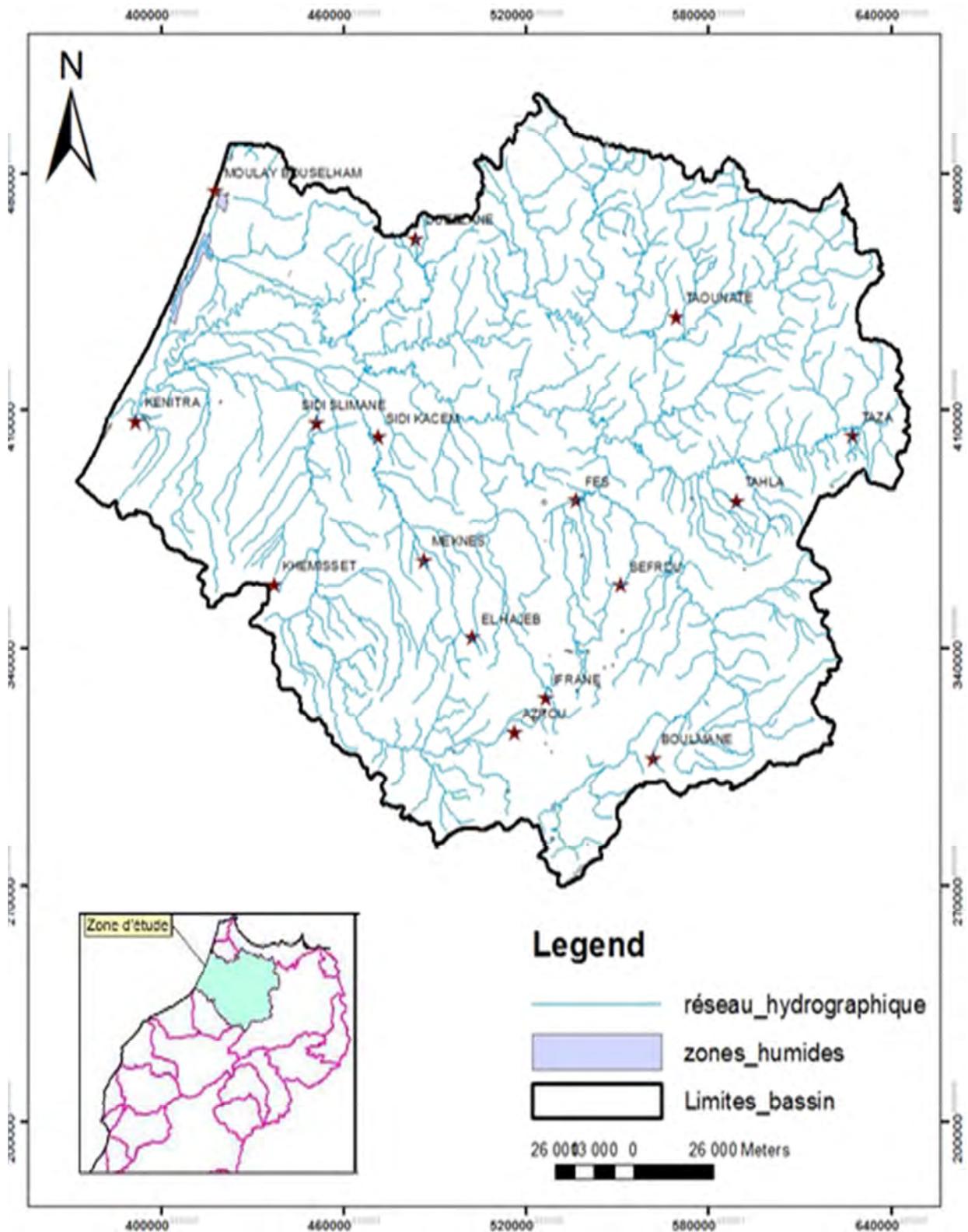


Figure 1 : Localisation de la zone d'étude

La saisie des données biologiques, physicochimiques/microbiologiques résultantes des campagnes menues sur le terrain (2009 - 2011) sur le logiciel Arc GIS 10 (Arc Map) nous a permis l'élaboration de plusieurs cartes représentatives des qualités des eaux de surface au niveau du bassin du Sebou. L'établissement de corrélation entre les résultats d'analyse des paramètres physicochimiques / microbiologiques et biologiques

(IBG-RCS) pour l'année 2011 a été fait par un test de corrélation de Pearson et une Analyse en Composantes Principales (ACP), le logiciel utilisé pour cet effet est la version 14 du logiciel XLSTAT 2012.

3. Résultats et discussion

3-1. Qualité biologique des eaux de surface du bassin de Sebou

Les résultats du suivi de la qualité biologique des eaux de surface de l'ensemble des cours d'eau du bassin de Sebou réalisé entre 2009 (deux campagnes, C1 et C2) et 2011 sont représentés dans le **Tableau 1**:

Tableau 1 : Qualité biologique du bassin de Sebou dans la période 2009-2011

Station	Oued	IBGN 2009		IBG-RCS 2011
		C1	C2	
Amont de Thar Souk	Mengo			11
Aval Had Oued Ifrane	Ifrane			16
Foumkhneg Guigou	Guigou			12
Ain Aicha	Ourgha	12	14	12
Aval rejet de Meknes	R'Dom	1	1	1
Ras El Ma	Ras el ma			16
Aval Boufekrane RP 21	Boufekrane	16	16	8
Amont Boufekrane RP 21	Boufekrane			11
Aval barrage Al Wahda Pont Khenichet	Ourgha	10	10	13
Amont Zaouia.S.Abdeslam	Tizguit	13	8	9
Amont Sidi Kacem	R'Dom			11
HadKourt	Rdat	15	15	17
Aval source Sebou	Sebou			14
AzibSoltane	Sebou	10	11	13
RP 26	Sebou	13	15	14
Azaaba	Sebou			10
Station BabChoub	Laheder			9
Bab Machoir	Fes	5	8	9
Aval Sefrou	Lihoudi	8	7	
Dar El Arsa	Sebou	9	11	10
Pont Kroumam	R'Dom	1	2	
Aval rejet Khemisset	D'Kor	1	1	1
Amont rejet Khémisset	Beht			10
Aval rejet Tifelt	Tifelt	1	1	2
Amont rejet Tiflet	Tifelt			12
Pont Portugais	Sebou	16	16	
Bab Ouender	Asfalou	12	14	12
Pont Dar Bel Amri	Beht	13	15	10
Aval rejet de Fes	Fes	1	2	2
Pont RS 302-Aval Tissa	Lebene	15	15	
Aval Tissa	Lebene			12

Amont de Tissa	Lebene			13
Aval Sidi Slimane	Beht	6	5	4
Souk Redoum	R'Dom	1	4	7
Aval confluence Sebou-Ouergha	Sebou	6	10	
Aval confluence Sebou-Beht	Sebou	8	10	10
Aval confluence Sebou-Rdat	Sebou	4	8	
Barrage de garde	Sebou	9	9	9
Amont Dar Gueddari	Beht- Boumaiz	15	15	13
Aval Dar Gueddari	Beht- Boumaiz	10	9	6
Pont Bel Ksiri	Sebou	14	12	10
Aval rejet sucririeKsiri	Sebou	8	12	
Amont Kenitra	Sebou	8	10	12
Pont Amont Taza	Inaouen			14
Amont Sidi Yahia	Tifelt	15	15	14
Aval Sidi Yahia	Tifelt	1	1	2
Pont Oued Chefaa	Chefaa			10
BabMarzouka	Inaouen	11	13	10
Ain Timedrine	Sebou	14	15	13
Pont du Mdez	M'Dez	13	14	12
Amont Barrage Al Wahda	Aoudour			9
Amont Ghafsai	Aoulai	13	16	10
Aval Ghafsai	Aoulai			3
Station El Kouchet	Inaouen	11	12	14
Amont Sidi El Mokhfi	Tigrigra	14	15	16
Pont RP1 Aval Taza	Inaouen	17	15	
OuljetSoltane	Beht	13	15	12
Station Hajria	Ourgha			18
Aval Barrage Sidi Chahed	Mikkes			10

Avec :

IBG-RCS	>= 17	16 – 13	12 – 9	8 – 5	<=4
Qualité	très bonne	bonne	moyen	médiocre	mauvaise
Couleur	bleu	vert	jaune	orange	rouge

3-2. Résultats de l'IBGN 2009

3-2-1. Première campagne C1 (réalisée dans la période entre Mai et juin)

Les stations suivantes : Aval rejets Khémisset, Aval rejets Fès, Aval Tiflet, Aval rejets Meknès, Pont Kroumane, Aval Sidi Yahya et Usine de Cellulose et Aval de la Confluence Sebou-Rdat sont caractérisées par une valeur indicielle oscillant entre 1 et 4 témoignant d'une eau de très mauvaise qualité. Il est à signaler que dans la plupart des stations, les rejets domestiques et industriels ont un rôle prépondérant dans la dégradation des rivières étudiées.

L'IBGN est de 5/20 au niveau de l'Oued Fès Bab El Mechouar, indiquant une eau de mauvaise qualité. Avec une valeur indicielle supérieure à 8/20, l'Oued Lihoudi aval Sefrou est dans la même classe. D'autres stations (comme Sebou Aval confluence oued Beht, Sebou Amont Kenitra et Aval Confluence Sebou-Ourgha...) sont situées dans la même catégorie. Mis à part Oued Inaoune aval Taza et Oued Tiflet amont Sidi Yahya qui sont crédités de la meilleure note IBGN du bassin (17/20), les autres stations (Ain Aich, Bab Marzouka, aval Dar Gueddari, Barrage de Garde, Bab Ouender, Dar El Arsa, AzibSoltane et Aval barrage Al Wahda Pont Khenichet) ont des valeurs indicielles fluctuant entre 9 et 16, ce qui les classe dans les catégories passables à bonnes.

3-2-2. Deuxième campagne C2 (réalisée en septembre/octobre)

L'analyse des résultats montre une certaine amélioration de la qualité des eaux qui s'est répercuté par des notes de l'IBGN assez élevées dans la plupart des points échantillonnés. Concernant les stations où la qualité de l'eau est d'habitude très dégradée, l'IBGN a gagné de 1 à 3 points (exemple Oued Rdom Souk El Had qui passe de 1/20 à 4/20). De même, on note une amélioration de la note IBGN sur la station de Sebou aval confluence Sebou-Rdat qui passe de 4 à 8/20 passant ainsi d'une qualité très mauvaise à une qualité mauvaise. Pour la station Tizguit Zaouiya sidi Abdeslam, on constate une dégradation de sa qualité, elle passe de 13 à 8/20, donc d'une bonne qualité à une qualité mauvaise. Le résultat obtenu à Oued Inaoune Aval Taza et à Oued Tiflet Amont Sidi Yahya témoigne d'une relative dégradation du système aquatique. Les stations perdent 2 unités d'indice et passent de la « qualité très bonne » à la « qualité bonne ».

Les sources potentielles de pollution peuvent être les pollutions diffuses liées à l'activité agricole. De manière globale, l'IBGN indique que l'eau est de qualité moyenne à mauvaise. Cependant en analysant les résultats par station, on peut observer que les notes indiquant une très mauvaise qualité sont souvent attribuées aux secteurs situés à l'aval des rejets. La **Figure 2** présente la qualité biologique du bassin du Sebou dans les deux campagnes réalisées en 2009.

3-3. Résultats de l'IBG-RCS 2011

L'analyse des notes IBG-RCS obtenues suite à la campagne réalisée en 2011, présentées dans le **Tableau 2**, montre une dégradation de la qualité des eaux en aval des rejets urbains et la qualité biologique générale du bassin de Sebou se situe dans la classe moyenne. La station de Hajria (Note= 18/20) située dans la province de Taounate est créditée de la meilleure note du bassin en 2011. Pour les stations Ain Aicha, Dar bel amri, Ouljet soltane, Bab ouender, Amont ghafsai, Bab marzouka et Pont du m'dez la qualité de l'eau passent de la catégorie bonne à la catégorie passable. La station aval Boufekrane RP21 a connu aussi une dégradation de sa qualité, elle passe de 16 à 8/20 donc d'une bonne qualité à une mauvaise qualité (passage progressif de Boufekrane d'un village à une ville dont les rejets sont rejetés directement au niveau d'Oued Boufekrane). Par contre, les stations aval barrage Al wahda pont khenichet, Azibsoltane et El kouchet passent à une bonne qualité. La figure 3, montre la répartition de la qualité biologique des eaux en 2011 au niveau du bassin de Sébou.

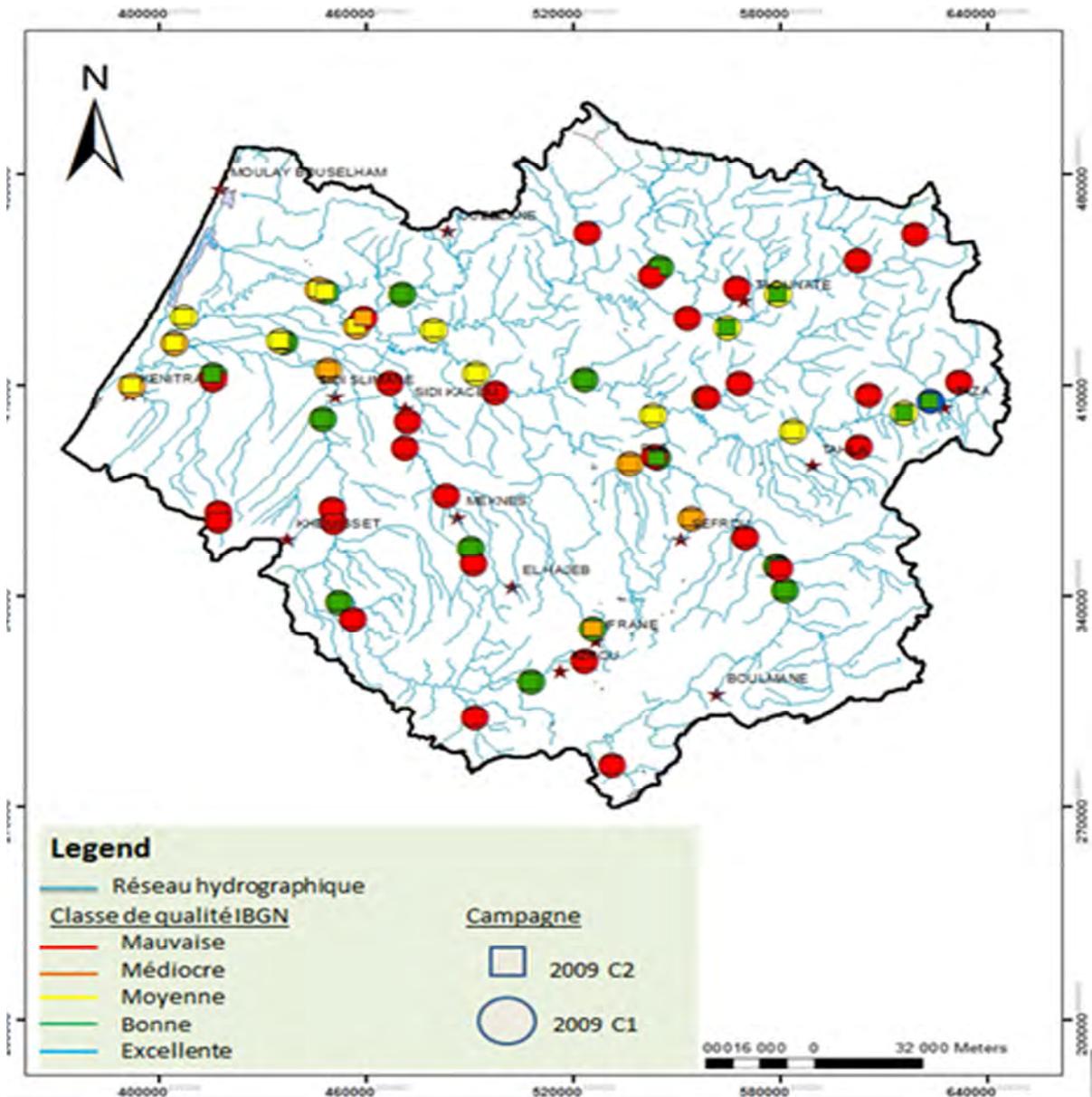


Figure 2 : Qualité biologique (IBGN) des eaux de surface du bassin du Sebou en 2009

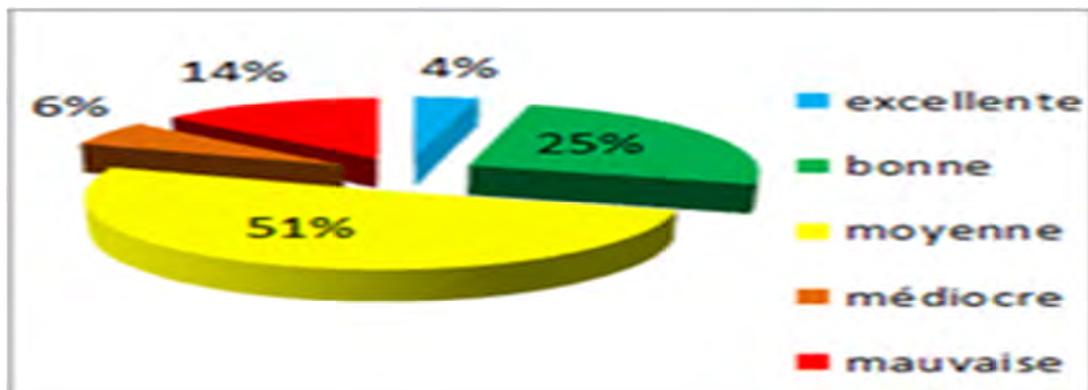


Figure 3 : Cercle de répartition de la qualité biologique du bassin du Sebou en 2011

La classe la plus représentative au niveau du bassin est la classe « moyenne » 51% en 2011. Pour La bonne qualité, elle représente 25% du bassin, valeur inférieure par rapport à sa valeur dans la 2^{ème} campagne de 2009. Cette observation est due à l'augmentation dans le nombre des points de prélèvements dans cette campagne. Catégorie excellente réapparaît en 2011 mais avec seulement 4%.

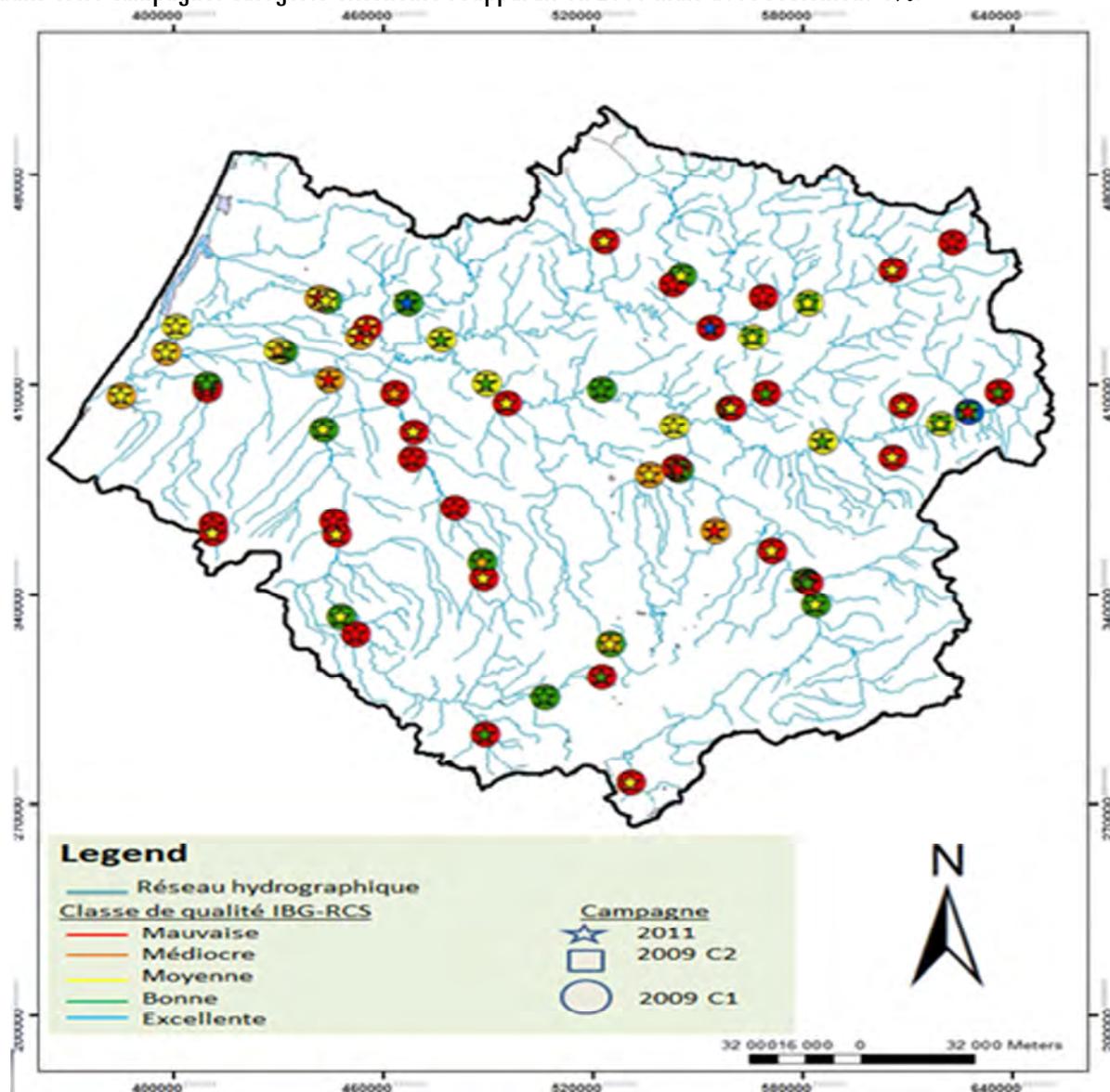


Figure 4 : Qualité biologique des eaux de surface du bassin de Sebou (2009, 2011)

3-4. Corrélation entre les paramètres physico-chimiques/microbiologiques et le paramètre biologique (IBG-RCS) de l'année 2011

3-4-1. Comparaison entre les résultats des mesures physicochimiques/microbiologiques et biologiques (IBG-RCS) de 2011

L'analyse des données physicochimiques, microbiologiques et biologiques des stations de prélèvements du bassin de Sebou permet l'obtention des deux cercles de répartition des qualités physicochimique/microbiologique et biologique.

Le cercle de répartition de la qualité physicochimique/microbiologique de l'ensemble du bassin de Sebou (**Figure 5**) montre que la qualité de ce dernier est moyenne (21%) à bonne (56%), contre 19% de mauvaise qualité alors que seulement 4% du bassin est d'excellente qualité. L'analyse du cercle de répartition de la qualité biologique (IBG-RCS) du bassin (figure 6) montre les mêmes pourcentages pour les classes de qualité « mauvaise » et « excellente ». Le reste du bassin est de moyenne à bonne qualité avec respectivement 51% pour la classe moyenne et 25% pour la classe bonne. L'amélioration de la qualité physicochimique/microbiologique est suivie de loin par l'amélioration de la qualité biologique, laquelle qualité biologique représentée par l'analyse de la communauté de la macrofaune benthique des cours d'eau. Cette observation indique l'état de pollution du bassin qui a précédé l'amélioration de la qualité des eaux et la diminution des contaminants à leur niveau.

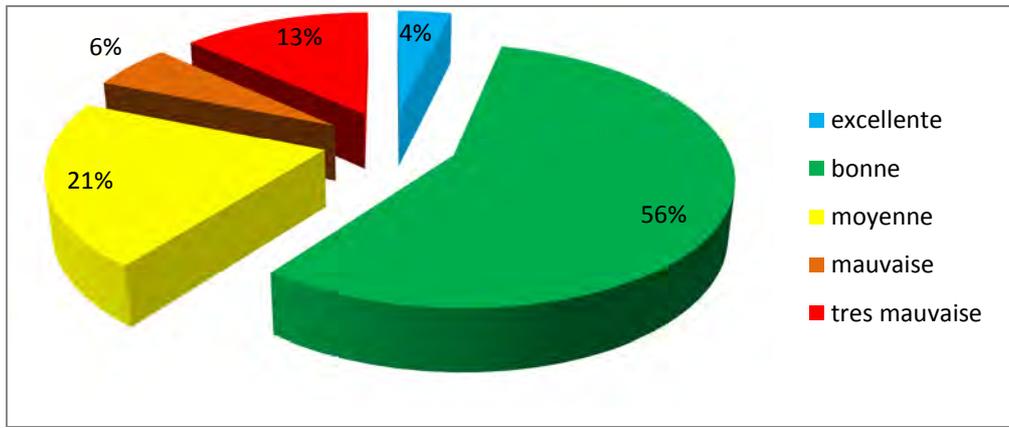


Figure 5 : Répartition de la qualité physicochimique/microbiologique des eaux de surface du bassin de Sebou en 2011

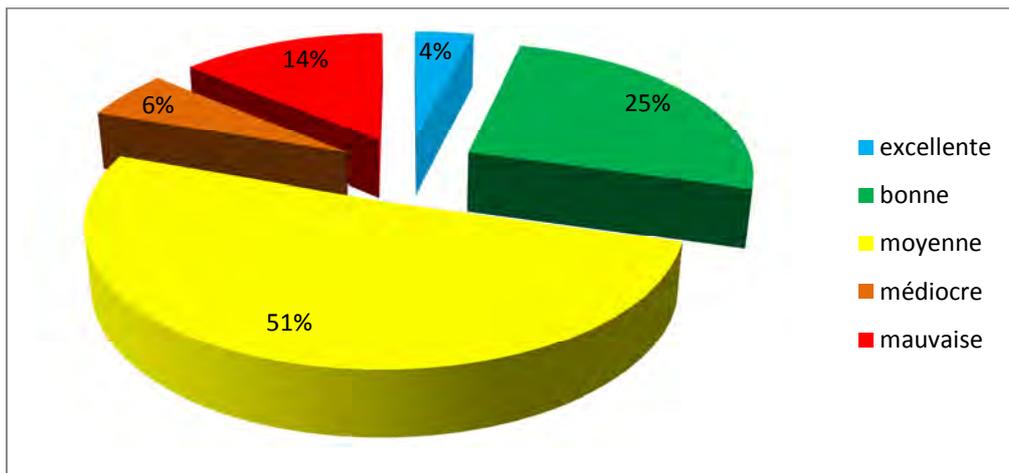


Figure 6 : Répartition de la qualité biologique des eaux de surface du bassin de Sebou en 2011 (IBG-RCS)

Les cartes sur Arc Map du logiciel Arc GIS 10 sont représentées dans les **Figures 7 et 8** comme suivant :

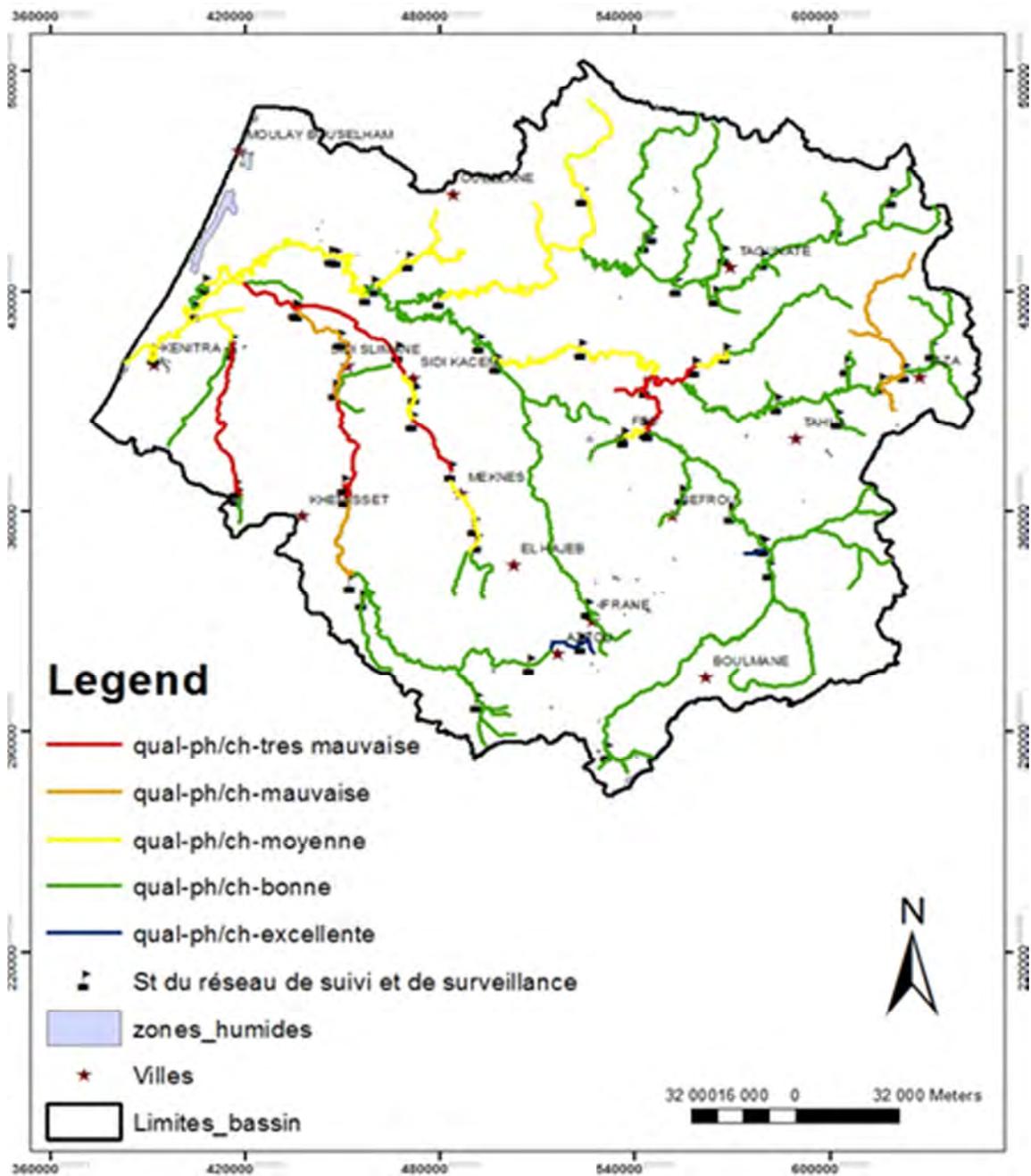


Figure 7 : La qualité physicochimique/microbiologique du bassin de Sebou en 2011

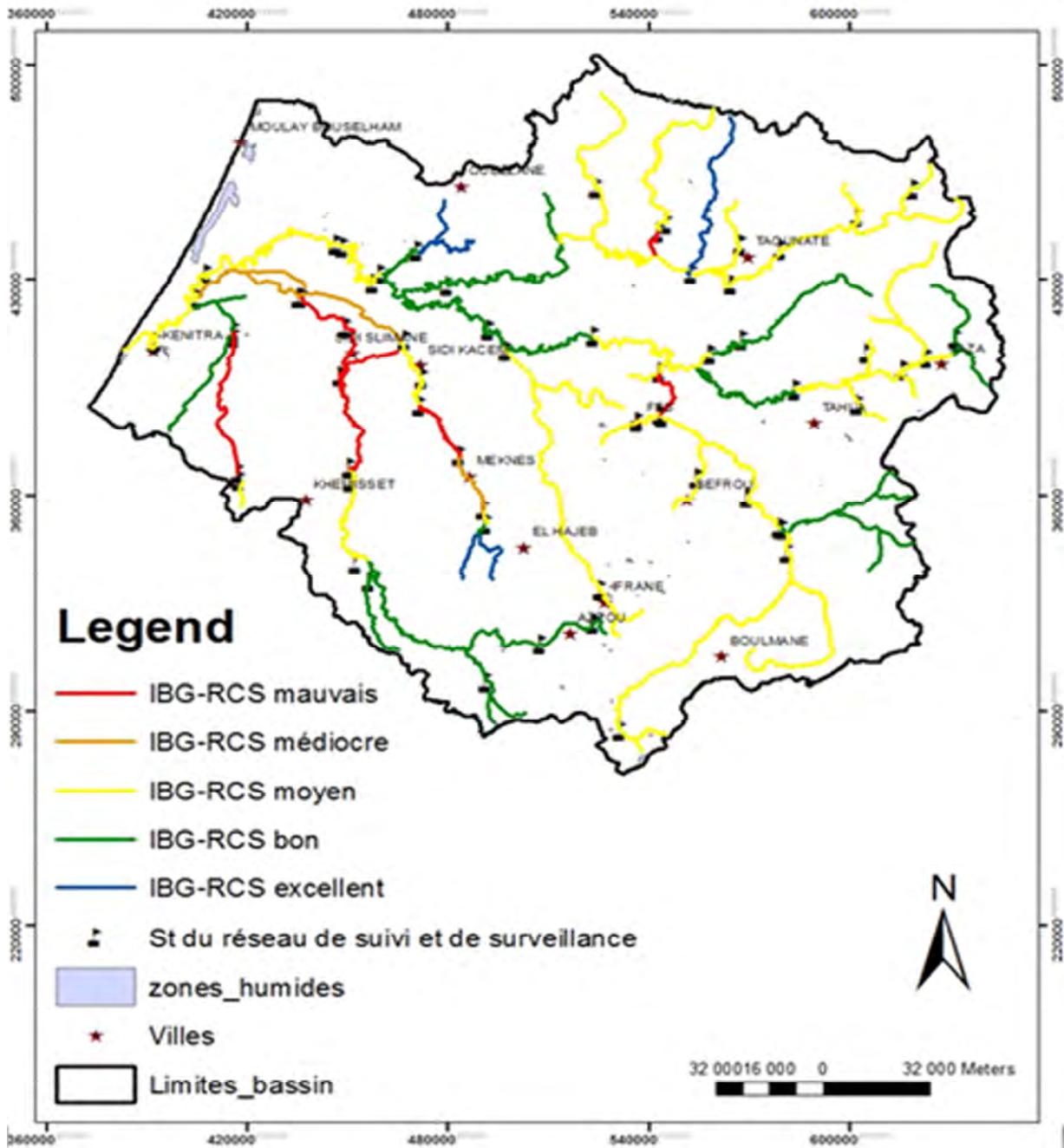


Figure 8 : La qualité biologique du bassin de Sebou en 2011 ; IBG-RCS

3-5. Corrélation entre les différents paramètres étudiés (Test de Pearson)

Le tableau de corrélation (*Tableau 2*) récapitule les résultats de corrélation du test de Pearson pour les différents paramètres physicochimiques/microbiologiques et l'indice biocénotique IBG-RCS. Les résultats indiquent que la majorité des paramètres présentent des corrélations significativement élevées (niveau de signification calculé $\alpha = 0,005$). La demande biologique en oxygène DBO et la demande chimique en oxygène DCO sont corrélés fortement entre eux ($r = 0,995$), les deux paramètres sont aussi corrélés fortement (corrélation positive) avec les trois paramètres : l'ammonium, le phosphore total et les coliformes fécaux (CF).

L'oxygène dissous et l'indice IBG-RCS sont corrélés positivement entre eux ($r = 0,599$), par contre ils représentent une corrélation négative avec les autres paramètres. Ce qui pourrait être expliqué par l'augmentation de la matière organique qui entraîne la diminution du taux d'oxygène dans l'eau et entrave ainsi la vie des espèces aquatiques sensibles dans les milieux (dans ce cas les espèces sensibles de la macrofaune benthique).

Tableau 2 : Matrice des corrélations des paramètres physico-chimiques/microbiologiques et biologiques étudiés (Test de Pearson) au niveau du bassin du Sebou

Variables	O2 dissous	DBO5	DCO	NH4+	P_total	CF (/100 mL)	IBG-RCS
O2 dissous	1	-0,599	-0,605	-0,737	-0,696	-0,600	0,599
DBO5	-0,599	1	0,995	0,936	0,972	0,933	-0,476
DCO	-0,605	0,995	1	0,943	0,970	0,950	-0,470
NH4+	-0,737	0,936	0,943	1	0,966	0,931	-0,532
P_total	-0,696	0,972	0,970	0,966	1	0,907	-0,511
CF (/100 ml)	-0,600	0,933	0,950	0,931	0,907	1	-0,519
IBG-RCS	0,599	-0,476	-0,470	-0,532	-0,511	-0,519	1

3-6. L'analyse en composantes principales ACP

L'analyse en composantes principales, a été réalisée pour les 7 variables quantitatives (physico-chimiques/microbiologiques et biologiques) étudiées. Le **Tableau 3** des valeurs propres montre que la majeure partie des informations est expliquée principalement par les deux premiers axes factoriels F1 et F2 qui représentent plus de 92% de l'inertie totale dans le bassin.

Tableau 3 : Valeurs propres des différents axes

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
Valeurs propres	5,631	0,816	0,394	0,095	0,048	0,012	0,003
Variabilité (%)	80,445	11,658	5,633	1,358	0,684	0,174	0,048
% cumulé	80,445	92,103	97,736	99,094	99,778	99,952	100,000

Le cercle de corrélation (**Figure 9**) montre clairement que la DBO5, DCO, NH⁴⁺, CF et le P-total sont corrélés positivement avec la première composante principale F1 (80,44%), contrairement à l'oxygène dissous et l'IBG-RCS qui sont associés négativement à cet axe. Nous observons que l'axe principal F1 présente principalement les variables à caractère organique et nutritif. Ils sont très proches du cercle de corrélation et participent d'une manière importante dans la constitution de l'axe F1. Cet axe définit ainsi un premier groupe de paramètres qui déterminent le degré de pollution organique (DBO5, DCO), azotée (NH⁴⁺) et phosphorée (P-total). Il s'ajoute à ce groupe le paramètre CF qui détermine une pollution d'origine fécale.

L'axe F2 quant à lui, présente la variable biologique, IBG-RCS, corrélée positivement avec l'oxygène dissous (variable représentative du côté négatif de l'axe F1). Ces observations viennent confirmer alors le résultat de la corrélation du Test de Pearson.

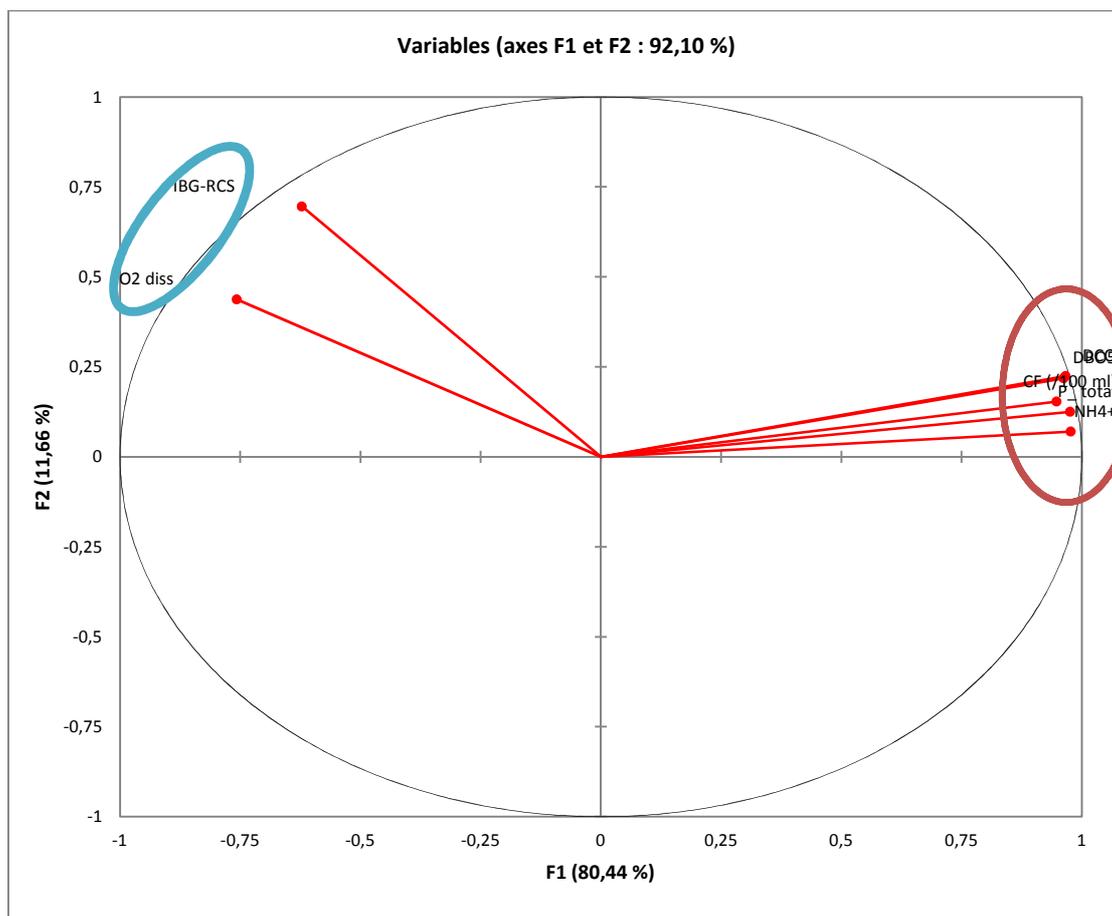


Figure 9 : Cercle de corrélation des différents paramètres étudiés. ACP

En récapitulatif, la première composante F1 permet l'identification des 5 paramètres décrits précédemment reliés aux apports des ruissellements et des activités anthropogéniques exercées dans l'ensemble du bassin hydrographique du Sebou. Ces 5 paramètres sont corrélés négativement avec l'oxygène dissous identifié par la composante F1 et l'indice IBG-RCS identifié par l'axe F2. Les concentrations trop importantes en nitrates et en phosphates induisent le phénomène d'eutrophisation (étouffement de la vie aquatique qui commence à des concentrations de phosphates/phosphore égales à 0,1- 0,2 mg/l et à des concentrations de nitrates égales à 5mg/l dans le cas des eaux courantes). Ces substances sont normalement générées par la minéralisation de la matière organique et des produits utilisés dans l'agriculture. Toutefois, présentes en trop grande quantité suite à des rejets intempestifs, elles favorisent la prolifération d'algues et de micro-organismes photosynthétiques qui réduisent la pénétration de la lumière dans les couches d'eaux profondes.

Par ailleurs, la décomposition des algues mortes induit une consommation d'oxygène. Lorsque l'eau est trop peu oxygénée, les conditions d'anaérobiose risquent également de se traduire par une accumulation de composés ammoniacqués et de nitrites susceptibles d'intoxiquer la faune et la flore, d'où la corrélation négative entre ces deux paramètres nutritifs et le groupe composé de l'oxygène dissous et l'indice IBG-RCS.

Les paramètres DBO5 et DCO permettent d'évaluer la quantité en matière organique présente dans l'eau. Ces deux méthodes se basent sur la différence entre la teneur en oxygène dissous initiale et la teneur en oxygène dissous finale après oxydation de la matière organique présente dans un échantillon d'eau. Une charge importante en matière organique rejetée dans une rivière entraîne une consommation accrue d'O₂ au cours des procédés d'autoépuration. Des conditions d'anaérobiose peuvent ainsi s'installer dans le milieu et conduire au déclin de la biodiversité y associée, d'où la corrélation négative entre les paramètres organiques (DBO5 et DCO) et les deux paramètres : oxygène dissous et l'indice IBG-RCS reflétant la communauté de la macrofaune benthique. Les conditions d'anaérobiose installées par les paramètres nutritifs et organiques cités ci-dessus permettent la pullulation et le développement des germes dans le milieu aquatique, ce qui touche à la santé humaine et animale. La présence des coliformes fécaux, révélateurs de contamination fécale, dans l'eau entraîne par abondance la présomption de contamination plus dangereuse. Cette observation confirme la forte corrélation qui existe entre ce dernier paramètre (CF) et les 4 paramètres indiquant les pollutions organique, azotée et phosphorée.

4. Conclusion

Le niveau élevé de la dégradation des eaux courantes du bassin de Sebou a amené les gestionnaires à définir un plan d'action, lequel plan, destiné à alléger la pollution au niveau de ce bassin, concerne les foyers de pollution les plus nocifs, à savoir les rejets domestiques, les projets d'assainissement et les rejets industriels des branches les plus polluantes. Dans ce contexte, des objectifs progressifs sont hiérarchisés de manière à satisfaire en priorité les usages majeurs que sont la production d'eau potable et d'eau d'irrigation. Les résultats de l'analyse des paramètres physicochimiques et des notes de l'indice biotique IBG-RCS de la présente étude montrent que le bassin du Sebou est crédité des eaux de moyenne à bonne qualité en 2011. L'amélioration de la qualité physicochimique des eaux en 2011 par rapport à celle en 2007 atteste positivement les efforts fournis dans le cadre du programme de dépollution du bassin du Sebou, aussi nous rend optimistes du progrès positif futur des tronçons des Oueds de mauvaise qualité.

Références

- [1] - M.T BARBOUR, J. GERRITSEN, B.D. SNYDER and J.B. STRIBLING. *Rapid Bioassessment protocols for Use in Wadeable Rivers. Periphyton, Benthic Macroinvertebrates, and Fish*, 2e edition, Washinton, D.C., U.S. Environmental Protection Agency, Office of water, EPA 841-B-99-002, (1999) 11.
- [2] - EUROPEAN COMMISSION. *Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC). Guidance Document No 13. Overall approach to the classification of ecological status and ecological potential*. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities (2005) 29 p. et 2 annexes. ISBN 92-894-6968-4.
- [3] - J.M. HELLAWELL. *Biological Indicators of Freshwater Pollution and Environmental Management*, Londres, Elsevier (1986) 546 p.
- [4] - Water Framework Directive (WFD). *Overall Approach to the Classification of Ecological Status and Ecological Potential*, Water Framework Directive Common Implementation Strategy Working Group 2, A Ecological Status (ECOSTAT) (2003) 28 p. et 2 annexes, [<http://cwss.www.de/workshops/wfd/Ecological-Classification-Guidance.pdf>].

- [5] - S.E.M.E.M.E.E.D.E Secrétariat d'Etat auprès du Ministère de l'Energie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement. Département de l'Eau. Maroc (S.E.M.E.M.E.E.D.E). Qualité des cours d'eau moyennant l'indice biologique des diatomées. Maroc (2009).
- [6] - UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (U.S. EPA). *Biological Assessments and Criteria: Crucial Components of Water Quality Programs*, United States Environmental Protection Agency, EPA 822-F-02-006 (2002).
- [7] - SPI-Water; Science-Policy interfacing in support of the water framework directive implementation. Deliverable 20b description of the selected non-eu river basin sebou (morocco), (2007).
- [8] - AGENCE DU BASSIN HYDRAULIQUE DE SEBOU (ABHS). Etude d'actualisation du Plan Directeur d'Aménagement Intégré des Ressources en Eau du bassin hydraulique de Sebou. Note de synthèse, Agence du bassin hydraulique du Sebou (2011).
- [9] - A. KENFAOUI. Economisons l'eau en la préservant de la pollution. *REV HTE N°140*. Septembre (2008). P: 94 « URL: <http://www.anafide.org/doc/HTE%20140/140-17.pdf> ».
- [10] - ASSOCIATION FRANCAISE DE NORMALISATION (AFNOR). Norme expérimentale XP T90-333 - Détermination de l'indice biologique global des réseaux de contrôle et de surveillance (2009).