



Année Universitaire : 2013-2014



Licence Sciences et Techniques : Eau et Environnement

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Pour l'Obtention du Diplôme de Licence Sciences et Techniques

Inventaire spatial de degré de pollution du bassin de l'Oued Sebou

Présenté par :

- Elmousalim Mohammed Amine
- Tmar Issam

Encadré par :

- Prof. Raouf Jabrane

-Ing .Leila Mizane

Soutenu Le 11 Juin 2014 devant le jury composé de :

Prof. Jabrane Raouf :	Encadrant
Prof. El GAROUANI Abdelkader :	Examineur
Prof. RAIS NAOUAL :	Examineur
Prof. BENAABIDATE Lahcen :	Examineur

Stage effectué à : ABHS





Remerciements

Avant d'exposer les résultats de notre projet sur l'inventaire du degré de pollution, nous voulons exprimer notre reconnaissance au terme de ce modeste travail, à tous ceux qui ont participé à sa réalisation.

Notre sincère reconnaissance et notre vive gratitude s'adresse à notre encadrant **M. Jabrane Raouf**. Pour la qualité de l'encadrement, pour les conseils pertinentes, pour le temps qui nous a consacré, pour les discussions fructueuses, pour les remarques et les critiques constructifs et pour la confiance qui nous a fait.

Nos remerciements s'adressent aussi à tous les membres du jury d'avoir accepté de juger ce travail.

Nous tenons à remercier **Mme Leila Mizane** de l'ABHS pour le stage qu'elle nous a offert et pour la qualité de l'encadrement

Nous tenons à remercier du fond du cœur **M. Mesrar Haytam** pour le temps qui nous a consacré pour sa patience et pour les nuits qu'on a passé ensemble, afin de réussir ce travail.

Nous tenons à remercier nos amis Rochdi Mouad et Hicham Bou Debana pour le soutien



Dédicace

Nous dédions ce modeste travail

À nos chers parents

À nos sœurs et frères,

À toute nos familles.



Table des matières

Remerciements	i
Dédicace	ii
Table des matières	iii
Liste des Figures et tableaux	iv
Introduction générale	1
Chapitre. I : Présentation de la zone d'étude	
I .1 Cadre géographique	2
I.1 .1 Données générales sur le bassin du Sebou :	2
I.2 Les eaux souterraines	4
I.3 Les eaux de surface :	4
Chapitre. II : Inventaire du degré de pollution du bassin Sebou	
II .1 Caractéristiques des eaux usées et naturelles :	6
II.2 Paramètres physicochimiques de la qualité des eaux	6
II.3 Démarche de travail :	11
II.4 Résultats:	12
II. 4. 1 Eaux de surface	12
II.4.1.1 Pollution par la matière oxydable : DBO5	12
II.4.1.2 Pollution par la matière oxydable : DCO	14
II.4.1.3 Pollution par la matière oxydable : NTK	15
II.4.1.4 Pollution thermique : Température	16
II.4.1.5 Pollution par acidification :PH	17
II.4.1.6 Pollution par la matière phosphorée :(phosphore total)	18
II.4.1.7 Pollution par la matière en suspension :MES	19
II.4.1.8 Qualité globale : IPpa	21
II.4 .2 Eaux des sources :	22
II.4.3 Eaux souterraine :	23
II.4.3.3 Chlorure :	25
II.4.3.4 Magnésium :	26
II.4.3.5 Sodium :	28
II.4.3.6 La conductivité électrique :	29
II.4.3.7 Matière Azotée :L'ammonium :	30
II.4.3.8 Les nitrates(NO ₃) :	31
II.4.3.9 Acidification (PH) :	32
II.4.3.10 Température :	33
II.4.3.11 Qualité globale :	34
II.4 .4 Les lacs et les barrages	36
II.4.4.1 Température :	36
II.4.4.2 Oxygène dissous :	36
II.4.4.3 Nitrate :	37
II.4.4.4 Phosphore total :	37



II.4.4.5 Les chlorophylles :	38
II.4.4.6 PH :	38
II.4.4.7 La conductivité électrique :	39
II.4.4.8 Les lacs et barrages de Sebou :	40
II.4 .5 Les eaux thermales	41
Conclusion générale	44
Bibliographie :	45

Liste des Figures et tableaux

Figure I.1 : Carte de situation du bassin de Sebou dans le contexte du Maroc	3
Figure I.2: Carte de nappes du bassin Sebou	4
Figure I.3: Carte des eaux superficielle du bassin Sebou	5
Figure II.4: Carte et diagramme de qualité des eaux de surfaces selon la norme de qualité (BDO5) (selon les résultats de la campagne 2 de 2013 d'ABHS)	13
Figure II.5 : Carte et diagramme de qualité des eaux de surfaces selon la norme de qualité de DCO (selon les résultats de la campagne 2 de 2013 d'ABHS)	15
Figure II.6: Carte et diagramme de qualité des eaux surface selon la teneur en matière oxydable (L'azote Kjeldahl) (selon les résultats de la campagne 2 de 2013 d'ABHS)	16
Figure II.7: Carte et diagramme de qualité d'eaux des surfaces selon la norme de qualité de la température (selon les résultats de la campagne 2 de 2013 d'ABHS)	17
Figure II.8: Carte et diagramme de qualité des eaux de surface selon la norme de qualité de PH (selon les résultats de la campagne 2 de 2013 d'ABHS)	18
Figure II.9: Carte et diagramme de qualité d'eaux de surface selon la teneur en (PT) (selon les résultats de la campagne 2 de 2013 de l'ABHS)	19
Figure II.10 : Carte et diagramme de qualité d'eaux de surface selon la teneur en (MES) (selon les résultats de la campagne 2 de 2013 de ABHS)	20
Figure II.11: Carte et diagramme de qualité global des eaux des surfacés du bassin Sebou selon la norme de qualité (selon les résultats de la campagne 2 de 2013 de ABHS)	22
Figure II.12: Carte de qualité globale des eaux des sources du bassin Sebou selon la norme de qualité (selon les résultats de la campagne 2 de 2013 de l'ABHS)	23
Figure II.13: Carte et diagramme de qualité des eaux souterraine selon la teneur en calcium (mg/l) (selon les résultats de la campagne 2 de 2013 d'ABHS)	24
Figure II.14: carte de qualité des eaux souterraine selon la teneur en sulfates (mg/l) (selon les résultats de la campagne 2 de 2013 de l'ABHS)	25
Figure II.15: Carte et diagramme de qualité des eaux souterraines selon la teneur en Chlorures Cl ⁻ (mg/l) (selon les résultats de la campagne 2 de 2013 d'ABHS)	26
Figure II. 16: Carte et diagramme de qualité des eaux souterraine selon la teneur en Magnésium (mg /l) (selon les résultats de la campagne 2 de 2013 de ABHS)	27
Figure II.17: Carte et diagramme de qualité des eaux souterraine selon la teneur en sodium (mg/l) (selon les résultats de la campagne 2 de 2013 de l'ABHS)	28
Figure II.18: Carte et diagramme de qualité des eaux souterraine selon la norme de qualité de la conductivité $\mu S/cm^2$ (selon les résultats de la campagne 2 de 2013 d'ABHS)	30
Figure II.19: Carte et diagramme de qualité des eaux souterraine selon la teneur en ammonium (mg/l) (selon les résultats de la campagne 2 de 2013 de l'ABHS)	31
Figure II.20 : Carte et diagramme de qualité des eaux souterraine selon la teneur en nitrates (mg/l) (selon les résultats de la campagne 2 de 2013 de l'ABHS)	32



Figure II.21: Carte et diagramme de qualité des eaux souterraine selon la norme de qualité du ph (selon les résultats de la campagne 2 de 2013 de l'ABHS)	33
Figure II.22: Carte et diagramme de qualité des eaux souterraine selon la norme de qualité de la température (°c) (selon les résultats de la campagne 2 de 2013 de ABHS)	34
Figure II.23: Carte et diagramme de qualité des eaux souterraines globales selon la norme de qualité (selon les résultats de la campagne 2 de 2013 d'ABHS)	35
Figure II.24 : Répartition de la qualité des lacs et des barrages selon la température (selon les résultats de la campagne 2 de 2013 de l'ABHS)	36
Figure II.25 : Répartition de la qualité des lacs et des barrages selon la teneur en (O_2 diss)(selon les résultats de la campagne 2 de 2013 de l'ABHS)	37
Figure II.26 : Répartition de la qualité des lacs et des barrages selon la teneur en NO_3^- (selon les résultats de la campagne 2 de 2013 de l'ABHS)	37
Figure II.27 : Répartition de la qualité des lacs et des barrages selon la teneur en (P.T) (selon les résultats de la campagne 2 de 2013 de l'ABHS)	38
Figure II.28 : Répartition de la qualité des lacs et des barrages selon la teneur en chlorophylle a (selon les résultats de la campagne 2 de 2013 d'ABHS)	38
Figure II.29 : Répartition de la qualité des lacs et des barrages selon le ph (selon les résultats de la campagne 2 de 2013 de l'ABHS)	39
Figure II.30: Répartition de la qualité des lacs et des barrages selon la conductivité (selon les résultats)	39
Figure II.31: Carte de la qualité globale des barrages et des lacs du bassin Sebou (selon les résultats de la campagne 2 de 2013 d'ABHS)	40
Figure II.32: Répartition de la qualité globale des lacs et des barrages (selon les résultats de la campagne 2 de 2013 d'ABHS)	41
Figure II.33: Carte de qualité globale des eaux thermales selon les normes des eaux souterraines (selon les résultats de la campagne 2 de 2013 d'ABHS)	42

Introduction générale

L'eau a longtemps été considérée comme une ressource inépuisable. Cependant, et depuis peu de temps, on se rend compte que ce n'est pas le cas, du moins en ce qui concerne les pays arides et semi-arides comme le Maroc. Cette problématique ne se limite pas à la quantité des ressources en eau, qui a toutefois bénéficié des principaux efforts déployés dans ce domaine, mais porte également sur la qualité de ces ressources qu'il faut aujourd'hui bien gérer.

En effet, dans des conditions naturelles, l'eau contenant des éléments pathogènes (bactéries, parasites, champignons ou virus) et les éléments chimiques (sels minéraux, matières organiques, etc.) y sont habituellement présents à des concentrations acceptables pour les humains. Cependant, nos activités (pollution industrielle, agricole et urbaine) peuvent modifier la composition naturelle de l'eau et la rendre impropre à la consommation. Et c'est le cas de plusieurs bassins au Maroc, où les eaux usées sont déversées sans traitement, ce qui engendre des risques pour la santé publique et la dégradation de milieu aquatique.

D'ici à ce que la protection contre la pollution fasse partie des priorités de tous les intervenants socio-économiques, nous devons surveiller étroitement la qualité de nos ressources en eau aussi bien superficielles que souterraines.

Outre l'inventaire des degrés de pollution des eaux souterraines et superficielle et l'évaluation de la qualité des eaux dans le bassin de l'Oued Sebou. A travers ce projet nous allons tenter de réaliser un document de base pour la prise de décision. Il s'agit d'une carte réalisée, tenant compte de l'équation établie par le ministère de l'environnement, pour l'évaluation potentiel de la qualité des eaux, qui peut servir comme document de base pour la prise de décision et la définition des zones pollués, nécessitant une intervention rapide et urgente.

Premièrement, via l'utilisation des données provenant de l'ABHS, nous avons formalisé les bases de données pour spatialiser les informations collectées. Puis, pour l'interpolation des résultats, nous avons utilisé la méthode (inverse distance)

Objectifs de ce travail : L'objectif général du projet est d'évaluer le degré de pollution dans le bassin de Sebou à travers :

- La Collecte des données
- La réalisation de carte et des diagrammes
- L'identification des sources de pollutions des eaux souterraines et superficielles

Le bassin de Sebou est implanté dans une zone reconnue au niveau nationale par ces richesses naturelles et sa biodiversité, ces richesses se caractérisent par des terres fertiles et un grand potentiel en eau superficielle et souterraine, la zone du bassin Sebou avait connu ces dernières décennies une explosion démographique et une évolution industrielle, et qui n'a pas été accompagnée par un développement de l'infrastructure, ceci a conduit à une dégradation des ressources naturelles en particulier les eaux superficielles et souterraines, suite aux produits et déchets polluants qui s'y jettent sans traitement particulier.

I .1 Cadre géographique

I.1 .1 Données générales sur le bassin du Sebou :

La Figure I. 1 présente la localisation du bassin de Sebou dans la carte géographique du Maroc, le bassin de Sebou forme une cuvette entre le Rif au Nord, le moyen Atlas et la meseta au sud, le couloir Fès -Taza à l'Est et l'océan Atlantique à l'Ouest. D'une superficie d'environ 40.000 km², il est l'un des bassins les plus importants du royaume.

Le bassin de Sebou couvre en totalité ou en partie :

5 régions économiques : Fès - boulemane, al Hoceima - Taza –taounate, Meknès -Tafilalt, Gharb-chrarda-béni hssen et rabat –zemmour-zair ;

3 wilayas : Fès, Meknès et Kenitra ;

17 provinces et préfectures dont 10 en totalité (Meknès el Menzeh, Meknès Ismaïlia, el hajeb, Fès al médina, Zouagha Moulay Yacoub, Fès jdid-dar dbibagh, Séfrou, taounate, Kenitra, sidi kacem) et 7 en partie : (ifrane, boulemane, Taza, chefchaouen, khemisset, khenifra et al Hoceima).

Le bassin est marqué par un contexte géographique et climatique très diversifié :

Dans la partie amont du bassin, on trouve, au Nord, le massif du Rif, très arrosé (les précipitations annuelles moyennes atteignent 1800 mm sur les hauteurs) et, au Sud, la chaîne du Moyen Atlas,

Entre ces deux massifs, dans la région de Fès / Meknès, se situe la plaine du Saïs, et, plus en aval, on trouve les affluents rive droite et rive gauche du Moyen Sebou (oueds Ouergha et Beht),

Dans la partie la plus aval, le bas Sebou est constitué d'une grande plaine alluviale, la Plaine du Gharb, qui s'ouvre largement sur la côte Atlantique. {1}

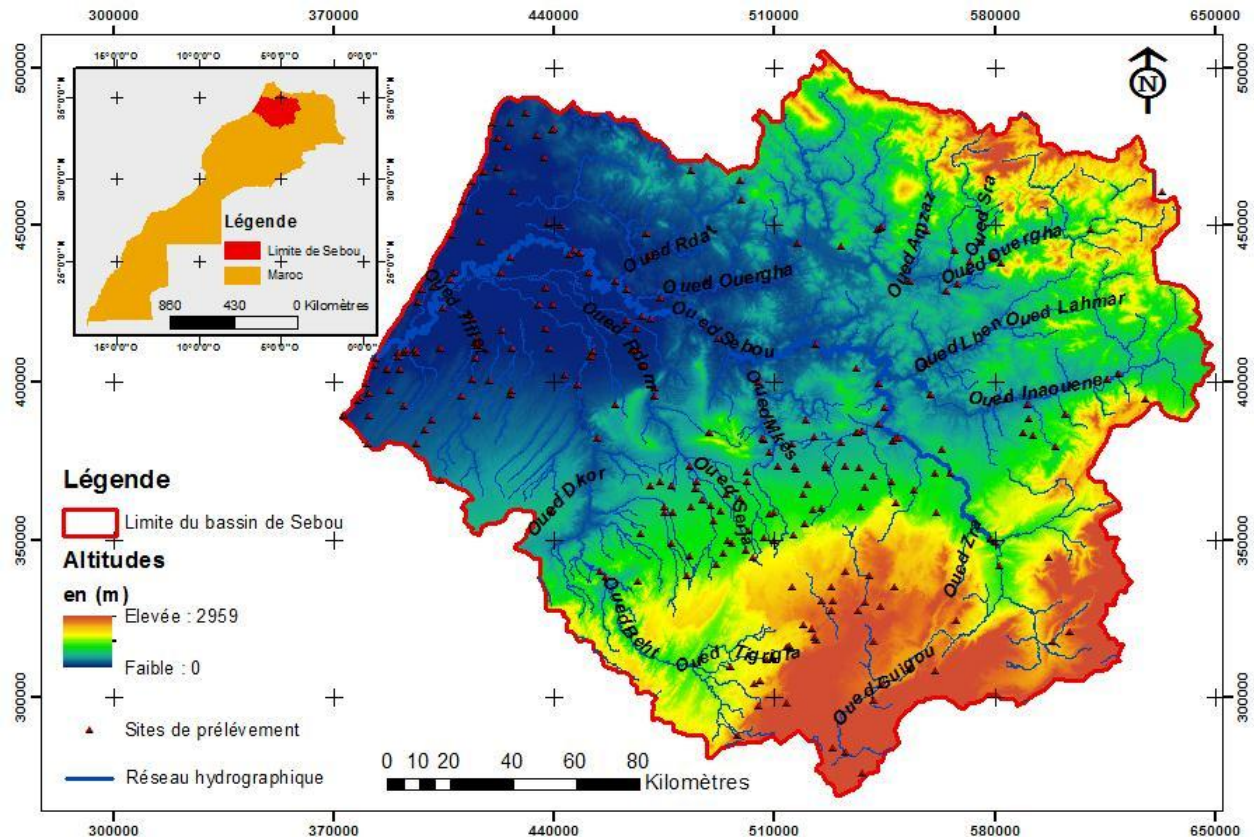


Figure I.1 : Carte de situation du bassin de Sebou dans le contexte du Maroc

Le climat régnant sur l'ensemble du bassin du Sebou est de type méditerranéen à influence océanique et devient continental vers l'intérieur. Il se manifeste par des vents pluvieux de secteur Ouest et des précipitations qui diminuent en s'éloignant de la mer et dans les vallées protégées comme celles du Beht ou du haut Sebou avant d'augmenter rapidement sur les versants du Rif. Sur la côte et le centre du bassin les fortes températures d'été, le quasi inexistence des précipitations significatives pendant cette période, expliquent l'évaporation élevée dans le bassin versant (1500 mm sur la côte et 2000 mm/an vers l'intérieur du bassin) justifiant des besoins unitaires en eau d'irrigation importants . {1}

L'agriculture constitue la principale activité économique du bassin du Sebou avec une superficie agricole utile de 1.750.000 ha (20% du potentiel national). La superficie irrigable est de 375 000 ha dont 269 000 ha sont actuellement irrigués (117 000 ha en grande hydraulique sur les périmètres du Gharb et du Beht). {1}

Le bassin de Sebou connaît une **activité industrielle** très développée. Les unités importantes à l'échelle du bassin sont : les sucreries, les papeteries, les huileries, les tanneries, les cimenteries, l'industrie du textile

I.2 Les eaux souterraines

Les eaux souterraines constituent le plus important réservoir d'eau douce de la planète plusieurs habitants dépendent de cette ressource pour leur alimentation en eau. Au Maroc le bassin de Sebou englobe 20% du potentiel national se qui impliqué l'importance de la préservation de leur qualité. Mais ces eaux doivent aussi être protégées pour leur valeur environnementale car elles jouent un rôle essentiel dans le cycle hydrologique en maintenant les zones humides et les débits des cours d'eau, (le débit des rivières peut alors être assuré à plus de 90% par les eaux souterraines).La Figure I. 2 présente les principales nappes de Sebou et leur position géographique. {1}

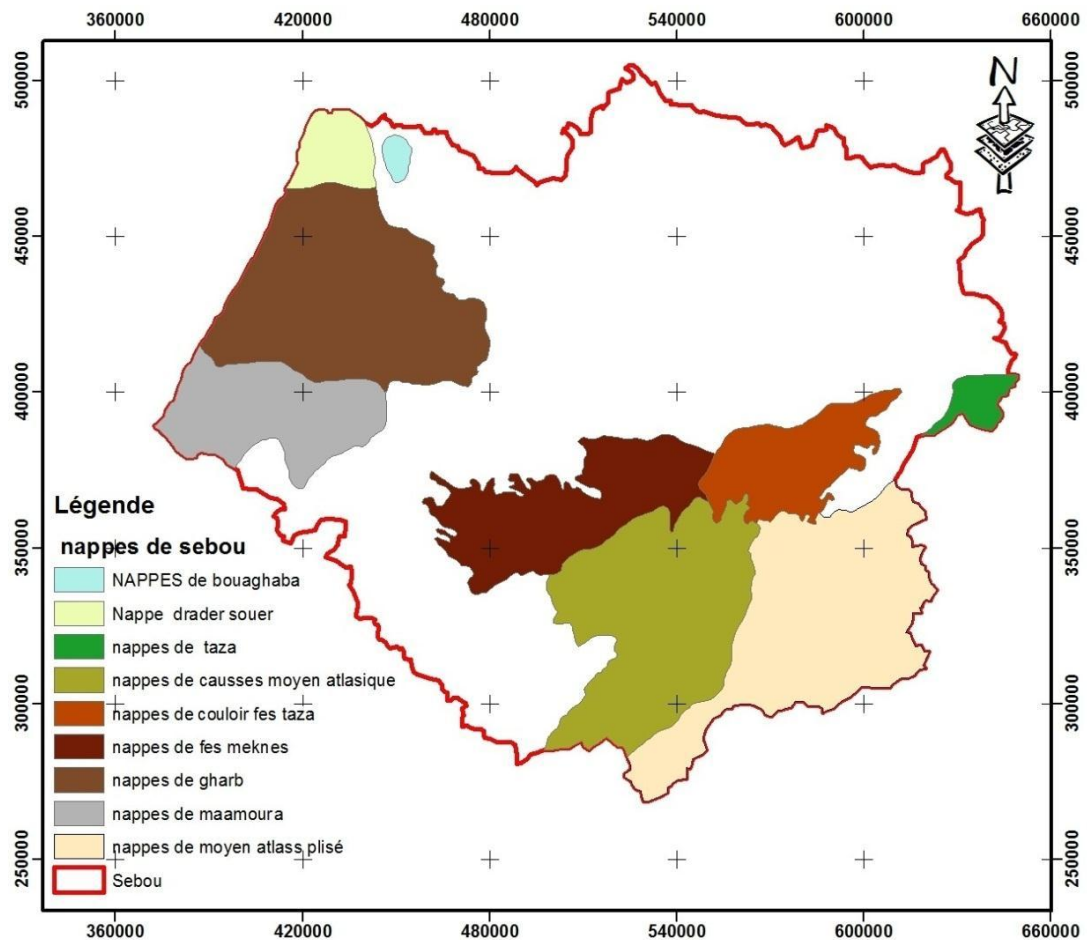


Figure I.2: Carte de nappes du bassin Sebou

L'inventaire du degré de pollution des eaux superficielles et souterraines visé à l'article 56 de la loi n°10-95 précitée, est effectué par l'agence du bassin hydraulique au moins deux fois par ans.

II .1 Caractéristiques des eaux usées et naturelles :

Selon leurs origines, les eaux usées se caractérisent leur composition. Elles peuvent contenir en concentrations variables des matières en suspension plus ou moins facilement décantables ou coagulables, des matières colloïdales telle que : les argiles, les microorganismes, les macromolécules hydrophobes (organiques huiles, graisses, hydrocarbures, etc.), des matières en solution de nature organique ou minérale, ou sous forme de gaz dissous, des microorganismes végétaux (algues, plancton, ...) ou animaux (Protozoaires, bactéries...). ²

- **Les éléments minéraux des eaux**

Les composés minéraux présents dans les eaux naturelles trouvent leur origine dans les échanges qui se produisent entre l'eau et le sol et entre l'eau et l'atmosphère pour les gaz (CO₂ et oxygène dissous). {2}

- **Les éléments caractéristiques**

Ils constituent la fiche d'identité d'une eau. Ces éléments majeurs : (Na⁺, K⁺, Mg²⁺) et (Cl⁻, NO³⁻, SO₄²⁻). L'ensemble, de ces ions donnent à l'eau sa conductivité. {2}

II.2 Paramètres physicochimiques de la qualité des eaux

II.2.1 Matières en suspension : Les eaux de surface contiennent de nombreuses particules constituées de débris de végétaux, de limons, de biomasse, etc. Ces matières particulières sont quantifiées par la mesure des matières en suspension. Elles représentent la masse de dépôts secs obtenus après une filtration sur une membrane de porosité de 0,45 µm. Le résultat s'exprime en mg/L. Une teneur élevée en matières en suspension est souvent la conséquence d'asphyxie des poissons, par colmatage des branchies, ainsi qu'il empêche la pénétration de la lumière dans les eaux. {2}

II.2.2 La turbidité : La mesure de la turbidité permet de préciser les informations visuelles sur l'eau. La turbidité traduit la présence de particules en suspension dans l'eau (débris organiques, argiles, organismes microscopiques...). {2}

II.2.3 La couleur : d'une eau est due à l'absorption sélective de certaines bandes de la lumière blanche par des substances dissoutes qui comportent des groupements chromophores. Elle s'exprime par rapport à une échelle de couleur étalon obtenu avec une solution de sel double de cobalt et de platine. Elle est exprimée en mg/L de Pt. Les eaux de surface les plus colorées sont riches en substances humiques. Mais Les hydroxydes de fer peuvent également être responsables de la couleur des eaux souterraines. {2}

II.2.4 Température : La température de l'eau est un facteur important dans l'environnement aquatique du fait qu'elle régit la presque totalité des réactions physiques, chimiques et biologiques. {2}

II.2.5 L'azote ammoniacal (ou Ammonium) : souvent rencontré dans les eaux sous formes ionisées (NH_4^+) et traduit habituellement un processus de dégradation incomplète de la matière organique.

L'azote ammoniacal des eaux superficielles peut avoir pour origine la matière végétale des cours d'eau, la matière organique animale ou humaine (l'homme élimine 15 à 30 g/jour), les rejets industriels, les engrais, etc.

Les eaux profondes peuvent également se charger en ammoniacque par réduction des nitrates sous l'action des bactéries autotrophes ou par les ions ferreux.

L'élimination de l'ammoniacque par L'oxydation biologique peut développer des zones anaérobies. {2}

II.2.6 L'azote Kjeldahl (NTK) : ne représente pas la totalité de l'azote mais seulement L'ensemble de ses formes réduites organiques et ammoniacales. L'azote peut exister aussi sous forme d'azote nitreux et nitrique indépendamment de l'azote gazeux (forme neutre).

Dans les lacs, la fixation de l'azote atmosphérique grâce à certaines algues et bactéries. Les eaux de pluies sont aussi susceptibles de transporter différentes substances azotées (ammoniacque, oxyde d'azote, etc.). L'origine de l'azote dans les eaux superficielles serait liée au lessivage des sols enrichis en engrais azotés, aux rejets urbains ou industriels.

En ce qui concerne les rejets urbains d'origine humaine, l'azote provient principalement des urines, L'azote d'origine industrielle provient non seulement d'industries chimiques (papier, textile, acier, etc.) mais aussi d'installations agro-alimentaires (brasseries, abattoirs, sucreries, etc.). {2}

II.2.7 Calcium : Le calcium est un métal alcalino-terreux extrêmement répandu dans la nature et en particulier dans les roches calcaires sous forme de carbonates. Le calcium est parmi les oligoéléments nécessaires pour la santé. {2}

II.2.8 Carbone organique total : les teneurs en Carbone organique influencées par le climat et les saisons, (L'action du rayonnement cosmique sur l'azote atmosphérique conduit à la formation de carbone 14 qui s'oxydent en CO_{14}) ainsi que par la nature du sol et de la végétation. Sa présence est associée pour la majeure partie à des composés naturels (substances humiques) alors que les polluants organiques liés aux activités anthropiques sont minoritaires (moins de 1 % dans la majorité des cas).

La présence de composés organiques biodégradables favorise la dégradation de la qualité de l'eau, le carbone organique et utilisable comme substrat nutritif par les microorganismes hétérotrophes. Une surveillance du procédé facilite l'estimation de la demande en oxygène liée aux rejets. {2}

II.2.9 Chlorures : Les teneurs en chlorures des eaux sont extrêmement variées et liées principalement à la nature des terrains traversés. Ainsi, que dans certaines régions, la traversée de marnes salifères peut conduire à des teneurs exceptionnelles en chlorures ; ainsi dans les zones urbaines et industrielles la pollution en chlorure peut être liées à des eaux usées (ex : mines de potasse) .

Ou en zone côtière par des infiltrations d'eau de mer dans les nappes, en particulier lors des pompages excessifs, ou par des pollutions accidentelles hivernales des eaux de surface qui peut être liée au traitement des routes, l'épandage de chlorure de sodium pouvant atteindre (30 g/m^2).

Pour l'usage agricole, les fortes teneurs en chlorures peuvent limiter certaines cultures. Et Provoque des brûlures des feuilles. {2}

II.2.10 Conductivité : La mesure de la conductivité permet d'évaluer rapidement mais très approximativement la minéralisation globale de l'eau et d'une façon générale, la conductivité s'élève progressivement de l'amont vers l'aval des cours d'eau, (les écarts sont dû au transport de produit de érosion vers aval en particulier dans les zones à substrat acide ou à sous-sol siliceux) ; et dans les eaux résiduelle la conductivité augmente graduellement de surface vers le fond. {2}

La relation existant entre la minéralisation et la conductivité :

Conductivité <100 µS/cm	minéralisation très faible ;
100 µS/cm < conductivité < 200µS/cm	minéralisation faible ;
200 µS/cm < conductivité < 333µS/cm	minéralisation moyenne ;
333 µS/cm < conductivité < 666µS/cm	minéralisation moyenne accentuée ;
666 µS/cm < conductivité < 1 000 µS/cm	minéralisation importante ;
Conductivité < 1 000 µS/cm	minéralisation élevée ;

II.2.11 DBO5 (demande biochimique en oxygène) : Les phénomènes d'autoépuration naturelle dans les eaux superficielles résultent de la dégradation des charges organiques polluantes, sous l'action de micro-organismes. Il en résulte une consommation d'oxygène qui s'exprime par la demande biochimique en oxygène ou DBO5. *La dégradation des composés glucidiques, lipidiques et protidiques des matières organiques.*

La DBO5 s'exprime par la consommation de oxygène pendant 5 jours à 20 °C en milligrammes d'oxygène. {2}

II.2.12 DCO (demande chimique en oxygène) : la DCO correspond à la teneur de l'ensemble des matières organiques oxydables Elle s'exprime par la quantité d'oxygène fournie par le dichromate de potassium et nécessaire à l'oxydation des substances organiques (protéines, glucides, lipides, etc.) {2}

II.2.13 les matières oxydables
$$MO = \frac{2DBO5+DCO}{3}$$

II.2.14 Magnésium : Le magnésium est un des éléments les plus répandus dans la nature ; il constitue environ 2,1 % de l'écorce terrestre. La plupart de ses sels sont très solubles dans l'eau, même le carbonate peut être dissous jusqu'à 300 mg/L, à 20 °C.

Son abondance géologique, sa grande solubilité, sa large utilisation industrielle (chimie de la potasse, alliages, pyrotechnie, batteries sèches, réducteur chimique, etc.) font que les teneurs dans l'eau peuvent être importantes, allant de quelques milligrammes à, quelquefois, plusieurs centaines de milligrammes par litre. {2}

II.2.15 Nitrates : Toutes les formes d'azote (azote organique, ammoniacque, nitrites, etc.) sont susceptibles d'être à l'origine des nitrates par un processus d'oxydation biologique.

La teneur en nitrate des eaux, dépend essentiellement de l'intensification de l'agriculture sur les bassins versants et dans une moindre mesure des rejets en azote des effluents industriels

et urbains. Elle peut atteindre et parfois dépasser 50 mg/L de NO₃ dans les eaux de surface en hiver au moment des lessivages des sols. Le nitrate étant très soluble, il rejoint aussi les eaux souterraines et les nappes des zones de grandes cultures qui présentent également des concentrations élevées en nitrate. {2}

II.2.16 Oxydabilité au permanganate ou indice permanganate (IP) : ce test permet d'évaluer la quantité de matières organiques oxydables présentes dans l'eau, les résultats étant exprimés en milligrammes d'oxygène par litre d'eau. {2}

II.2.17 Oxygène dissous : L'oxygène est toujours présent dans l'eau, Sa solubilité est fonction de la température, de la pression partielle dans l'atmosphère et de la salinité. L'oxygène dissous conserve ses propriétés oxydantes, soit par une réaction purement chimique en oxydant des composés minéraux (Fe²⁺, NH₄⁺, NO₂-...etc) ou organiques, soit par des phénomènes biochimiques (consommation de l'oxygène par les microorganismes pour assurer la dégradation des constituants de l'eau), soit encore par des réactions électrochimiques.

La teneur en l'oxygène dans l'eau est en fonction de l'origine de l'eau : les eaux superficielles peuvent en contenir des quantités relativement importantes proches de la saturation ; par contre, les eaux profondes n'en contiennent que quelques milligrammes par litre. {2}

II.2.18 pH : Le pH d'une eau représente son acidité ou son alcalinité ; à pH 7 une eau est dite neutre, à un pH inférieur à 7 une eau dite acide et à un pH supérieur à 7, elle est dite basique. Le pH est un élément important pour définir le caractère agressif ou incrustant d'une eau. {2}

II.2.19 Sodium : Dès l'Antiquité, le sel s'imposa comme valeur d'échanges ; ainsi, il servit de salaire (*salarium*) aux soldats romains, d'où son nom. Le sodium, il est sous forme de chlorure de sodium, il a une grande importance alimentaire et industrielle. Il peut être soit d'origine marine par l'évaporation progressive des marais salants, soit extrait à partir du sous-sol où il existe sous forme de sel gemme. {2}

II.2.20 Phosphore (composés phosphorés) : Les phosphates font partie des anions facilement fixés par le sol ; leur présence naturelle dans les eaux est liée aux caractéristiques des terrains traversés et à la décomposition de la matière organique.

Le phosphore joue un rôle important dans le développement des algues ; il est susceptible de favoriser leur multiplication dans les eaux des lacs. {2}

II.2.21 Sulfates : La concentration en ion sulfate des eaux naturelles est très variable Dans les terrains qui ne contenant pas une proportion importante de sulfates minéraux, elle peut atteindre 30 à 50 mg/L, mais ce chiffre peut être très largement dépassé (jusqu'à 300 mg/L) dans les zones contenant du gypse ou lorsque le temps de contact avec la roche est élevé.

En agriculture, des concentrations élevées (plusieurs centaines de milligrammes par litre) peuvent poser des problèmes, pour l'irrigation et l'abreuvement. Une teneur supérieure à 480 mg/L rend l'eau impropre à l'agriculture. {2}

II.2.22 Chlorophylle et phéopigments : Toutes les plantes vertes contiennent de la chlorophylle *a* et le dosage de cette chlorophylle *a* peut donc être utilisé comme indicateur de la biomasse algale. On sait en effet que **la chlorophylle a** représenté en moyenne 1 à 2 % du poids sec des algues phytoplanctoniques. {2}

II.3 Démarche de travail :

1. Formalisation de la base de données
2. Classification des résultats selon la grille de qualité (voir annexe 1)
3. Calcul d'indice pondéré selon la méthode de calcul IPpa (voir annexe 1)
4. Spatialisation des données par la méthode d'interpolation (inverse distance :

La Pondération Inverse à la Distance (PID) est une méthode d'interpolation spatiale, un processus permettant d'assigner une valeur à un espace non connu à partir d'une semelles de points connus.)

Les cartes de qualité des eaux de surface sont composées de 3 éléments,
(station I ; station II ; sources) :

Station I : c'est un ensemble de 9 station de contrôlé en permanences)

Station II : c'est un ensemble de 54 stations choisies selon le besoin de l'ABHS

Sources : c'est un ensemble de 33 point qui représente les sources du bassin Sebou

Les cartes de qualité des eaux souterraines sont composées de 2 éléments : (Les eaux de nappe et les eaux thermales.)

Les cartes de qualité des eaux de lacs et barrages sont composées de 2 éléments (eaux des Barrages et eaux de principaux lacs de Sebou)

II.4 Résultats:

II. 4. 1 Eaux de surface

II.4.1.1 Pollution par la matière oxydable : DBO5

L'interpolation des résultats d'analyse de la DBO5 en mg/l des eaux superficielle du bassin de l'Oued Sebou (Figure II. 4), présente une dégradation rapide de la qualité de l'eau de l'est vers l'ouest. On constate que 77% des eaux témoignent d'une très mauvaise qualité et 8,1% sont de mauvaise qualité. 7,85% sont de moyenne qualité et 6,49% des eaux dévoilent une bonne qualité. Dans la partie amont de l'Oued Ouergha et l'Oued Sra. 0,17% des eaux sont d'excellente qualité. La demande biologique en oxygène dans les eaux de surface est située entre 3381 mg/l et 0,30mg/l.

À travers notre recherche, nous avons constaté que la mauvaise qualité du DBO5 (mg/l) est liée surtout aux rejets industriels, et aux rejets domestiques riches en matière organique.

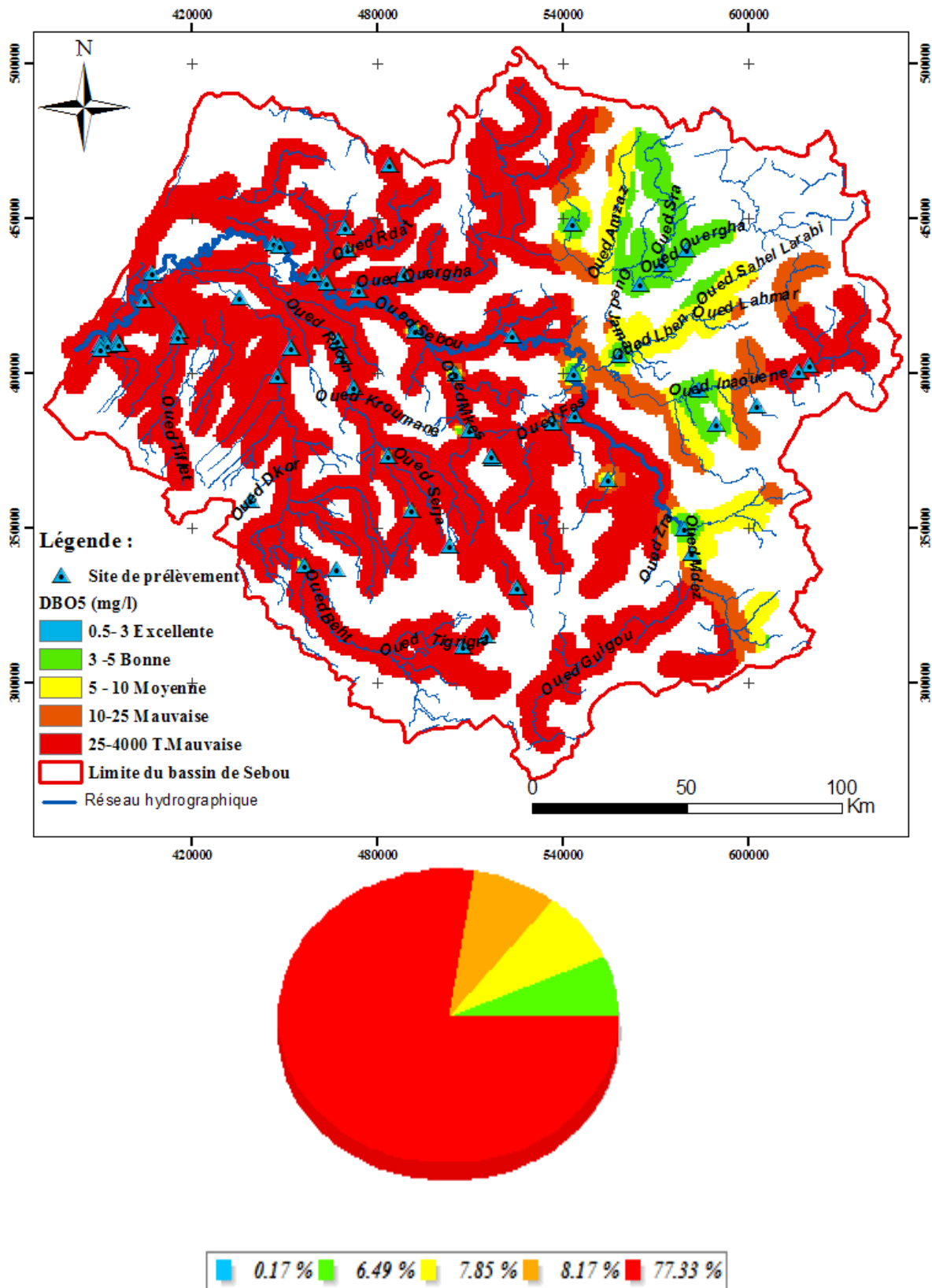
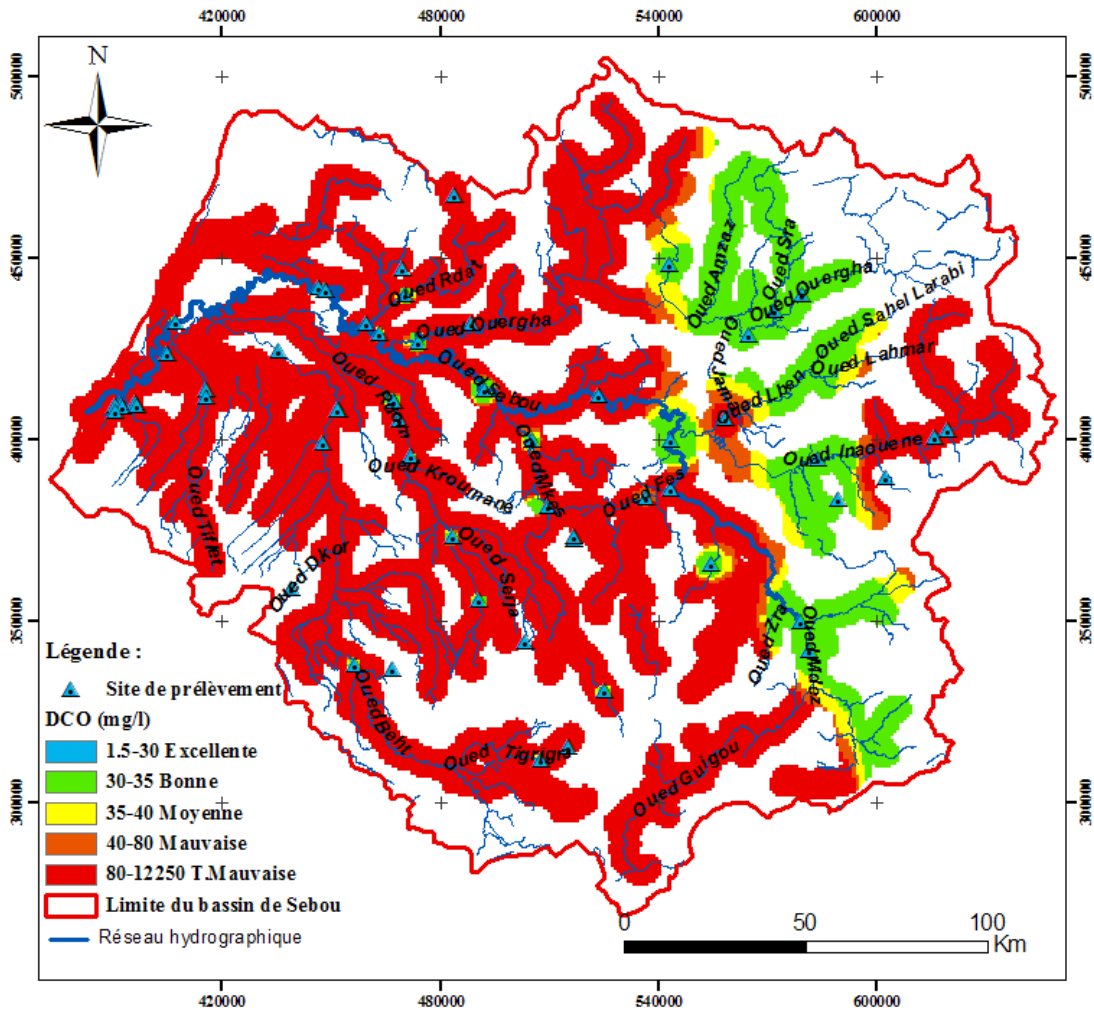


Figure II.4: Carte et diagramme de qualité des eaux de surfaces selon la norme de qualité (BDO5) (selon les résultats de la campagne 2 de 2013 d'ABHS)

II.4.1.2 Pollution par la matière oxydable : DCO

La Figure II.5 présente le résultat de l'interpolation de l'analyse de la DCO (mg/l). Il en sort une bonne qualité dans les parties(NE, NNE et SE), plus particulièrement à l'Oued Ouergha, ainsi qu'une mauvaise à très mauvaise qualité en presque la totalité des autres oueds. Le traitement de base de donnée a montré que 77,2% des eaux sont de très mauvaise qualité, 3,43% sont de mauvaise qualité, 3,7% montre une qualité moyenne. Au niveau de la partie amont de l'Oued Ouergha et de l'Oued Sebou une bonne qualité a été enregistré avec un pourcentage de 15,13.

La cause de cette mauvaise qualité est lié aux rejets industrielles et domestiques riches en matière organique, et sachant que les prélèvements ont été effectués dans une période estivale, chose qui va favoriser l'eutrophisation des eaux et par conséquent les réactions de dégradation par oxydation.



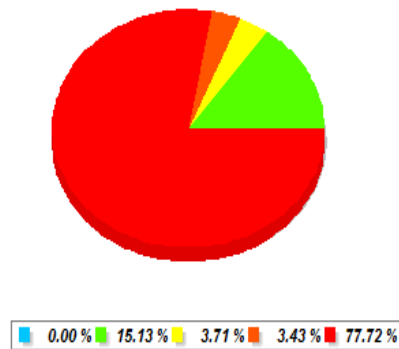


Figure II.5 : Carte et diagramme de qualité des eaux de surfaces selon la norme de qualité de DCO (selon les résultats de la campagne 2 de 2013 d'ABHS)

II.4.1.3 Pollution par la matière oxydable : NTK

La contamination en NTK (mg/l) des eaux superficielles du bassin Sebou (Figure II. 6), présentent une mauvaise qualité dans la totalité du bassin, à la différence de l'Oued Sra et la partie amont de l'Oued Ouergha qui montre une bonne à excellente qualité. On constate que 91% des eaux sont de très mauvaises qualités, situées surtout au niveau de l'Oued Sebou. 3,36% montre une mauvaise qualité et 3,46% sont de bonne qualité, ils sont situés en grande partie dans l'Oued Ouergha. Les eaux de qualité excellente ne dépassent pas 2,1%.

Cette situation et due peut être au lessivage des sols enrichis en engrais azotés, et aux rejets urbains et industriels qui permettent d'augmenter la concentration de NTK, et par conséquent la dégradation de la qualité des eaux.

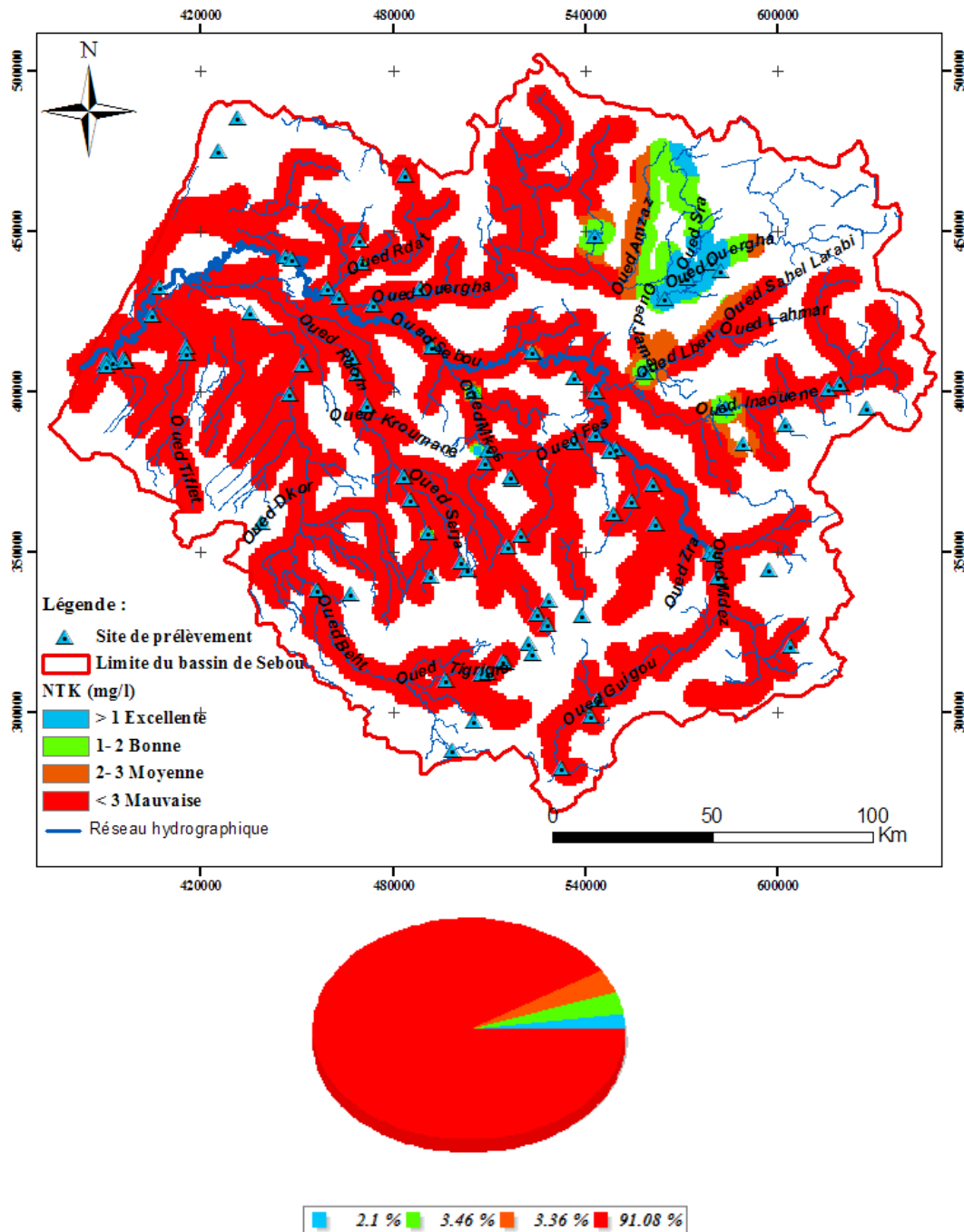


Figure II.6: Carte et diagramme de qualité des eaux surface selon la teneur en matière oxydable (L'azote Kjeldahl) (selon les résultats de la campagne 2 de 2013 d'ABHS)

II.4.1.4 Pollution thermique : Température

La Figure II.7 montre les résultats d'interpolation des analyses de la température (T) °C. L'eau superficielle du bassin de l'Oued Sebou présente une dégradation de la qualité de l'amont vers l'aval à l'exception de quelque zone de très mauvaise qualité au Nord-est du bassin Sebou ; 3,06% des eaux montre une très mauvaise qualité, 28,31% des eaux de mauvaise qualité, 67,22% sont de qualité moyenne et 1,41% témoigne d'une bonne qualité.

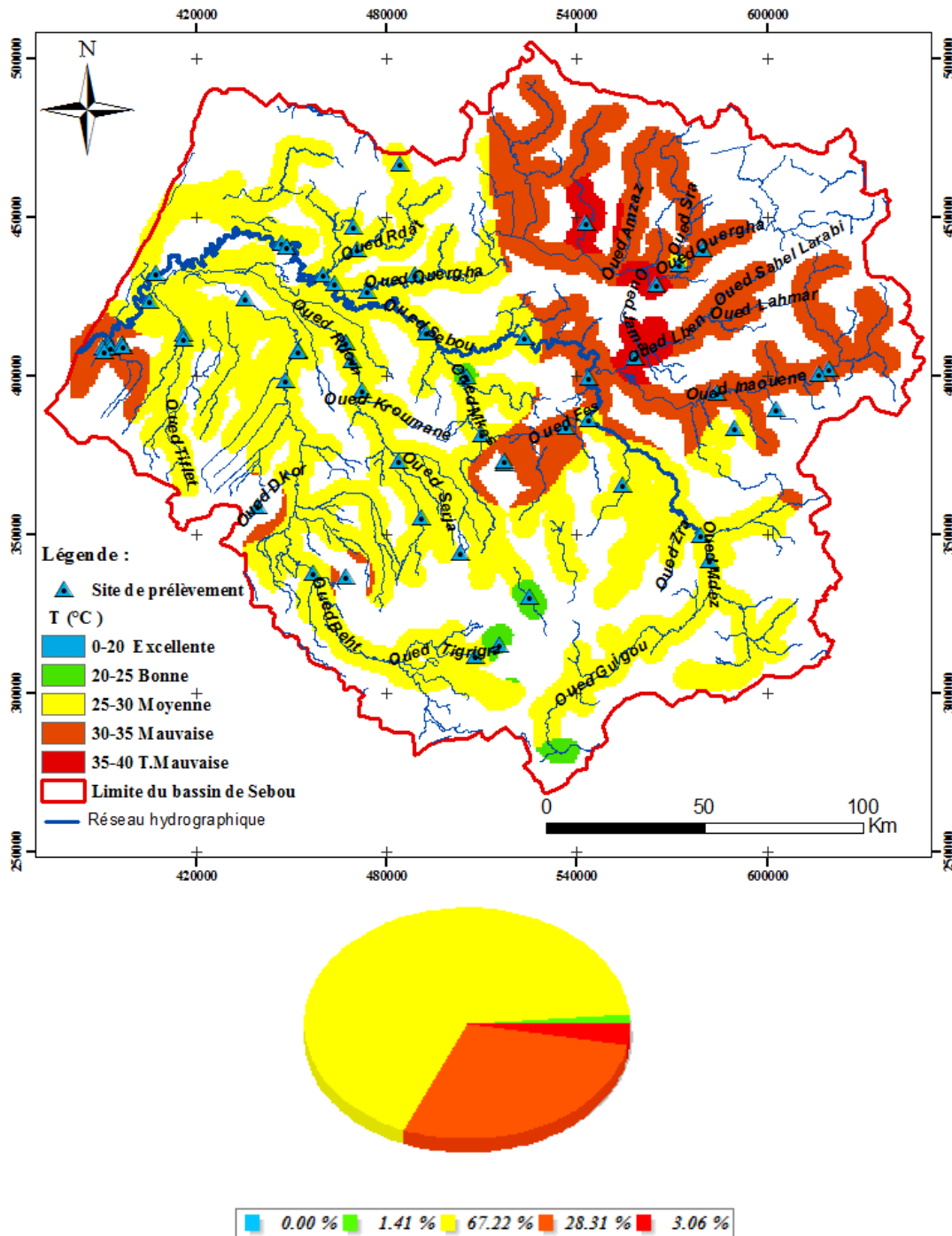


Figure II.7: Carte et diagramme de qualité d’eaux des surfaces selon la norme de qualité de la température (selon les résultats de la campagne 2 de 2013 d’ABHS)

II.4.1.5 Pollution par acidification : pH

L’interpolation des résultats d’analyse du pH des eaux superficielle du bassin de l’Oued Sebou (Figure II.8) présente une excellente qualité dans l’ensemble du bassin. L’exception est localisé dans la partie centrale du bassin, elle présente une mauvaise qualité, à cette dernière s’ajoute la zone d’exutoire qui présente une qualité mauvaise a moyenne. 0,16% des eaux sont de très mauvaise qualité, 0,32% montre une mauvaise qualité, 2,02% des eaux sont de moyenne qualité et 97,5% sont d’excellente qualité. Les valeurs excellentes sont dû à l’équilibre de cycle d’oxygène dans les milieux aquatique, la pollution observée dans le bassin est peut être liée surtout au rejet industriel.

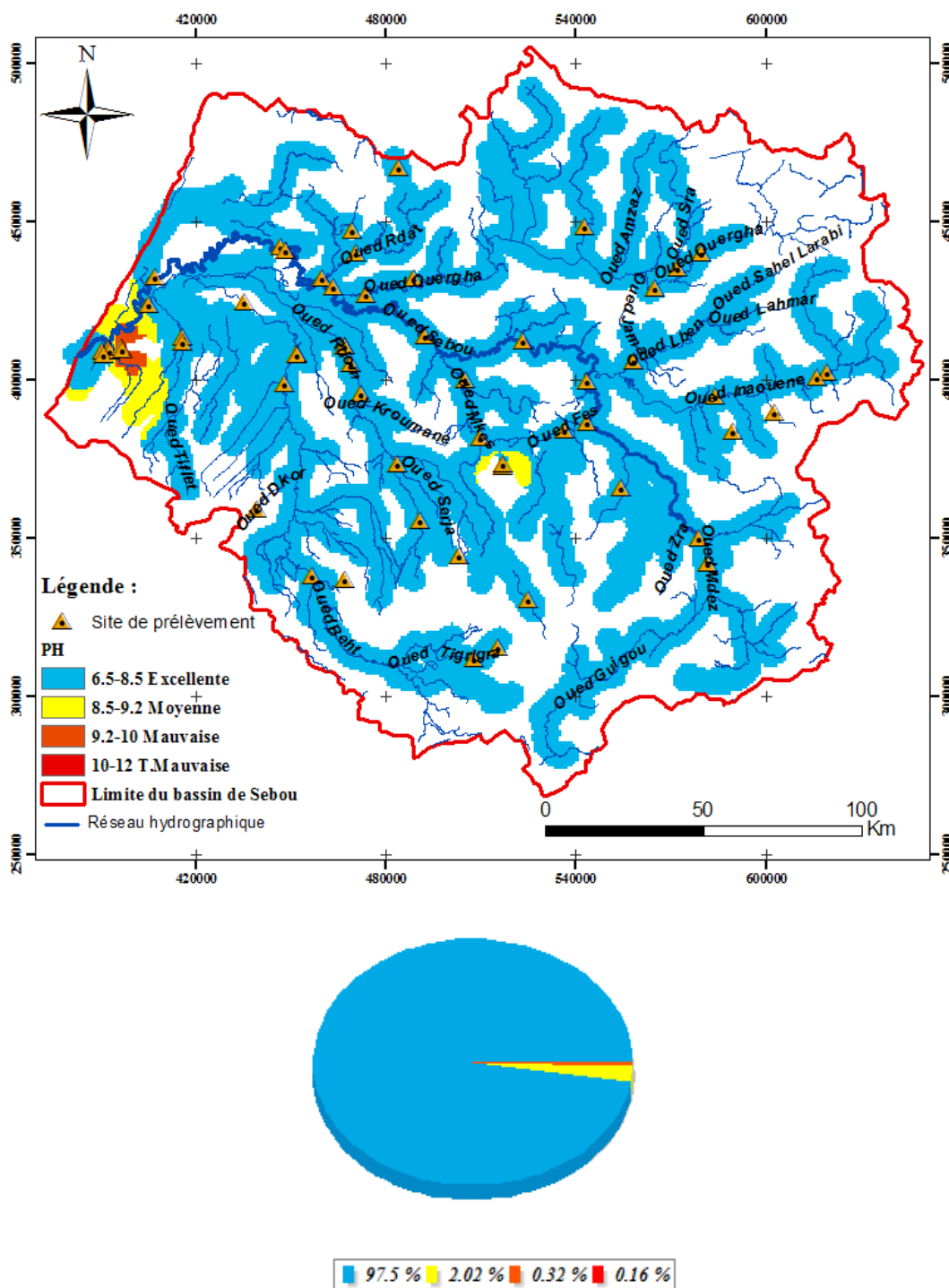


Figure II.8: Carte et diagramme de qualité des eaux de surface selon la norme de qualité de pH (selon les résultats de la campagne 2 de 2013 d'ABHS)

II.4.1.6 Pollution par la matière phosphorée :(phosphore total)

La Figure II. 9 montre la répartition des teneurs en phosphore total après interpolation des analyses. Elle montre une amélioration de la qualité bonne à excellentes en allant du Nord vers le centre du bassin, et du sud vers le centre à l'exception du haute Sebou et la zone de contact de l'Oued Fès, l'Oued Sebou et l'Oued Mdez. Le diagramme montre que 0,2% des eaux sont de très mauvaise qualité, 1,04% des eaux ont une qualité mauvaise, 4,49% des eaux sont de moyenne qualité, 34,33% sont de bonne qualité, 59,94% montre une qualité excellente.

Les valeurs limite du phosphore totale se situe entre 21,9 mg/L et 0,9mg/L. sa présence naturelle dans les eaux et liée aux caractéristiques des terrains traversés et à la décomposition de la matière organique par les micro-organismes. Ce qui favorise l'eutrophisation du milieu

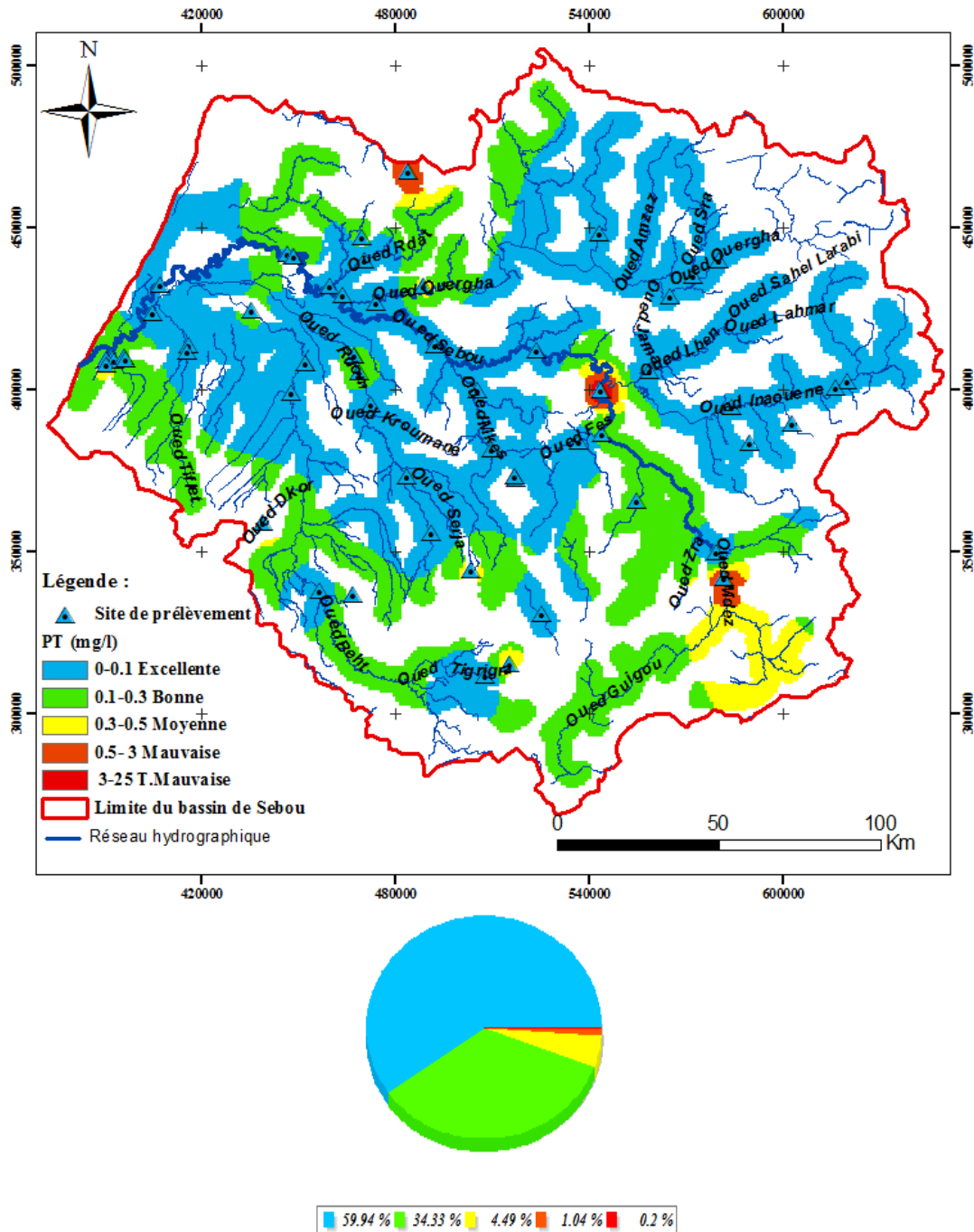


Figure II.9: Carte et diagramme de qualité d'eaux de surface selon la teneur en(PT)(selon les résultats de la campagne 2 de 2013 de l'ABHS)

II.4.1.7 Pollution par la matière en suspension :MES

La Figure II. 10 montre une qualité moyenne à excellente dans l'ensemble du bassin Sebou. À l'exception de la partie Sud-Est qui présente une qualité mauvaise. L'analyse des bases de données montre que 12,12% des eaux ont une très mauvaise qualité , 5,22% des eaux sont de mauvaise qualité, 47,22% des eaux montre une qualité moyenne, 33,68% sont de bonne qualité et 1,73 des eaux témoigne d'une excellente qualité.

Les teneurs limite de la matière en suspension sont de 31719 mg/l et 370 mg/l. sa concentration peut être liée à la pollution par les eaux usée domestique et industrielle (hydroxyde métallique et poussière ; matière carbonaté)

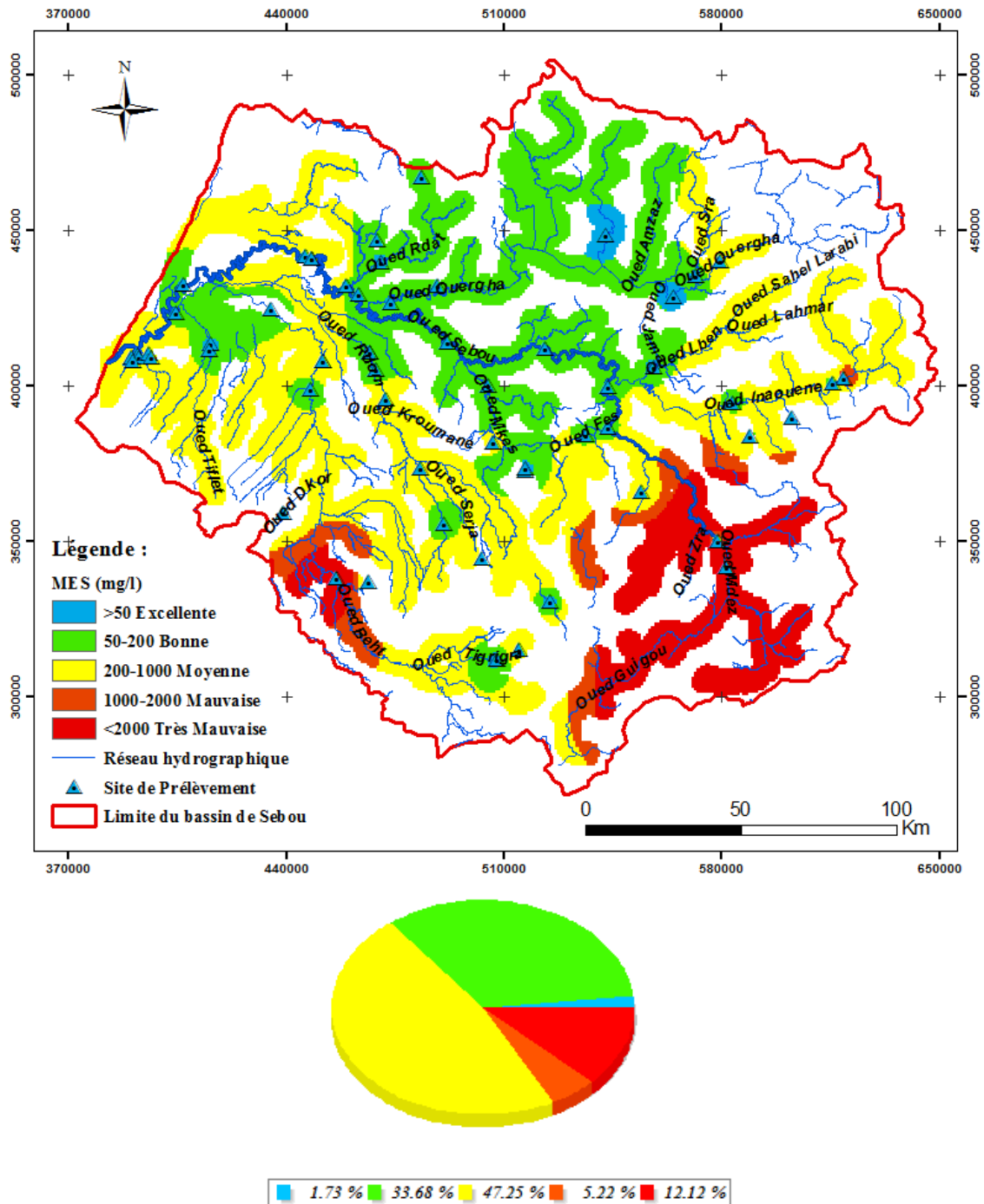


Figure II.10 : Carte et diagramme de qualité d’eaux de surface selon la teneur en (MES)(selon les résultats de la campagne 2 de 2013 de ABHS)

II.4.1.8 Qualité globale : IPpa

La carte de la qualité globale a été établie à travers l'équation (Annexe 1) de l'Indice Pondéré des Paramètres Analysés (IPpa). Une équation qui tend à répondre au besoin de l'interconnexion des paramètres entrant en jeu et de leur poids et par conséquent fournir un document de décision efficace. La Figure II. 11 présente la spatialisation par interpolation des résultats de calcul de l'IPpa. Elle montre que l'indice tend à diminuer de l'amont vers l'aval du bassin de l'Oued Sebou ce qui témoigne d'une altération de la qualité des eaux. Cela est lié surtout à l'influence de la partie nord du bassin qui montre une mauvaise à très mauvaise qualité et par endroit une qualité moyenne, notamment au niveau de l'Oued Ouergha et ses affluents Amzez, Aoulai, Sahla, Aoudour, l'Oued Sra et les Oued du haut Ouergha montre une moyenne qualité. À la différence de la partie sud-est qui montre une qualité moyenne à excellent, il s'agit de l'Oued Guigou et Tigri. Dans la même partie l'Oued Medez sort de la règle en montrant une qualité mauvaise. Au niveau de la partie aval du bassin versant de l'Oued Sebou, notamment depuis la ville de Fès l'indice pondéré a montré une diminution, confirmant ainsi d'une diminution de la qualité globale des eaux de surface, ce scénario se répète tout en allant vers l'aval. Cela peut être expliqué par une accumulation des paramètres de pollution

En ce qui concerne la classe de très mauvaise, elle représente 25,01% de la superficie total des alentours choisie des oueds. La classe de mauvaise qualité présente 47,51%, 16,24% des eaux ont une qualité moyenne, 18,84% sont de bonne qualité et 0,41% des eaux dévoile une qualité excellente

La dominance de la qualité mauvaise et liée surtout à la forte concentration de la matière en suspension et des rejets industriels. La dégradation par voie biologique et chimique peut favoriser la diminution de la teneur en oxygène dissous nécessaire. Cela à des répercutions à long terme sur la faune et la flore aquatique tels que les poissons qui ne résiste plus à l'absence de l'oxygéné, ce qui va augmenter le taux de mortalité.

En plus de cela ses analyses qui sont effectués en période estivale ce qui indique une absence de phénomène d'autoépuration.

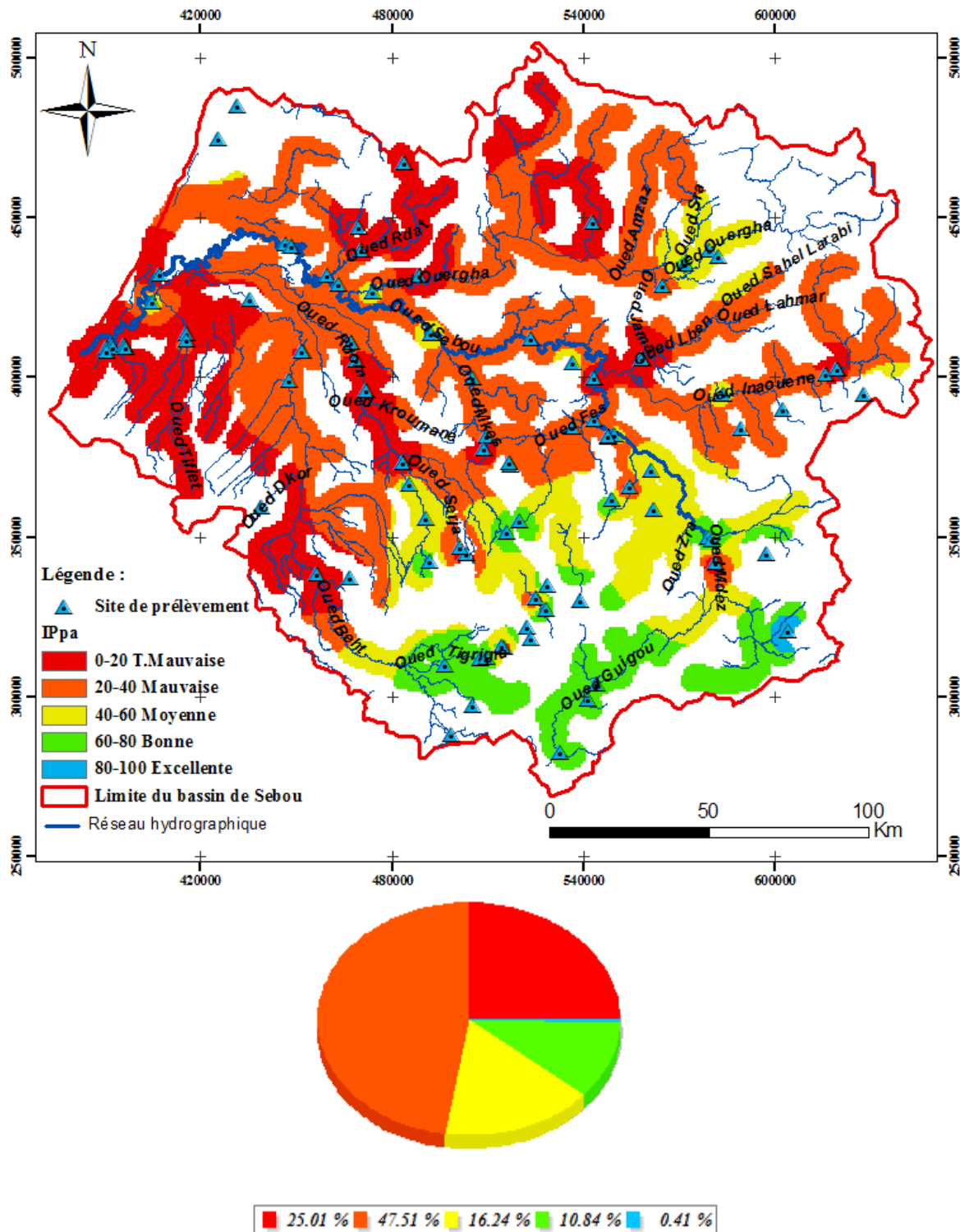


Figure II.11: Carte et diagramme de qualité global des eaux des surfacés du bassin Sebou selon la norme de qualité (selon les résultats de la campagne 2 de 2013 de ABHS)

II.4 .2 Eaux des sources :

La carte ci-dessous représente la qualité globale des eaux des sources du bassin de Sebou.

Les résultats des analyses des eaux des sources représentent une très excellente qualité dans 10/31 sources, alors que 15/31 présente une bonne qualité, 5/31 sources de qualité moyenne et 1/31 présent une mauvaise qualité.

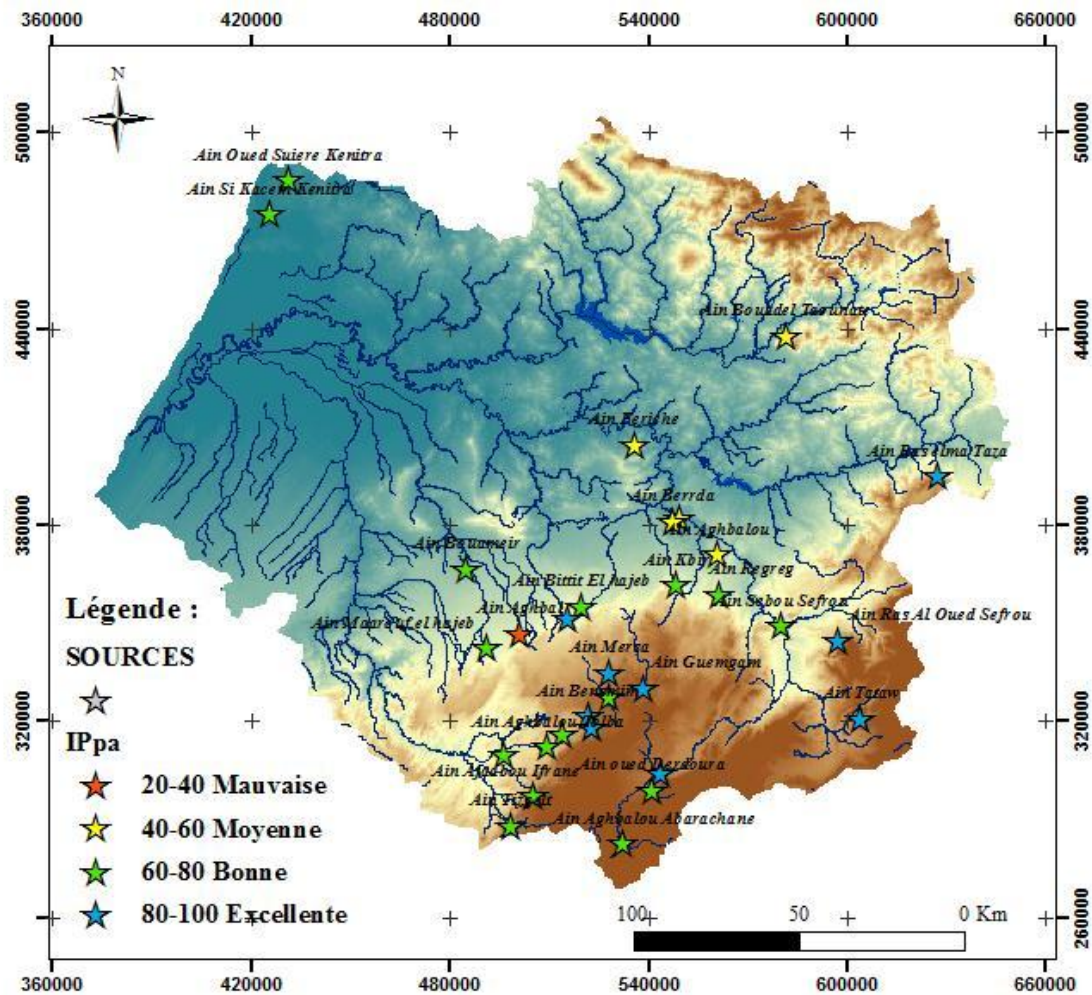


Figure II.12: Carte de qualité globale des eaux des sources du bassin Sebou selon la norme de qualité (selon les résultats de la campagne 2 de 2013 de l'ABHS)

II.4.3 Eaux souterraine :

II.4.3.1 Le calcium :

L'interpolation des résultats d'analyse de Ca^{2+} (mg/l) des eaux souterraines du bassin de l'Oued Sebou (Figure II. 13), montre une excellente qualité à l'ensemble des différentes nappes avec un pourcentage de 95.65%, 4,35% des eaux sont de mauvaise qualité, cette dégradation de qualité a été remarquée en grande partie à la nappe du Gharb.

Les nappes de Sebou ont un cycle hydrologique moyenne ce qui indique un temps de séjour courte, et une absence de contamination des nappes par les roches

La grande teneur en calcium est peut être liée à l'infiltration de la pollution des eaux de surface vers les nappes.

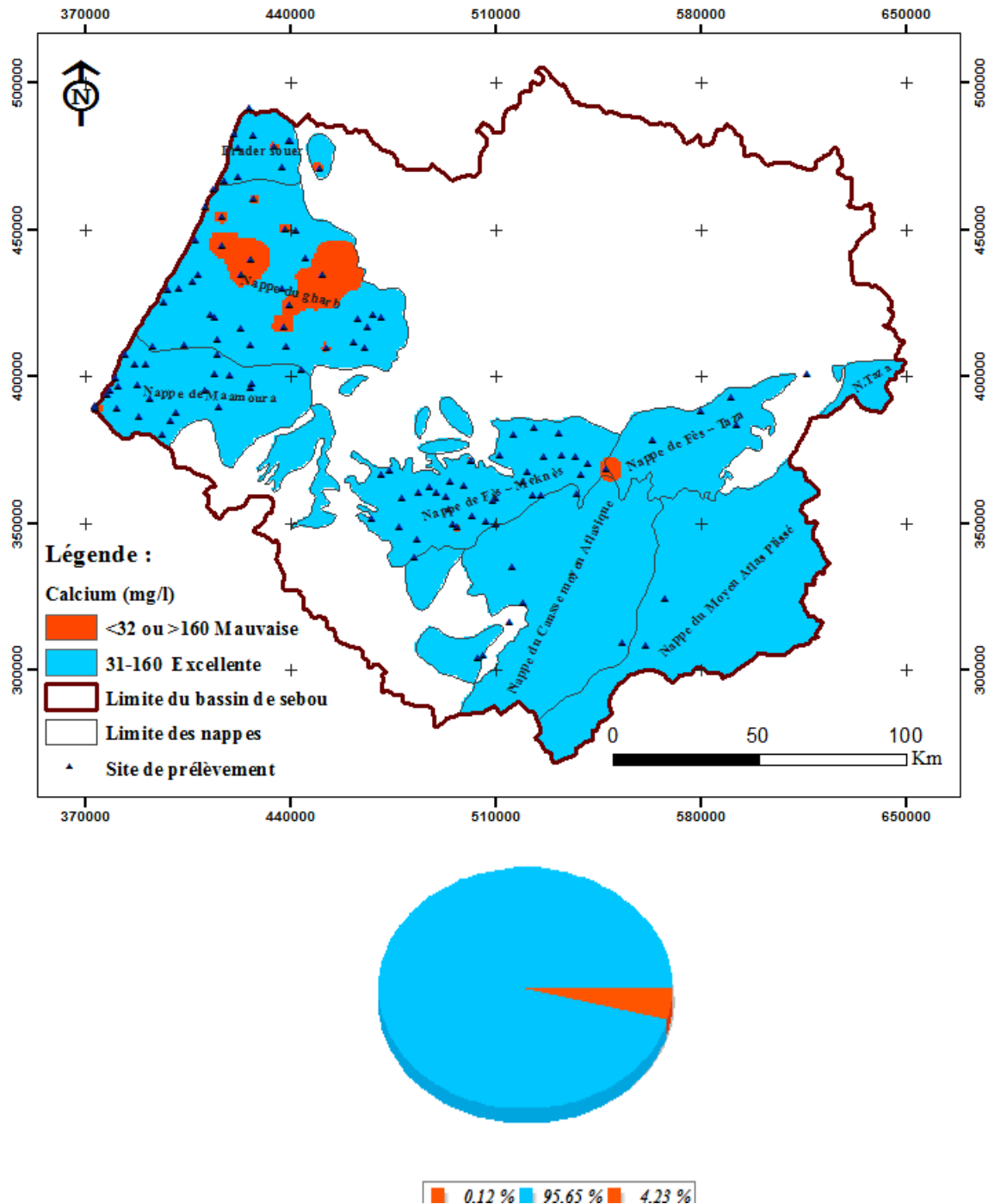


Figure II.13: Carte et diagramme de qualité des eaux souterraine selon la teneur en calcium (mg/l)(Selon les résultats de la campagne 2 de 2013 d'ABHS)

II.4.3.2 Sulfate :

La Figure II. 14 montre la répartition des teneurs en sulfate après interpolation des analyses au niveau des nappes, on constate une dominance de la qualité excellente dans tout le bassin, à l'exception de la nappe du Gharb dont la qualité varie d'excellente à très mauvaise.

Le diagramme montre que 0,48% des eaux témoignent d'une très mauvaise qualité, 1,04% des eaux sont de mauvaise qualité, 1,74% des eaux sont de moyenne qualité, 9% des eaux sont de bonne qualité et 87,74% des eaux sont d'excellente qualité.

La forte concentration en ions sulfate résulte d'un temps de contact important des eaux Souterraines avec la roche mère contenant du gypse.

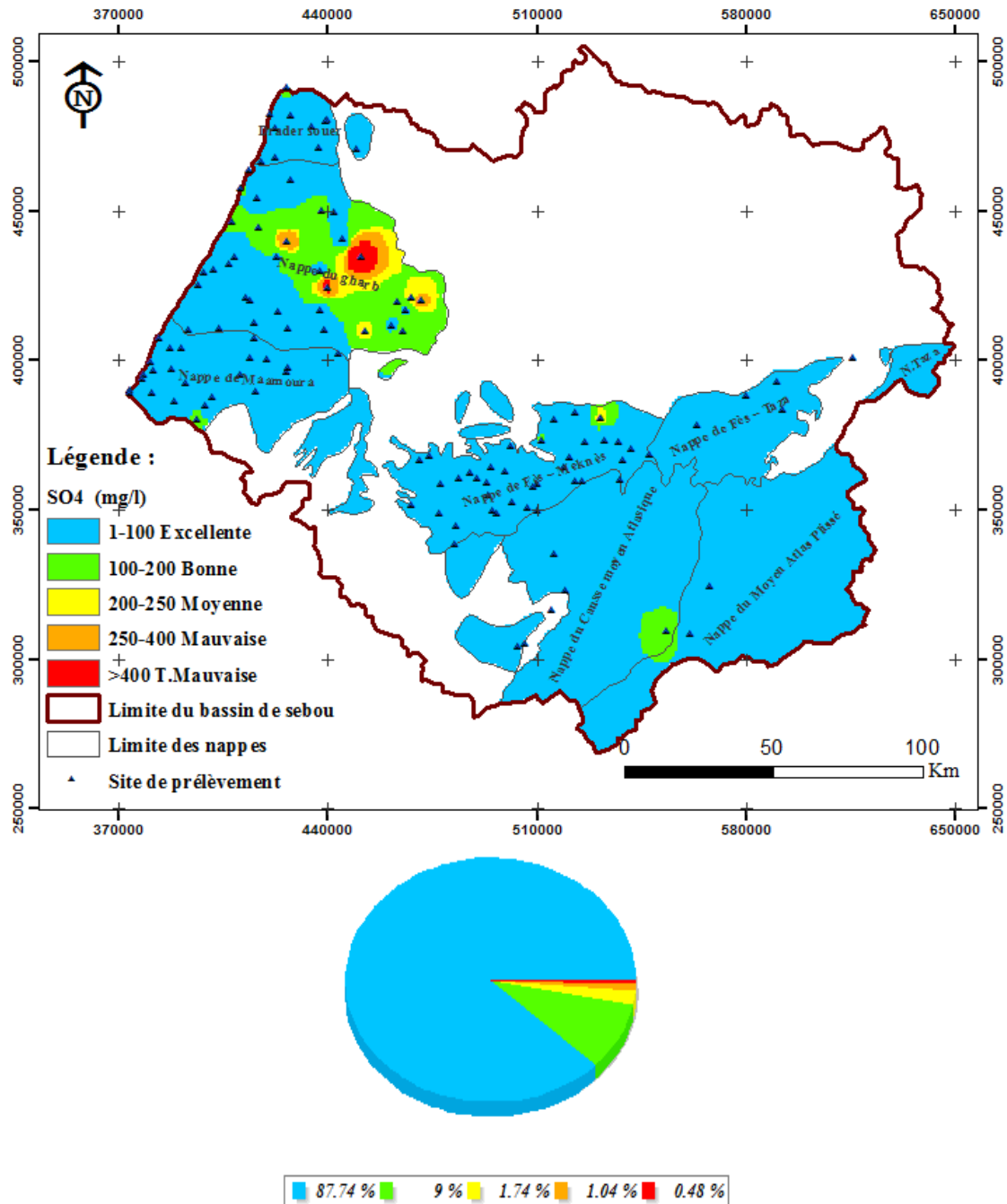


Figure II.14: carte de qualité des eaux souterraine selon la teneur en sulfates (mg/l)(selon les résultats de la campagne 2 de 2013 de l'ABHS)

II.4.3.3 Chlorure :

La Figure II.15 représente l'interpolation de chlorure, on note que la qualité dans la quasi-totalité des nappes du bassin de l'Oued Sebou est excellente, sauf la nappe du Gharb dont la qualité des eaux est de bonne à très mauvaise une bonne à très mauvaise qualité.

D'après le diagramme on a 0,87% des eaux témoignent d'une très mauvaise qualité, 1,36% des eaux sont d'une mauvaise qualité, 12,37% des eaux sont d'une moyenne qualité, 8,71% des eaux sont d'une bonne qualité, 76,69% des eaux sont d'une excellente qualité.

Les nappes de Sebou ont un cycle hydrologique moyenné. La nappe de Gharb dont la teneur en chlorure est élevée, peut avoir comme origine de la lixiviation des formations géologiques contenant du chlorure.

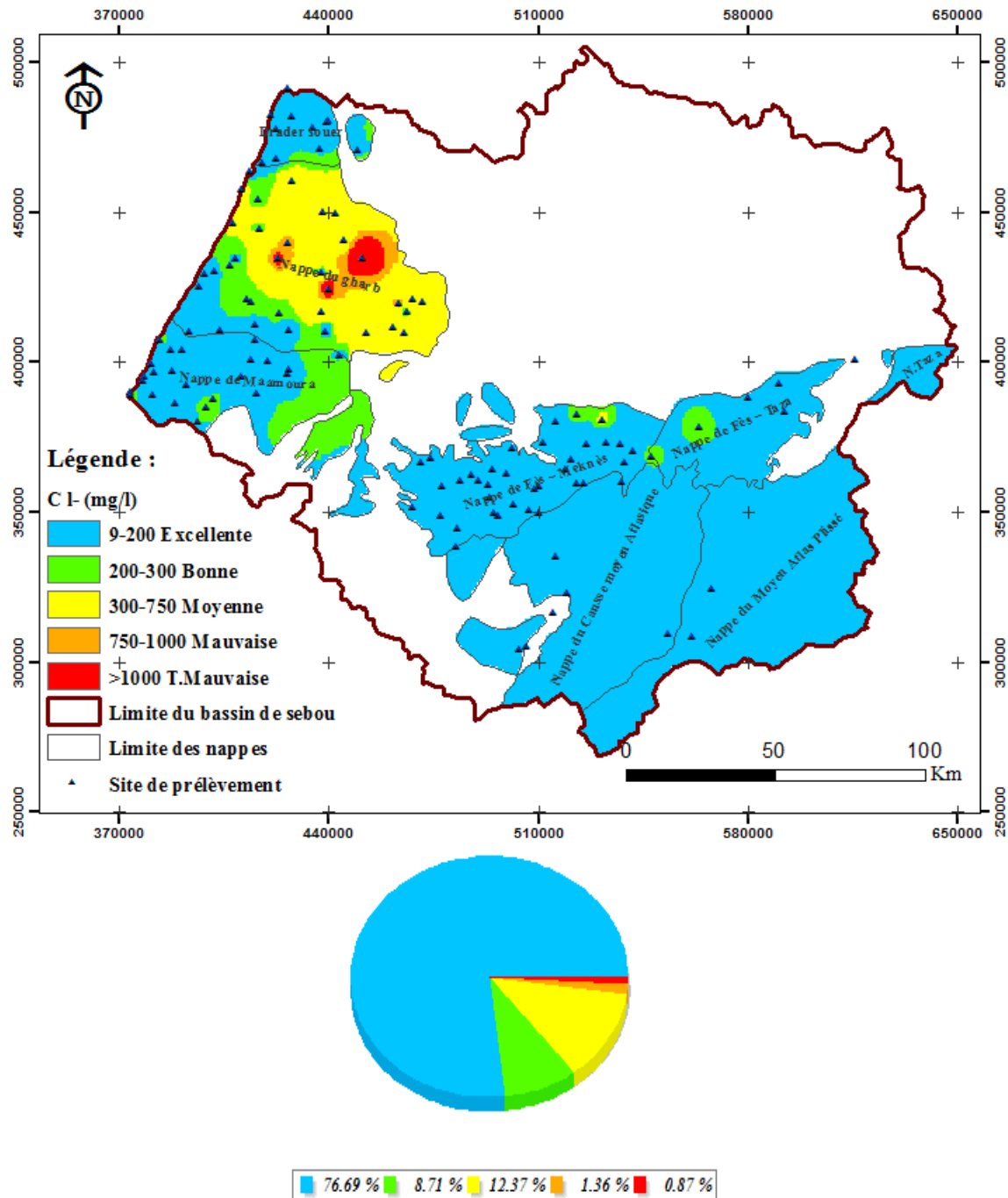


Figure II.15: Carte et diagramme de qualité des eaux souterraines selon la teneur en Chlorures Cl⁻(mg/l)(selon les résultats de la campagne 2 de 2013 d'ABHS)

II.4.3.4 Magnésium :

La Figure II.16 représente la répartition spatial des teneurs en Magnésium (mg/l), la qualité des eaux dans la nappe du Gharb et d'une partie du nappes Fès-Meknès varie de mauvaise à excellente, tandis que les autres nappes du bassin sont de bonne à excellente qualité

D'après le traitement de la base de données 2,71% des eaux sont de mauvaise qualité, 4,67% des eaux sont de moyenne qualité, 12,33% des eaux sont de bonne qualité 80,29% des eaux sont d'excellente qualité.

Une teneur élevée en magnésium peut être liée à l'infiltration de la pollution des eaux de surface vers la nappe.

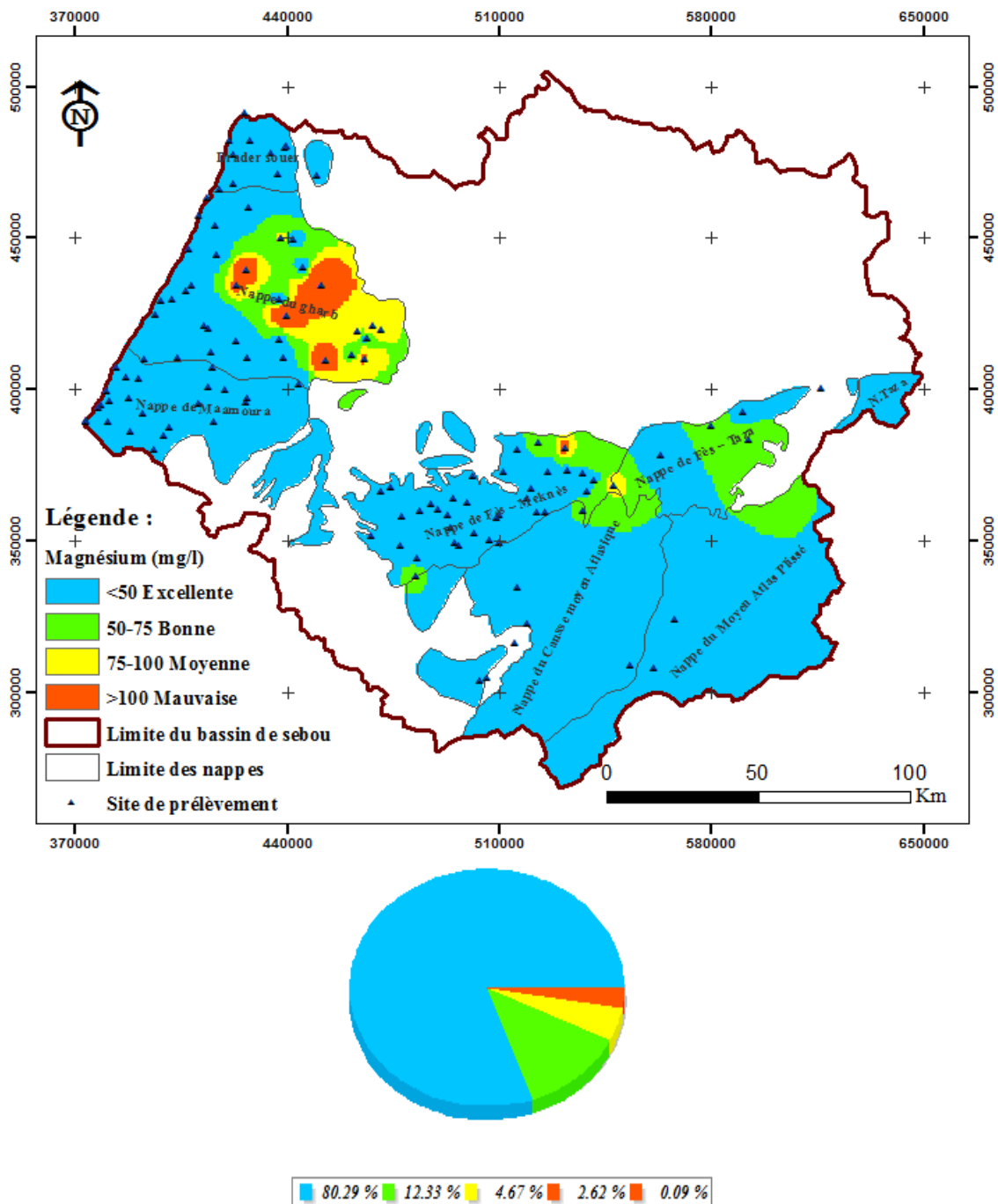


Figure II. 16: Carte et diagramme de qualité des eaux souterraine selon la teneur en Magnésium (mg /l)(selon les résultats de la campagne 2 de 2013 de ABHS)

II.4.3.5 Sodium :

La Figure II.17 représente la répartition spatial des teneurs en sodium (mg/l) , La qualité des eaux souterraines se manifeste en grande partie par une qualité excellente dans toutes les nappes, sauf la nappe du Gharb et un endroit de la nappe Fès-Taza où la qualité est mauvaise.

D'après le diagramme ci-dessous 12,45% des eaux souterraines sont de mauvaise qualité, d'autre part 87,55% des eaux ont une excellente qualité.

Le sodium, peut avoir comme origine de la lixiviation des formations géologiques contenant du chlorure de sodium.

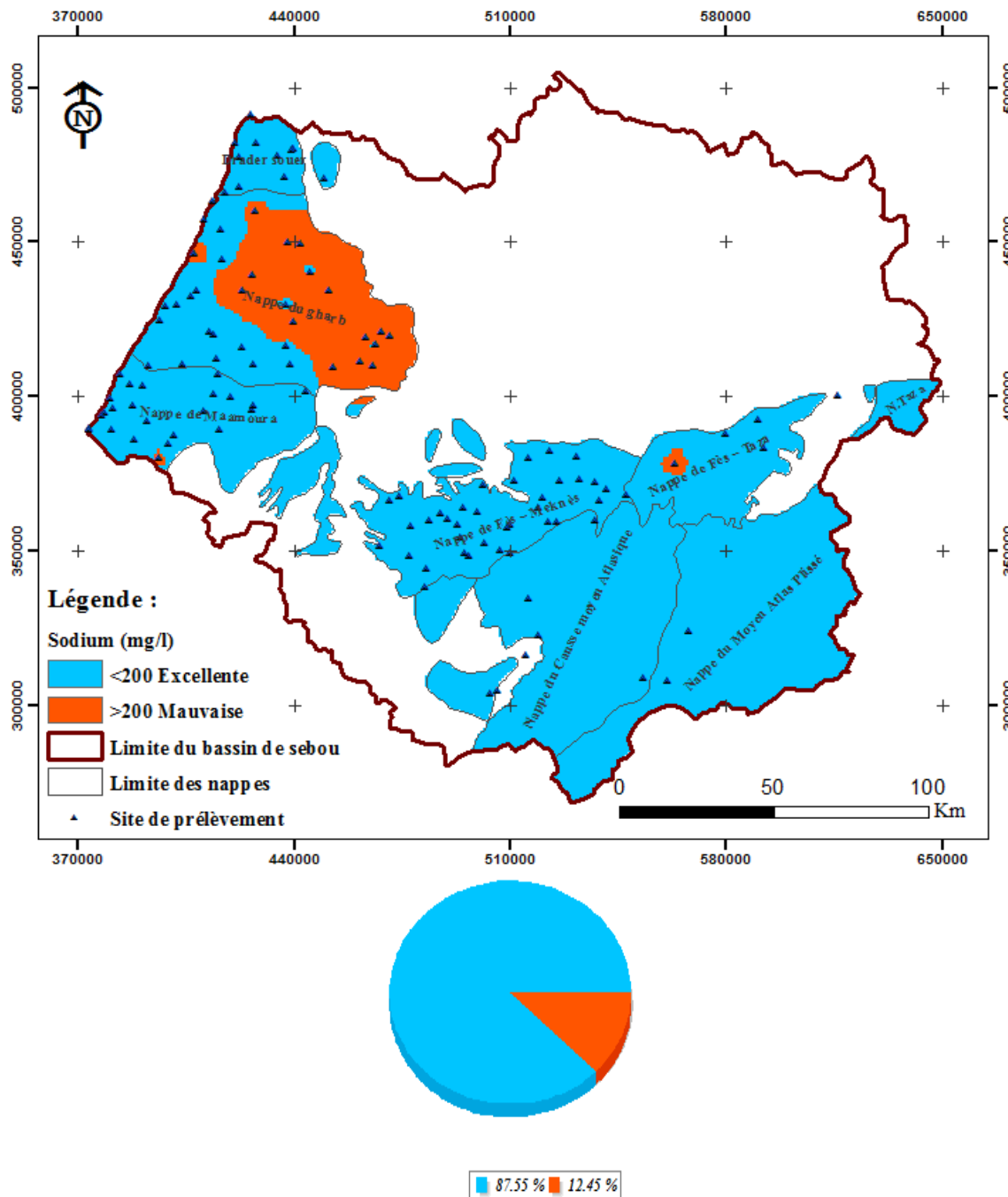


Figure II.17: Carte et diagramme de qualité des eaux souterraine selon la teneur en sodium (mg/l)(selon les résultats de la campagne 2 de 2013 de l'ABHS)

II.4.3.6 La conductivité électrique :

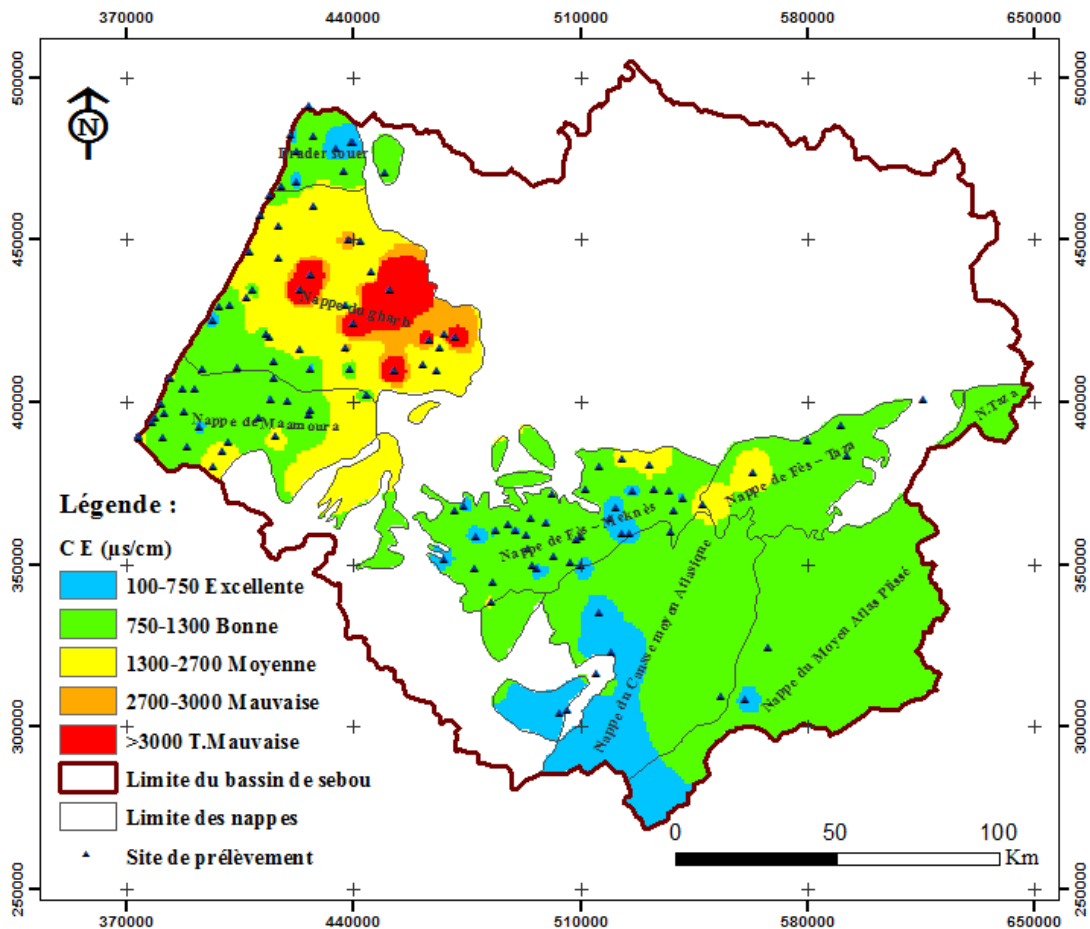
L'interprétation de La Figure II. 18 qui représente l'interpolation des données de la conductivité des nappes:

une qualité bonne à excellente : cas de la nappe du causse moyen atlasique ,la nappe du moyen atlas plissé et la nappe du drader –souer.

une qualité moyenne à bonne : cas de la nappe de Maamoura, la nappe de Fès-Taza et la nappe de Fès-Meknès. une qualité est bonne à très est mauvaise : cas de la nappe du Gharb

D'après le diagramme de la conductivité électrique, 3,49% des eaux sont de très mauvaise qualité, 2,42% des eaux sont de mauvaise qualité, 17,65% des eaux sont de moyenne qualité, 66,02% des eaux sont de bonne qualité, et 3,49% des eaux sont d'excellente qualité

La conductivité élevée de la nappe d'Gharb et liée à la pollution par les sulfates, le calcium, le sodium.



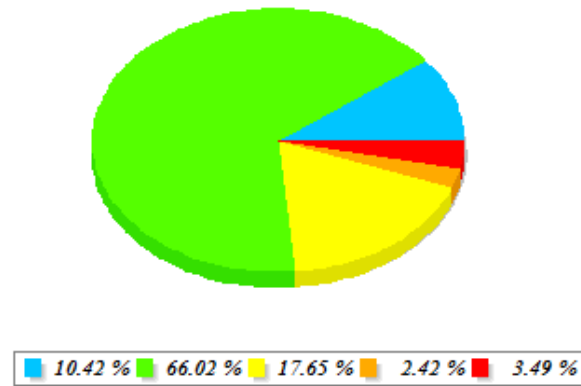


Figure II.18: Carte et diagramme de qualité des eaux souterraine selon la norme de qualité de la conductivité $\mu\text{S}/\text{cm}^2$ (selon les résultats de la campagne 2 de 2013 d'ABHS)

II.4.3.7 Matière Azotée :L'ammonium :

D'après la Figure II. 19 qui représente une répartition spatiale du paramètre de NH_4 (mg/l), on note que la qualité des eaux souterraines dans toutes les nappes du bassin de Sebou est comprise entre bonne et excellente.

D'après le diagramme : 2,06 % des eaux sont de bonne qualité, 97, 94% des eaux sont d'excellente qualité. La teneur en ammonium est limité entre (1 ,7-0) mg /l Les nappes de Sebou ont un cycle hydrologique rapide ce qui montre un temps de séjour Court et une absence de contamination des nappes par le lessivage des roches.

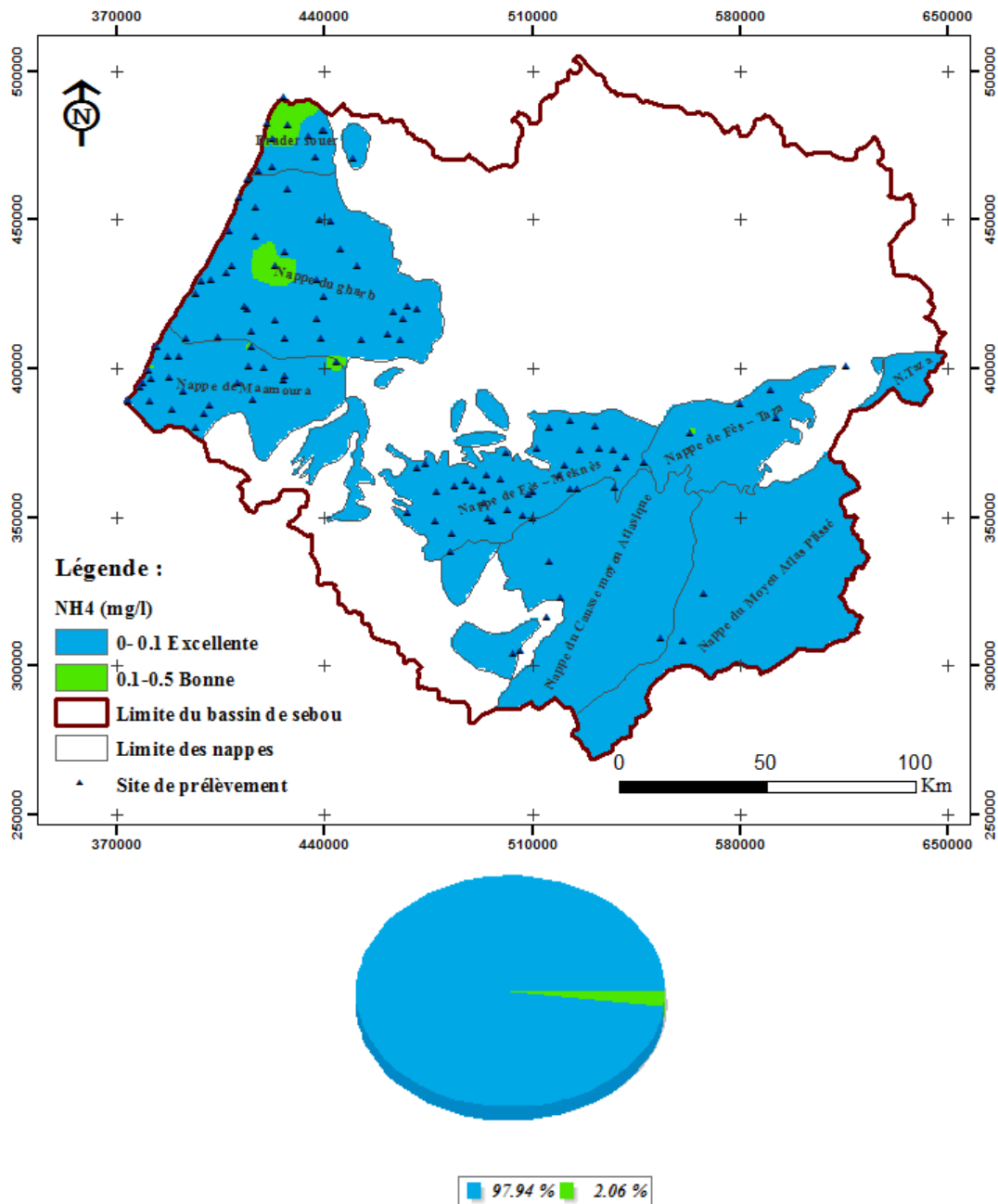


Figure II.19: Carte et diagramme de qualité des eaux souterraine selon la teneur en ammonium (mg/l) (selon les résultats de la campagne 2 de 2013 de l'ABHS)

II.4.3.8 Les nitrates (NO₃⁻) :

La Figure II. 20 représente la répartition spatiale du paramètre analysé de NO₃⁻ (mg/l), la qualité des eaux souterraines dans presque toutes les nappes varie de mauvaise à moyenne, sauf quelques endroits de prélèvement dans la nappe du Gharb où la qualité est bonne.

Le diagramme nous montre que: 57,75% des eaux sont de mauvaise qualité, 38,59% des eaux sont de moyenne qualité, 3,23% des eaux sont de bonne qualité, et 0,44% des eaux et d'excellente qualité. La teneur en nitrates est comprise entre (443-0) mg/l.

Cette pollution en nitrates est liée à l'activité agricole intensive dans le bassin versant et aux rejets en azote des effluents industriels et urbains.

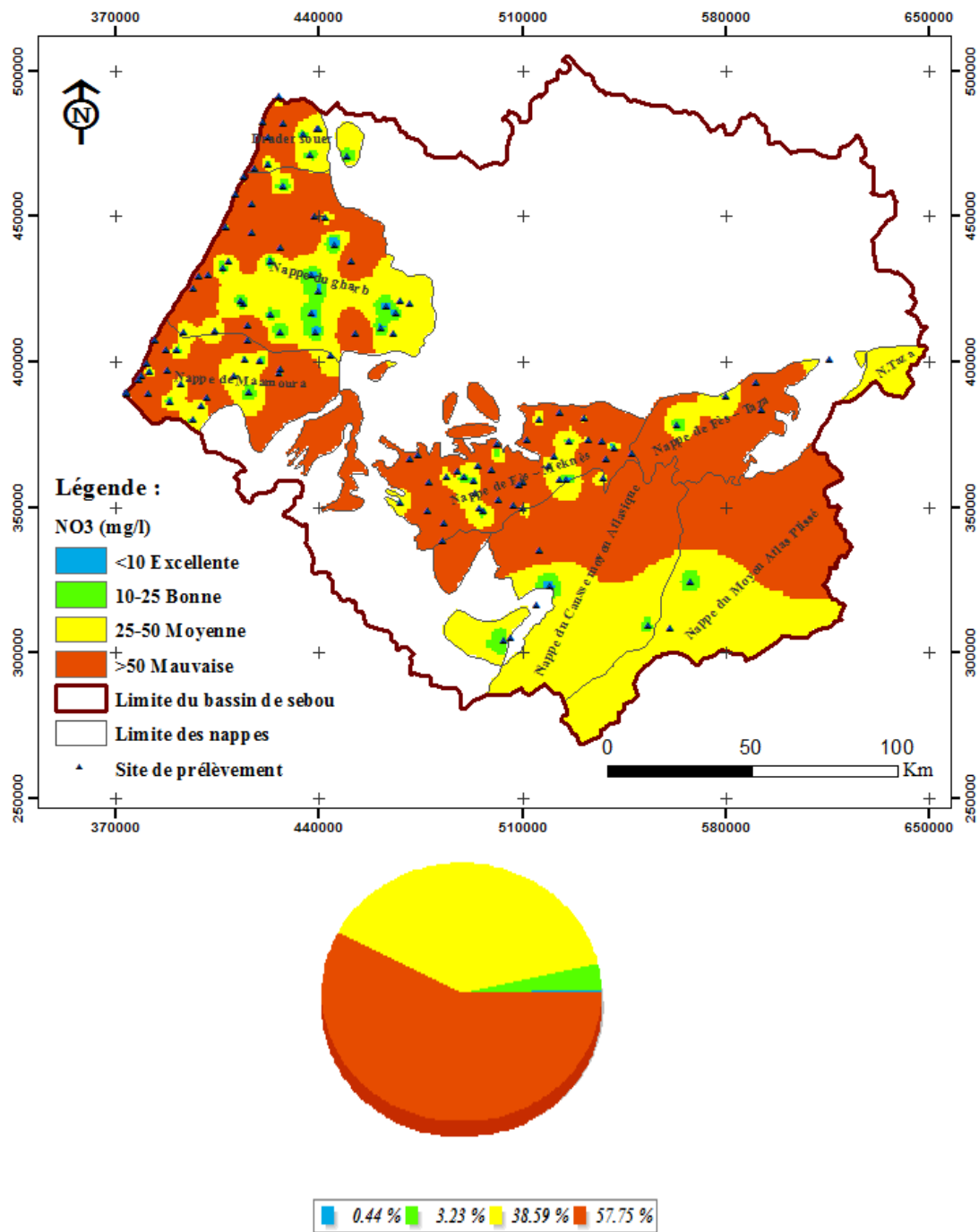


Figure II.20 :Carte et diagramme de qualité des eaux souterraine selon la teneur en nitrates (mg/l)(selon les résultats de la campagne 2 de 2013 de l'ABHS)

II.4.3.9 Acidification (pH) :

La Figure II. 21 représente la variation du pH dans les nappes du bassin, nous avons constaté que la qualité des eaux souterraines est excellente dans toutes les nappes.

Selon la norme de qualité de ph des eaux souterraines ,100% des eaux sont d'excellente qualité

La valeur de ph est comprise entre 6,3 et 8,4

Les nappes de Sebou ont un cycle hydrologique rapide ce qui indique un temps de séjour Court, aussi la présence des carbonates ce qui permet de neutralisation de PH

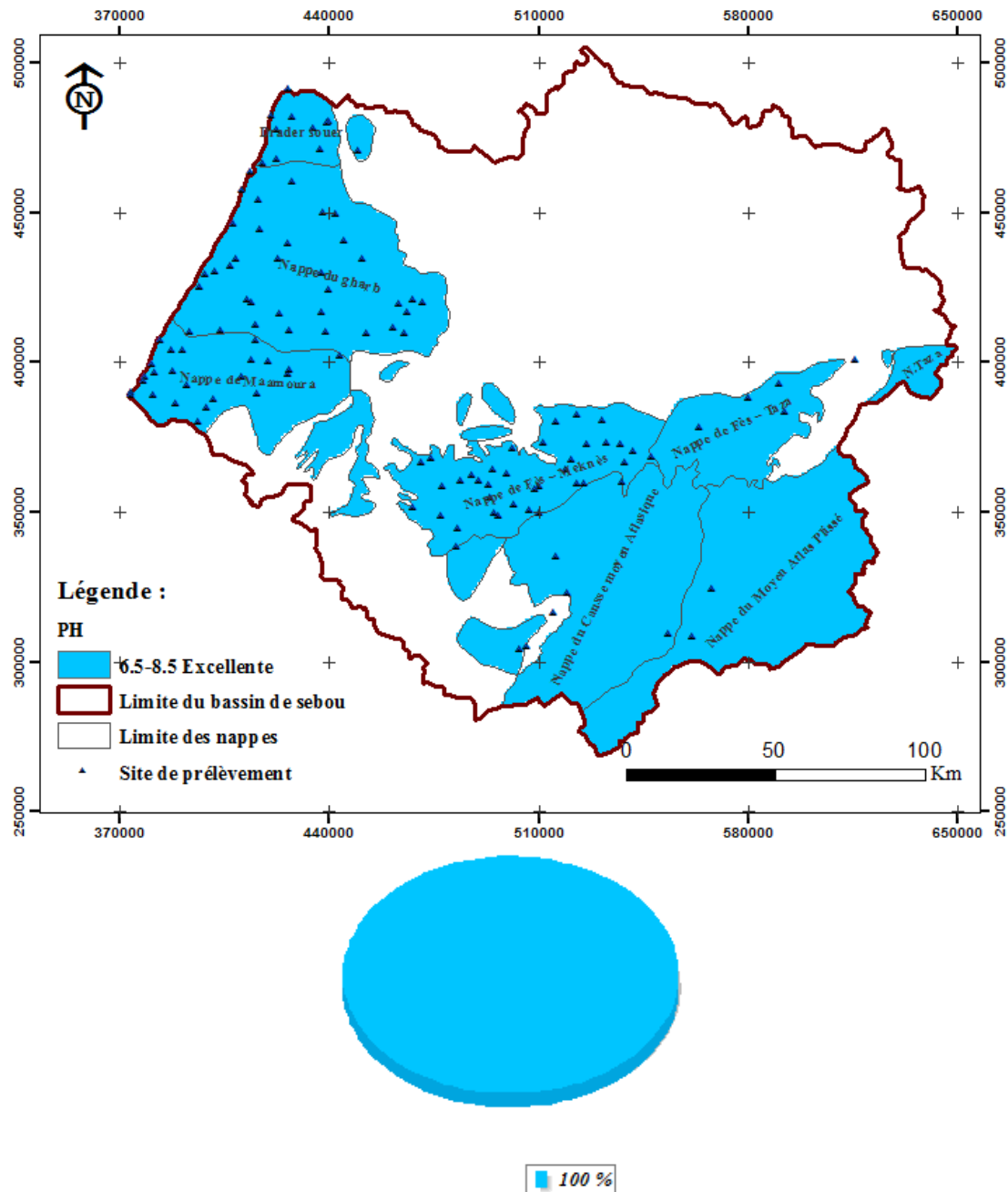


Figure II.21: Carte et diagramme de qualité des eaux souterraine selon la norme de qualité du ph (selon les résultats de la campagne 2 de 2013 de l'ABHS)

II.4.3.10 Température :

La Figure II. 22 représente les résultats de mesures de la température (°C) ; la qualité des eaux souterraines se manifeste d'une grande partie par une bonne à excellente qualité dans toutes les nappes du bassin.

Selon la norme de qualité de température des eaux souterraines, 0,13 % des eaux sont de moyenne qualité, 68,95% des eaux sont de bonne qualité, et 30, 93% des eaux ont une excellente qualité

La température des eaux de nappes est comprise entre (48-18) °c

La bonne qualité de température est expliquée par le manque de contact des eaux souterraines avec les températures externes

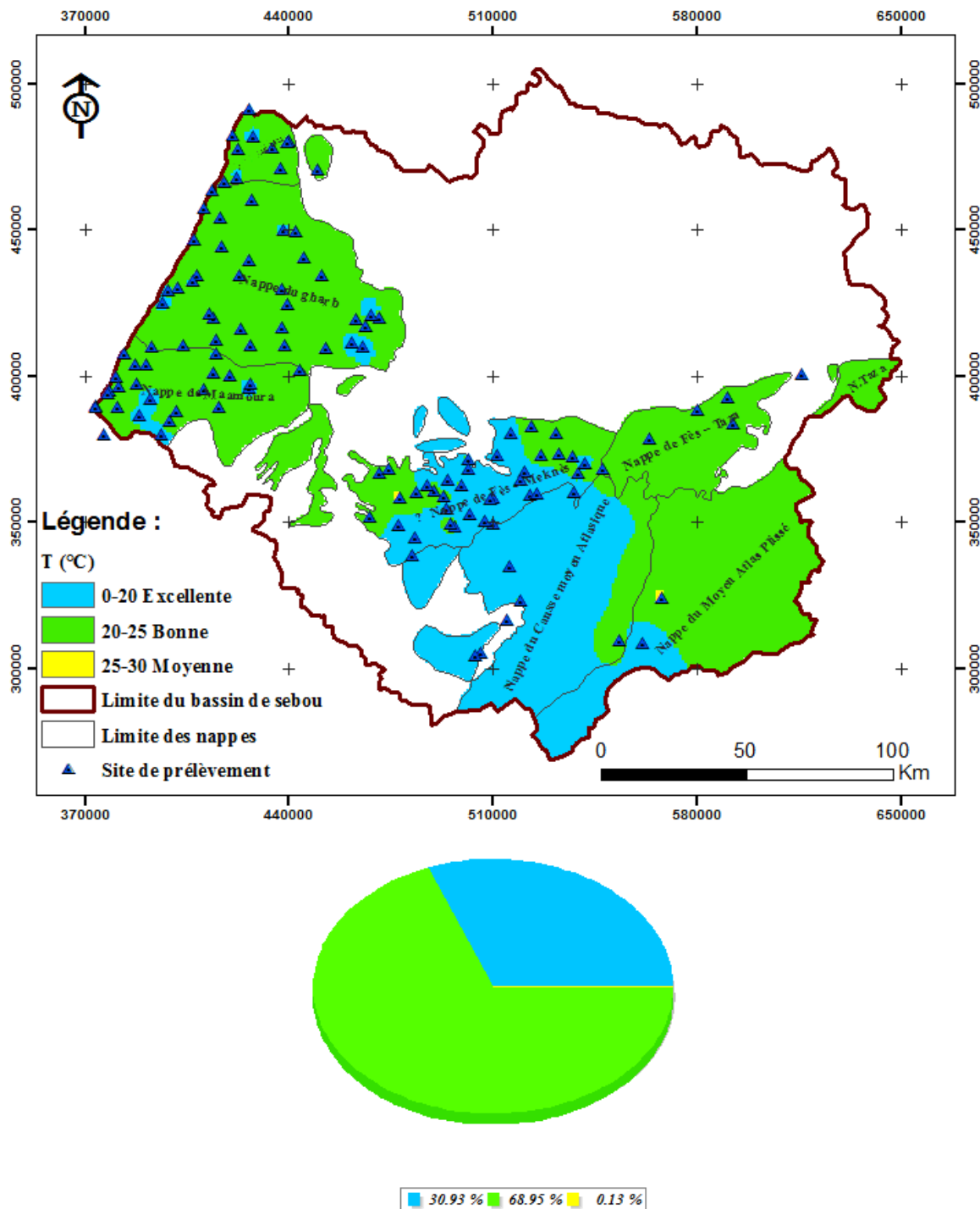


Figure II.22: Carte et diagramme de qualité des eaux souterraine selon la norme de qualité de la température (°c) (selon les résultats de la campagne 2 de 2013 de ABHS)

II.4.3.11 Qualité globale :

La carte de la qualité globale a été établie à travers l'équation (Annexe 1) de l'Indice Pondéré des Paramètres Analysés (IPpa). Une équation qui tend à répondre au besoin de l'interconnexion des paramètres entrant en jeu et de leur poids et par conséquent fournir un

document de décision efficace. D'après La Figure II. 23, la qualité des eaux souterraines dans les

nappes du bassin varie de bonne à mauvaise, sauf des endroits situés dans la nappe du Gharb qui sont de très mauvaise qualité : 1,02% des eaux sont de très mauvaise qualité, 12,12% des eaux sont de mauvaise qualité, 59,87% des eaux sont de moyenne qualité, 26,52% des eaux sont de bonne qualité, et 0,48 % des eaux sont d'excellente qualité.

La pollution des nappes de Sebou est due à l'intensité d'utilisation des engrais ainsi que par le rejet des eaux usées et à la forte minéralisation.

C'est la pollution en nitrates qui a contribué fortement à la baisse de l'indice pondéré des paramètres analysés cette pollution résulte de l'activité agricole intensive et des rejets en azote des effluents industriels et urbains.

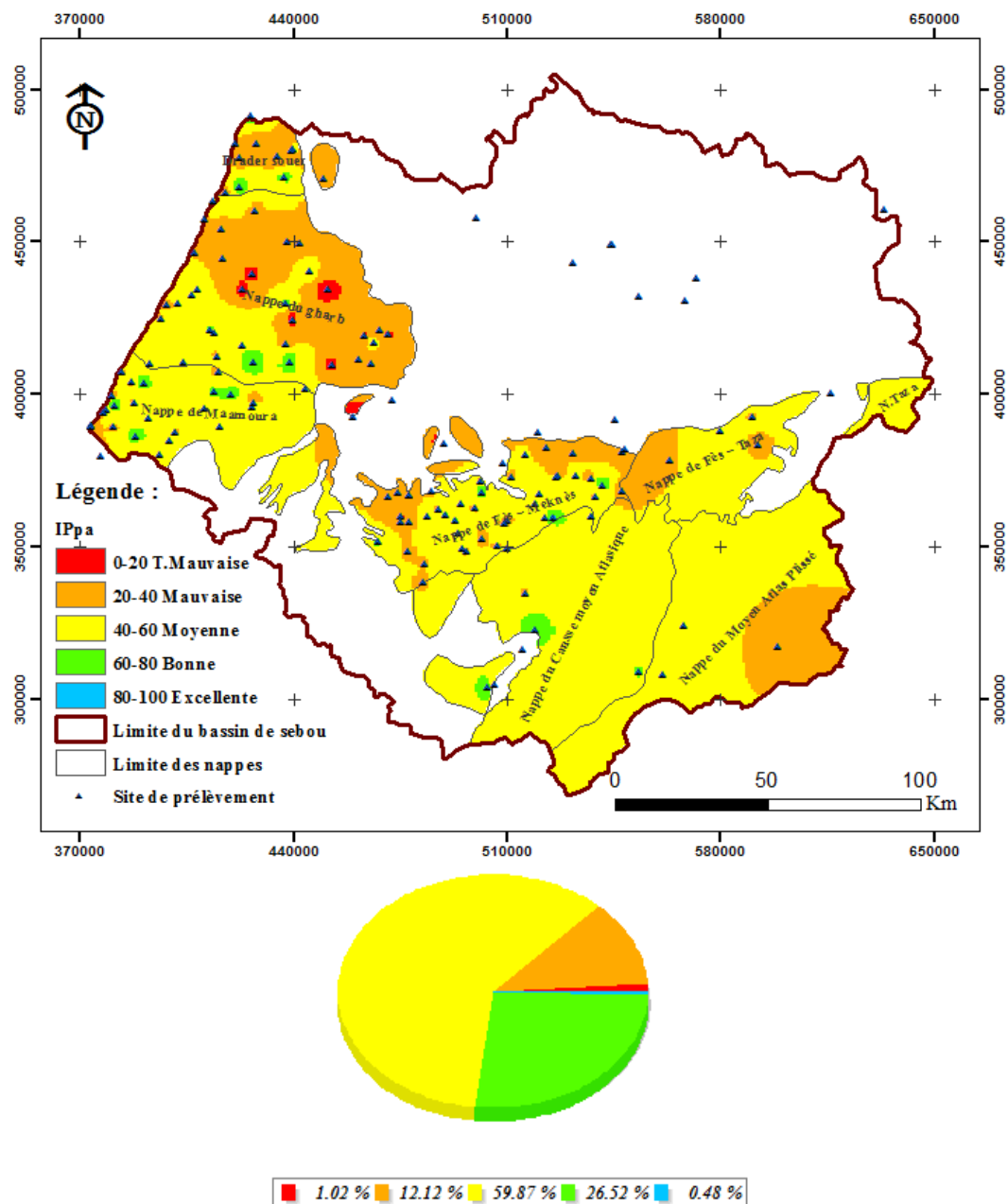


Figure II.23: Carte et diagramme de qualité des eaux souterraines globales selon la norme de qualité (selon les résultats de la campagne 2 de 2013 d'ABHS)

II.4 .4 Les lacs et les barrages

II.5 II.4.4.1 Température :

La température des lacs et des barrages est comprise entre (27-10.3) °C. Selon la norme de qualité de température des eaux des lacs et barrages, 15% des eaux sont de moyenne qualité, 46% des eaux sont de bonne qualité, 39 % des eaux sont d'excellente qualité.

La température des eaux immobilisées et liée par le phénomène de brassage thermique et sachant que cette analyse est réalisée en période d'été il y a une stratification de lac (épilimnion ;thermocline ; hypolimnion).

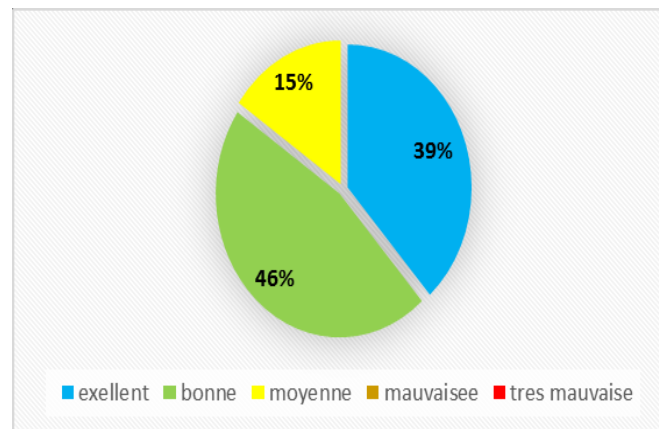


Figure II.24 : Répartition de la qualité des lacs et des barrages selon la température (selon les résultats de la campagne 2 de 2013 de l'ABHS)

II.4.4.2 Oxygène dissous :

D'après la norme de qualité d'oxygène dissous dans les eaux des lacs et barrages :

42% des eaux sont de moyenne qualité. 39 % des eaux sont d'excellente qualité, et 15% des eaux sont qualité moyenne.

L'oxygène dissous des lacs et des barrages est comprise entre (9.6 - 4.48) mg/l.

La diminution de l'oxygène dissous peut être liée à sa consommation par les micro-organismes et les algues pour la respiration et pour la dégradation de la matière organique soit par voie biologique ou par des relations d'oxydation.

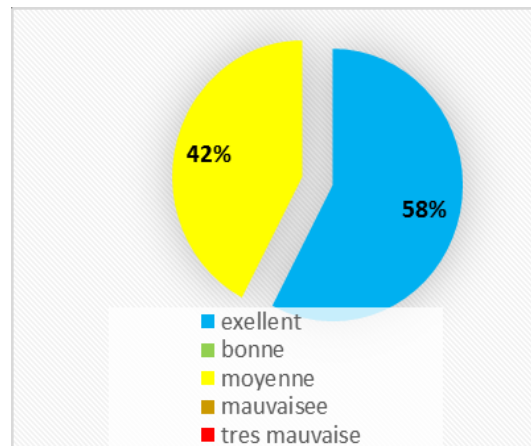


Figure II.25 : Répartition de la qualité des lacs et des barrages selon la teneur (O_2 diss)(selon les résultats de la campagne 2 de 2013 de l'ABHS)

II.4.4.3 Nitrate :

Selon la norme de qualité des nitrates dans les eaux des lacs et barrages : 91% des eaux ont une excellente qualité et 9 % des eaux sont de bonne qualité.

La teneur en nitrates des lacs et des barrages est comprise entre (13.35- 0.14) mg/l

Les barrages et les lacs du bassin Sebou sont protégés contre les eaux usées polluées par les nitrates

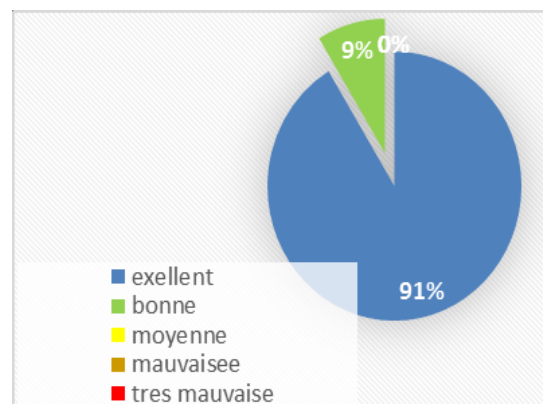


Figure II.26 : Répartition de la qualité des lacs et des barrages selon la teneur en NO_3^- (selon les résultats de la campagne 2 de 2013 de l'ABHS)

II.4.4.4 Phosphore total :

D'après la norme de qualité du phosphore total dans les eaux des lacs et barrages :

39% des eaux sont de mauvaise qualité, 35 % des eaux sont d'excellente qualité, 26 % des eaux et de bonne qualité.

La teneur en phosphore totale est comprise entre (1.83-0.06)

Les phosphates font partie des anions facilement fixés par le sol ; leur présence dans les barrages est peut être liée au transport des sédiments vers les milieux récepteurs.

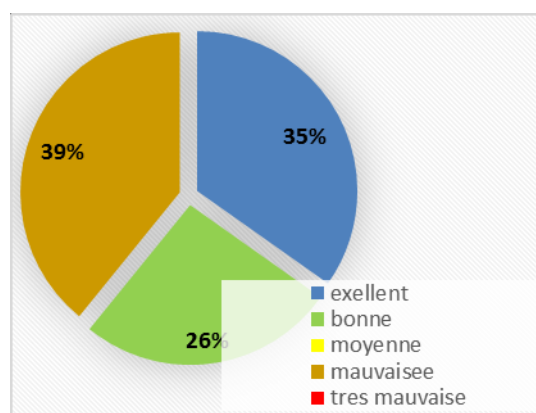


Figure II.27 : Répartition de la qualité des lacs et des barrages selon la teneur en (P.T) (selon les résultats de la campagne 2 de 2013 de l'ABHS)

II.4.4.5 Les chlorophylles :

Selon la norme de qualité des chlorophylles a dans les eaux des barrages et des lacs :

4% des eaux sont de mauvaise qualité, 9% des eaux sont de moyenne qualité, 17 % des eaux sont de bonne qualité et 70 % des eaux sont d'excellente qualité.

La teneur en chlorophylle a dans les lacs est les barrages est comprise entre (32-0.07) mg/l.

La teneur en chlorophylle a indiqué la présence d'algues dans les eaux.

Ce développement d'algues est peut être lié à la présence du phosphore dans le milieu (eutrophisation).

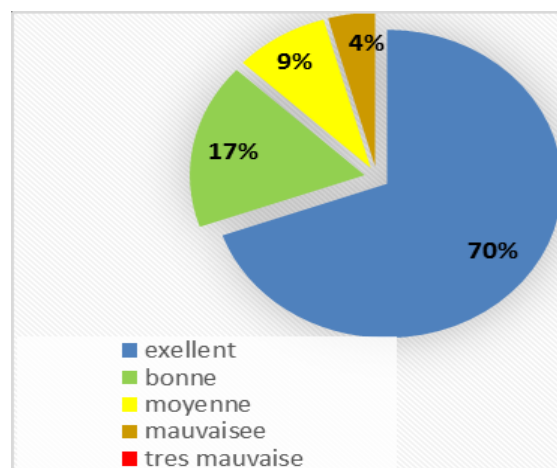


Figure II.28 : Répartition de la qualité des lacs et des barrages selon la teneur en chlorophylle a (selon les résultats de la campagne 2 de 2013 d'ABHS)

II.4.4.6 pH :

D'après la norme de qualité du ph dans les eaux des lacs et des barrages: 8% des eaux sont de mauvaise qualité, 31% des eaux sont de moyenne qualité, 61 % des eaux sont d'excellente qualité.

Le ph dans les lacs et les barrages et comprise entre (10 - 7.42)

L'eau d'un lac ou d'un barrage peuvent être basiques soit par la géologie des sols traversés (roche calcaire ; dolomite) soit par l'alimentation des eaux de barrage par des eaux usées d'origine domestique ou industrielle

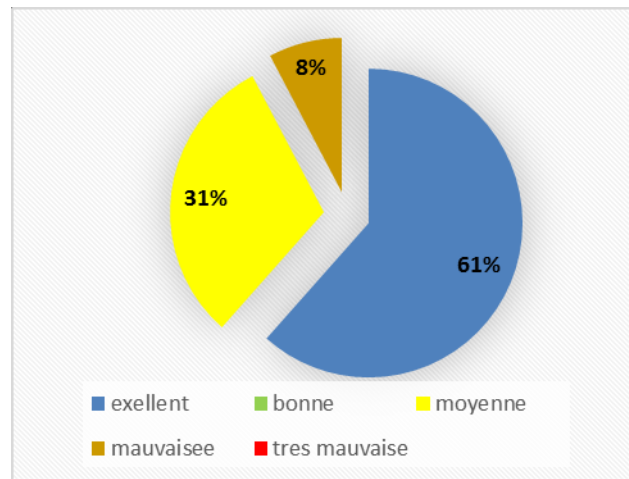


Figure II.29 : Répartition de la qualité des lacs et des barrages selon le pH (selon les résultats de la campagne 2 de 2013 de l'ABHS)

II.4.4.7 La conductivité électrique :

Selon la norme de qualité de conductivité dans les eaux des lacs et des barrages :13% des eaux sont de moyenne qualité, 8% des eaux sont de bonne qualité, 79 % des eaux sont d'excellente qualité.

La Conductivité des lacs et des barrages est comprise entre (22700-140) $\mu\text{S}/\text{cm}^2$.

La minéralisation des lacs et des barrages peut être liée à la pollution par le phosphore totale (fig.26) ou par autres ions formés au cours du transport des eaux ou des ions apparus dans les milieux suite à des réactions chimiques (dissolution) ou biochimiques (nitrification).

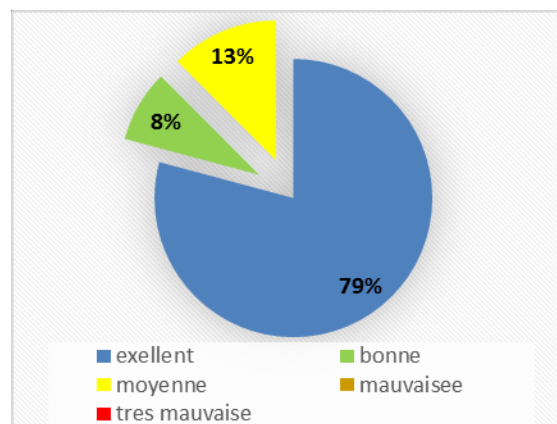


Figure II.30: Répartition de la qualité des lacs et des barrages selon la conductivité (selon les résultats)

II.4.4.8 Les lacs et barrages de Sebou :

La carte ci-dessous représente la qualité globale des eaux des barrages et des lacs dans le bassin de Sebou.

Les résultats des analyses des eaux des barrages et des lacs représentent 2/26 d'eaux de très mauvaise qualité, 9/26 de mauvaise qualité plus 10/26 des eaux de moyenne qualité et 4/26 des eaux de bonne qualité, 1/26 des eaux d'excellente qualité.

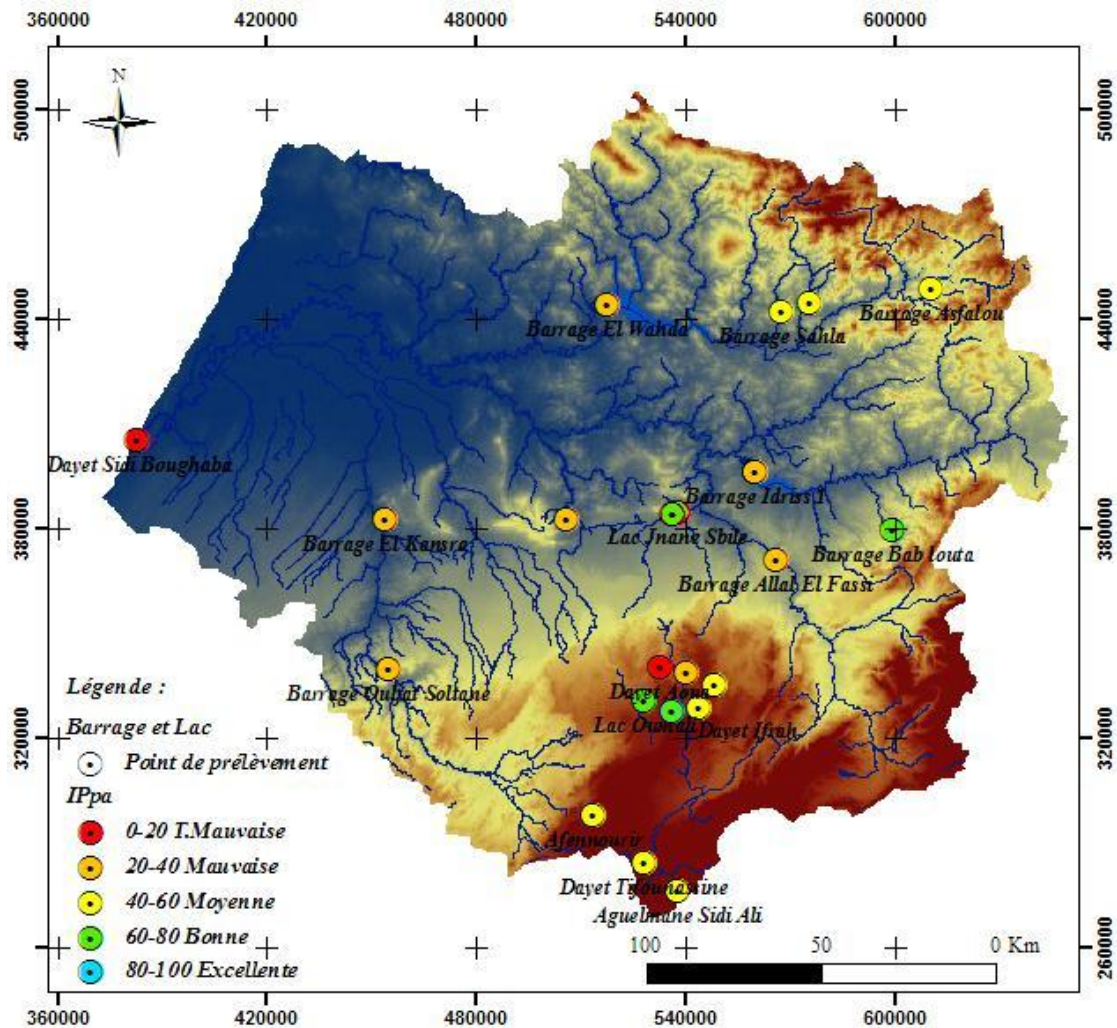


Figure II.31: Carte de la qualité globale des barrages et des lacs du bassin Sebou (selon les résultats de la campagne 2 de 2013 d'ABHS)

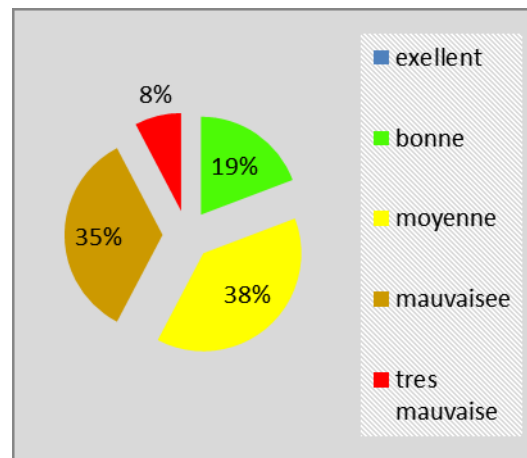


Figure II.32: Répartition de la qualité globale des lacs et des barrages (selon les résultats de la campagne 2 de 2013 d'ABHS)

II.4 .5 Les eaux thermales

La figure 33, montre que les eaux thermales sont de qualité mauvaise. Cela est dû d'une part à la température élevée, d'autre part à la forte minéralisation, ce qui est adaptable à l'usage médicale. Les rejets des eaux thermales peuvent être une source de pollution.

La carte ci-dessous représente la qualité globale des eaux des thermales dans le bassin de Sebou.

Les résultats des analyses des eaux thermales représentent une très mauvaise qualité dans six sources thermales, alors que cinq autres sources présentent une qualité mauvaise, une seule source présente une qualité moyenne, et deux sources présentent une bonne qualité.

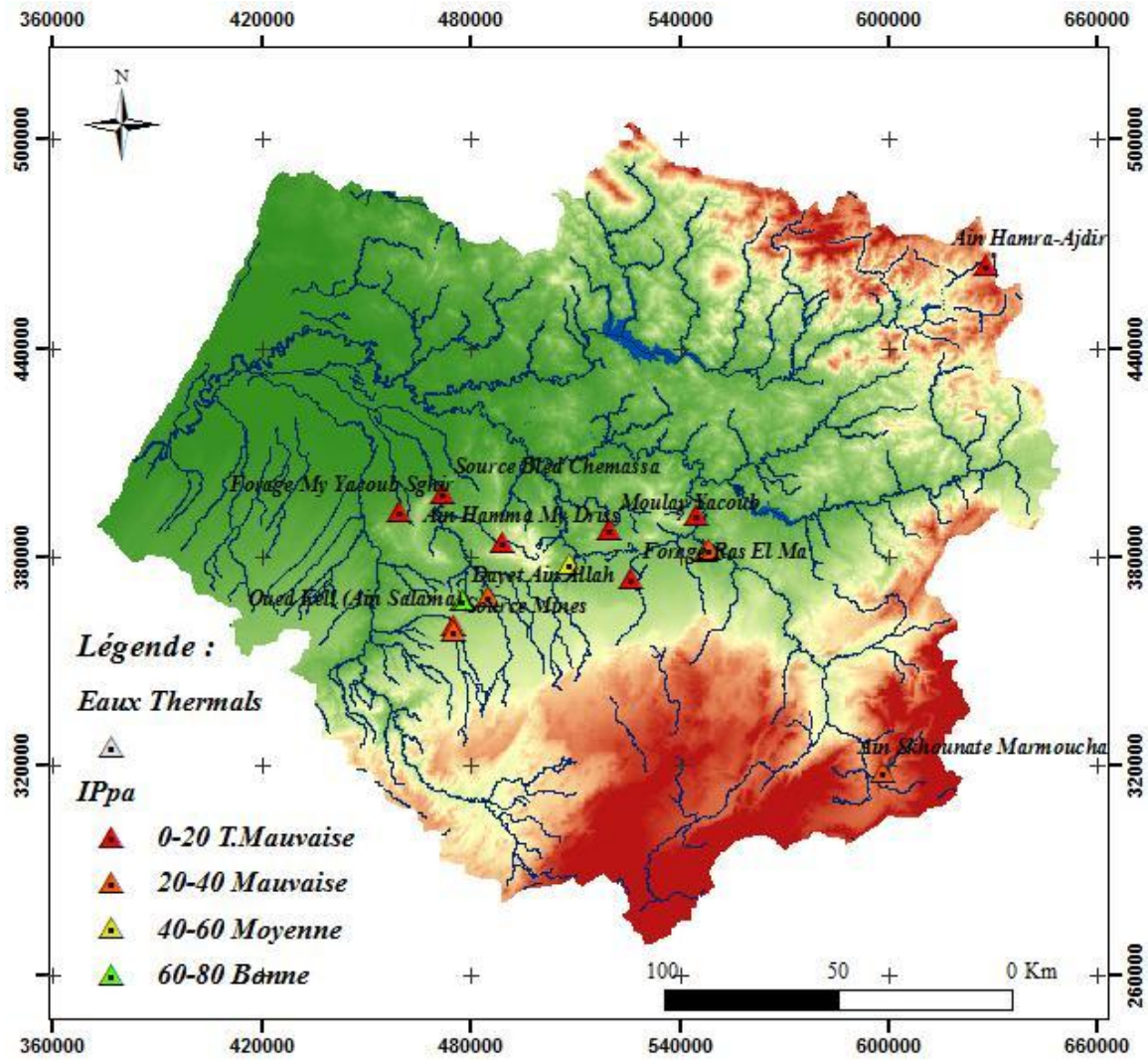


Figure II.33: Carte de qualité globale des eaux thermales selon les normes des eaux souterraines (selon les résultats de la campagne 2 de 2013 d'ABHS)

Conclusion générale

Lorsqu'on dispose d'un nombre limité de points de mesure pour représenter un phénomène de nature continue, par exemple la pollution de l'eau, on a recours à des méthodes d'interpolation pour créer une surface continue entre les points de mesure.

Il existe deux groupes principaux de méthodes d'interpolation :

- les méthodes déterministes, qui utilisent des fonctions mathématiques;
- les méthodes géostatistiques, qui combinent des fonctions mathématiques et des données géo-référencées pour calculer les surfaces.

D'après notre recherche on a adopté la méthode géostatistiques (Inverse Distance). L'outil d'interpolation "Inverse Distance " est une méthode déterministe qui permet de créer une surface continue (raster) à partir des données discrètes (points) en calculant la valeur et la proximité des points aux alentours. Plus un point est proche, plus sa valeur aura de poids et inversement. Il existe plusieurs autres méthodes de calculs pour l'interpolation de données mais la méthode IDW est la plus commune.

Pour pouvoir utiliser cette fonction, il est important d'avoir suffisamment de données à exploiter et avec une représentation régulière dans l'espace.

Bibliographie :

- {2} LEGUBE, Jean. MERLET, Bernard. RODIER, Nicole. Livre : L'analyse de l'eau. Dunod, 1600 pages. 2009. Paris.
- DROUART Éric, VOUILLAMOZ Jean-Michel, livre : Alimentation en eau potable des populations menacées, Hermann éditeurs. 566 pages .1999, paris)
- {1} Notes de synthés d'agence du bassin Sebou, 2007

Webographie :

- Ministre d'énergie et des mines de l'eau et d'environnement, Maroc.
<http://www.mem.gov.ma/> consulté le 20/05/2014



FICHE SUR LE NOUVEAU SYSTÈME D'ÉVALUATION DE LA QUALITÉ DES EAUX

Consciente de la nécessité de réviser le système actuel d'évaluation de la qualité des eaux, la DRPE a lancé une étude d'élaboration d'un nouveau système d'évaluation de la qualité des eaux de surface et souterraine qui serait plus précis et plus complet que le système actuel.

Cette étude a été réalisée en deux missions :

- Mission 1 : Analyse critique de l'existant ;
- Mission 2 : Nouvelle approche d'évaluation des eaux de surface et des Eaux souterraines.

Les résultats de cette étude ont été présentés lors d'un atelier organisé le 23 décembre 2008 en présence du département de l'environnement, du ministère de la santé, des agences du bassin, de l'ONEP, du ministère de l'agriculture et du haut-commissariat aux eaux et forêts.

Les avantages de ce système résident dans le fait qu'il :

- est moins pénalisant,
- englobe plusieurs paramètres,
- inclut une grille des eaux souterraines,
- propose une nouvelle méthode pour l'évaluation sur une série chronologique de données plus simple que celle de l'article 4 de l'arrêté N°1275-02
- propose un système d'évaluation biologique basée sur l'IBD et l'IBGN Complémentaire au système physico-chimique.

Dans le but de mettre en œuvre ce système et prévoir son assise juridique, un comité sera créé pour l'examiner et le tester.

Ce système est basé sur la notion de **l'indice de qualité pondéré** qui est calculé pour chaque paramètre et pour chaque altération. (**Renvoi 1**)

En effet, les valeurs des fourchettes fixées par les nouvelles grilles pour évaluer la qualité des eaux sont transformées en chiffres sans unité variant de **0** pour une qualité **très mauvaise** à **100** pour une qualité **excellente** (**renvoi 2**).

La qualité de l'eau est évaluée au regard de différents types de pollution qui sont caractérisés par des groupes de paramètres de même nature ou de même effet sur les milieux aquatiques.

L'indice d'un paramètre s'obtient par **pondération** et **l'indice d'une altération** s'obtient par la **moyenne des valeurs pondérées** des paramètres caractérisant la dite altération.

L'indice de qualité global de l'eau est **l'indice le plus faible** obtenu pour l'ensemble des altérations considérées

Chaque classe de qualité est définie par un ensemble de valeurs seuils que les différents paramètres des différentes altérations ne doivent pas dépasser.

La classe de qualité obtenue est celle de **l'altération avec l'indice le plus bas**.

(Renvoi 1)**Règle de calcul de l'indice pondéré (IP)**

La formule du calcul de l'indice pondéré est la suivante

$$IP_{pa} = I_i + [(I_s - I_i)/(bs - bi)] * (bs - pa)$$

- IP_{pa} : indice pondéré du paramètre analysé
- I_i : Indice inférieur
- I_s : Indice supérieur
- bi : borne inférieure
- bs : borne supérieure
- pa : paramètre analysé

Exemple 1 de calcul : MOOX (DBO5)

Alt. N°	Classe de qualité	Excellente	Bonne	Moyenne	Mauvaise	Très mauvaise
	Indice	100 - 80	80 - 60	60 - 40	4 - 20	20 - 0
1	MO et Oxydables					
	DBO ₅ mgO ₂ /l	0,5 - 3	3 - 5	5 - 10	10 - 25	25 - 1000

Dans l'exemple suivant nous allons calculer pour la DBO5 l'indice pondéré de la valeur 3,5mg/l.

La valeur 3,5 est comprise entre 3 et 5 donc elle appartient à la classe Bonne.

L'indice inférieur I_i est 60 et l'indice supérieur I_s est 80

La borne inférieure bi est 3 et la borne bs supérieure est 5

$$IP_{pa} = I_i + [(I_s - I_i)/(bs - bi)] * (bs - pa)$$

$$\begin{aligned} IP_{pa} &= 60 + ((80 - 60)/(5 - 3))(5 - 3,5) \\ &= 60 + (20/2) * 1,5 \\ &= 60 + 10 * 1,5 = 75 \end{aligned}$$

Donc l'indice pondéré de la valeur 3,5mg/l est 75

(renvoi 2)**Grille simplifiée pour l'évaluation de la qualité globale des eaux de rivières**

Alt. N°	Classe de qualité		Excellente		Bonne		Moyenne		Mauvaise		Très mauvaise	
	Indice		100	80	80	60	60	40	40	20	20	0
1	Température											
	Température	°c	0 - 20		20 - 25		25-30		30 - 35		35 - 40	
2	Acidification											
	pH		6,5 - 8,5				8,5 - 9,2		3-6,5 et 9,2-10			
3	MO et Oxydables											
	DBO ₅	mgO ₂ /l	0,5 - 3		3 - 5		5 - 10		10 - 25		25 - 1000	
	DCO	mgO ₂ /l	1,5 - 30		30 - 35		35 - 40		40 - 80		80 - 2000	
	NTK	mg N/l	<1		1 - 2		2 - 3		>3			
	Ammonium NH ₄	mgNH ₄ ⁺	0 - 0,1		0,1 - 0,5		0,5 - 2		2 - 8		8 - 50	
5	M. phosphorées											
	Orthophosphates (PO ₄ ³⁻)	mg/l	0 - 0,2		0,2 - 0,5		0,5 - 1		1 - 5		5 - 20	
	P.total (PT)	mg/l	0 - 0,1		0,1 - 0,3		0,3 - 0,5		0,5 - 3		3 - 25	
6	Minéralisation											
	CE 20°c	µs/cm	100 - 750		750-1300		1300-2700		2700-3000		3000 -7000	
7	M en Suspension											
	MES	mg/l	<50		50 - 200		200 - 1000		1000 - 2000		2000 -10000	
8	Microorganismes											
	C. fécaux	/100ml	0 - 20		20 - 2000		2000 - 20000		20000 -50000			

Grille simplifiée pour l'évaluation de la qualité globale des eaux de lacs

Alt. N°	Classe de qualité		Excellente		Bonne		Moyenne		Mauvaise		Très mauvaise	
	Indice		100	80	80	60	60	40	40	20	20	0
1	Température											
	Température	°c	0 - 20		20 - 25		25-30		30 - 35		35 - 40	
2	Acidification											
	pH		6,5 - 8,5				8,5 - 9,2		3-6,5 et 9,2-10			
3	MO et Oxydables											
	O ₂ dissous	mg/l	7 - 10		5 - 7		3 - 7		1 - 3		0 - 1	
	NTK	mg N/l	<1		1 - 2		2 - 3		>3			
	Ammonium NH ₄	mgNH ₄ ⁺	0 - 0,1		0,1 - 0,5		0,5 - 2		2 - 8		8 - 50	
5	Nitrates											
	Nitrates (NO ₃ ⁻)	mg/l	<10		10 - 25		25 - 50		>50			
6	M. phosphorées											
	Orthophosphates (PO ₄ ³⁻)	mg/l	0 - 0,2		0,2 - 0,5		0,5 - 1		1 - 5		5 - 20	
	P.total(PT)	mg/l	0 - 0,1		0,1 - 0,3		0,3 - 0,5		0,5 - 3		3 - 50	
7	Minéralisation											
	CE 20°c	µs/cm	100 - 750		750-1300		1300-2700		2700 -3000		3000 -7000	
8	Biologique											
	Chlorophylle a	µg/l	<2,5		2,5 - 10		10 - 30		30 - 110		>110	

Grille simplifiée pour l'évaluation de la qualité globale des eaux souterraines

Alt. N°	Classe de qualité		Excellente	Bonne	Moyenne	Mauvaise	Très mauvaise
	Indice		100 80	80 60	60 40	40 20	20 0
1	Température						
	Température	°c	0 - 20	20 - 25	25- 30	30 - 35	35 - 40
2	Acidification						
	pH		6,5 - 8,5		8,5 - 9,2	3-6,5 et 9,2-10	
3	Matières azotées						
	Oxydabilité KMnO ₄	mg/l	0 - 2	2 - 5	5 -10	10 - 50	
	Ammonium NH ₄	mgNH ₄ ⁺	0 - 0,1	0,1 - 0,5	0,5 - 2	2 - 8	8 - 50
4	Nitrates						
	Nitrates (NO ₃ -)	mg/l	<10	10 - 25	25 - 50	>50	
5	M. phosphorées						
	Orthophosphates (PO ₄ ³⁻)	mg/	0 - 0,2	0,2 - 0,5	0,5 - 1	1 - 5	5 - 20
	P.total(PT)	mg/	0 - 0,1	0,1 - 0,3	0,3 - 0,5	0,5 - 3	3 - 50
6	Minéralisation						
	CE 20°c	µs/cm	100 - 750	750-1300	1300-2700	2700 -3000	3000 -7000
	Chlorures (Cl ⁻)	mg/l	9 - 200	200-300	300-750	750-1000	1000-6000
	Sulfates (SO ₄ ⁻)	mg/l	1 - 100	100- 200	200 - 250	250 - 400	400 - 2000
	Calcium	mg/l	31 -160			<32 ou >160	
	Magnésium	mg/l	<50	50 – 75	75 - 100	100 - 400	>400
	Sodium	mg/l	<200			>200	
7	Microorganismes						
	C. fécaux	/100ml	0 - 20	20 - 2000	000- 20000	20000 -50000	



Licence Sciences et Techniques : Eau et Environnement

Titre : Inventaire spatial de degré de pollution du bassin de l'Oued Sebou

Présenté par : Tmar Issam et El moussalim Mohammed Amine

Résumé :

Le bassin hydraulique d'Oued Sebou est l'un des bassins les plus importants au Maroc, soit au niveau des ressources superficielles soit au niveau des ressources souterraines, dans cette présente étude nous avons réussi à évaluer l'état de qualité de ce bassin, à travers des analyses physicochimiques et biologiques, les résultats obtenus ont été spatialisés, ensuite, interpolés afin de dresser une image globale sur la qualité des eaux du bassin de Sebou, à travers le calcul de l'indice pondéré des paramètres .

Ces cartes de qualité permettent d'hierarchiser la carte selon des zones de qualité, ce qui permet d'automatiser le calcul des contours sur la carte.

La qualité des eaux de surfaces varie d'excellente à très mauvaise. Selon ce document : 25,01% des eaux de très mauvaise qualité, 47,51% des eaux de mauvaise qualité, 16,24% des eaux ont une qualité moyenne et 18,84% sont de bonne qualité, 0,41% des eaux dévoilent une qualité excellente.

Cette pollution est causée par la forte concentration en matière en suspension.

La qualité des eaux souterraines dans les nappes du bassin varie de bonne à mauvaise qualité, sauf, la nappe du Gharb qui est de très mauvaise qualité. Selon ce document :

1,02% des eaux sont de très mauvaise qualité, 12,12% des eaux sont de mauvaise qualité, 59,87% des eaux sont de moyenne qualité, 26,52% des eaux sont de bonne qualité, et 0,48% des eaux sont d'excellente qualité.

La pollution des nappes de Sebou est due à la pollution par les nitrates qui est liée à l'activité agricole intensive et aux rejets industriels et urbains.

La qualité des eaux des lacs et des barrages varie de bonne à très mauvaise qualité. Selon ce document: 2/26 d'eaux de très mauvaise qualité, 9/26 de mauvaise qualité, 10/26 des eaux de moyenne qualité, 4/26 des eaux de bonne qualité et 1/26 d'excellente qualité.

La cause principale de la dégradation de la qualité dans les lacs et les barrages est l'augmentation de salinité.

Mots clés : *Qualité, pollution, spatialisation, interpolation, l'Indice Pondéré des Paramètres Analysés (IPpa).*