

Diagnose rapide et estimation de la production du barrage de Boukourdane

BOUDJENAH M¹,

Résumé

Pour évaluer la qualité d'un milieu aquatique, les scientifiques utilisent des indices basés sur la physico-chimie, les algues phytoplanctoniques, et les invertébrés. Dans certains cas ils utilisent les poissons ou « indice poisson » qui prend en considération les communautés de poissons comme finales indicateurs biologiques et intégrateurs finals.

Dans ce travail, la méthode de « diagnose rapide », mise au point par le CEMAGREF en 1990, et qui a été adaptée en 2002 par Boudjenah aux conditions algériennes, qui a été appliquée, à des données et résultats de travaux réalisés par d'autres chercheurs universitaires au niveau du Barrage de BOUKOURDANE, récoltées dans la bibliographie.

La méthode de diagnose rapide, prend en considération les paramètres physico-chimiques de l'eau, du sédiment et d'une partie des peuplements biologiques (phytoplancton), ces paramètres sont ensuite traduits en indices basés sur la situation trophique des compartiments de l'écosystème aquatique. Le calcul des indices nous permet de situer ensuite le plan d'eau sur la gamme des niveaux trophiques : oligotrophes, mésotrophes, eutrophes. (Barbe et al, 1990).

Ce classement donne enfin la possibilité d'estimer la production du barrage de BOUKOURDANE afin de prévoir et d'optimiser son exploitation.

Mots clés : diagnose rapide, indices trophiques, productivité

Abstract

An index based on physico-chemical, fish (fish index), invertebrates, algae, or phytoplankton has been used to evaluate the quality of an aquatic environment. The fish community is considered as the trophic chain's ultimate integrator in the fish index.

The "rapid diagnosis" method developed by CEMAGREF in 1990 and adapted to the Algerian condition by Boudjenah in 2002 is presented in this work for the first time, and for the second time, the theoretical production evaluation method has been applied to the data collected from the bibliography.

This index's analysis helps us to position the lake's trophic level inside the range of trophic levels, including oligotrophic, mesotrophic, and eutrophic (Barbe et al, 1990).

With the help of this categorization, we can finally plan and maximize the utilization of Lake BOUKOURDANE by calculating its productivity.

Key words: rapid diagnosis, trophic index, productivity

¹ Centre National de Recherche et de Développement de la Pêche et de l'Aquaculture

Introduction

L'action de valorisation économique des plans d'eau naturels et artificiels, ne peut être isolée d'un effort de réflexion et de connaissance de l'espace aquatique et de son environnement, afin d'éviter les réactions tardives par rapport à un déséquilibre de l'ensemble biologique qui constitue la chaîne productrice de l'écosystème.

En effet, toute action anthropique sur un lac ou un réservoir en équilibre peut provoquer un bouleversement, évoluant vers un état grave (mort du plan d'eau) ou un état de sursis (un autre équilibre) qui s'accompagne par un changement des assemblages écologiques, ces changements peuvent être bénéfiques ou néfastes pour l'écosystème.

L'Algérie possède un important patrimoine lacustre (naturel et artificiel) valorisable au plan économique, ce pendant une évaluation des potentialités réelles de ces plans d'eau doit être réalisé avec un suivi périodique. Il est clair que quand on parle de potentialité on vise la qualité du milieu, son état trophique et ses assemblages piscicoles, d'une part et d'autre part ces capacités de production. Cette information scientifique doit toucher la majorité des plans d'eau. Ce qui permettra aux gestionnaires, d'agir en ayant une vision globale de ce qui se passe réellement de l'autre côté du milieu.

Dans ce cadre ce travail sur le barrage de Boukourdane peut constituer un exemple type à prendre en considération pour une généralisation de cette méthode d'évaluation.

Les facteurs déterminant l'état d'un plan d'eau et de son ensemble biologique, particulièrement les peuplements piscicoles, sont les paramètres physico-chimiques et morphologiques du lac.

L'enrichissement en éléments nutritifs minéraux (azote, phosphore dissous) et organiques par le flux entrant provoque l'augmentation de la charge phytoplanctonique et Macrophytes, ce phénomène naturel est accéléré par l'anthropisation des bassins versants (Dussort, 1966). Au cours de ce vieillissement l'ensemble biologique de l'écosystème évolue en fonction de la qualité du milieu et de la population piscicole qui est l'intégrateur final de cet écosystème aquatique qui se trouve modifié simultanément. Donc on peut dire que à une qualité donnée d'un écosystème (le niveau trophique) correspond une production et des assemblages d'espèces avec une tolérance voisine (Shlumberger, et al 2001).

A cet effet les paramètres pouvant être utilisé dans l'évaluation de la qualité écologique du milieu et de sa productivité se trouve dans différents compartiments de la chaîne trophique (Barbe, Schlumberger et Bourtz, 2000).

1. Matériel et méthode et description du site

1.1. Situation géographique et hydrologique

Le barrage de Boukourdane se situe à environ 1,3 km au sud du village de Sid Amar (W de Tipaza), coordonnées géographiques : 36 ° 5 N et 23 E. ce plan d'eau est implanté sur le lit de l'oued EL-Hachem dans une zone de collines, s'étendant en direction est-ouest.

Au nord il est situé à 11km de la méditerranée et au sud il est délimité par la montagne Bou - Maad. La mise à eau du barrage a été effectuée en 1996. Avec une hauteur de 55m et une altitude de retenue normale de 119.5m, le barrage de

Boukerdane dispose d'une capacité d'accumulation de 101.5 millions de m³, en vue de satisfaire les besoins en eau potable des villes : de Cherchell, de Nador, et de Tipaza. De plus, il devrait satisfaire les besoins en eau d'irrigation, de la vallée de l'oued EL-Hachem, les régions de Hadjout, de Nador et de Sahel. Selon le programme défini par l'avant projet de construction du barrage, le volume d'eau que totalise le barrage est de 49 Mm³ par année, dont 8 Mm³ d'eaux potables et 41 Mm³ d'eau d'irrigation.

S'éparpillant en forme d'une feuille, les oueds Safsa, Fedjana, Nache, Mousour, Tegza, Boukadir et Achechou donnent par leur confluence à 900m en amont du barrage la naissance à l'oued EL-Hachem. La cuvette du barrage est entourée de hautes montagnes et de massif. La surface du bassin versant, du barrage compte 177km². Cette cuvette est amplement recouverte de marne gris verdâtre et les vailles sont surmontées par des alluvions, de gravier et sables.

Les formations géologiques du site du barrage sont divisées en 03 groupes, les roches ignées basiques et les produits de leur altération actuelle in situ ; les roches sédimentaires tertiaires et les terrains qui s'y développent ; Les dépôts quaternaires,

alluvions de l'oued et déjection torrentielles. (A.N.B, 1994)

1.2. Description de la méthode de diagnose rapide des plans d'eau

1.2.1. Objectifs

Cette méthode a été mise au point pour évaluer le niveau d'eutrophisation des plans d'eau. Ce niveau trophique définit l'état nutritionnel du plan d'eau, son degré de fertilisation et sa capacité d'assimilation. Cet état se manifeste par la production primaire, la transparence, les teneurs en oxygène, en azote et en phosphore dissous. Les niveaux trophiques vont de l'état oligotrophe (milieu pauvre en fertilisants, faiblement productif) à un état eutrophe, voir hyper eutrophe, qui est son opposé (milieu riche en fertilisants, fortement productif).

Parallèlement à ce gradient qualitatif, on en peut définir un autre, gradient biologique, où sont évaluées la diversité et l'abondance des espèces présentes.

L'oligotrophie correspond alors à une diversité spécifique élevée, mais avec des abondances faibles, tandis que hyper eutrophie présente de fortes abondances pour certaines espèces (milieux adaptés) avec une faible diversité. L'eutrophie est considérée aussi comme un état d'équilibre, avec une production et une abondance spécifique « optimale » dans une diversité maximale. La production et la biomasse augmente de l'oligotrophie vers l'eutrophie. La méthode de diagnose rapide peut être considérée comme une adaptation au contexte hydro biologique algérien des méthodes d'évaluation de la qualité des plans par l'OCDE (1982) (Boudjenah, 2002).

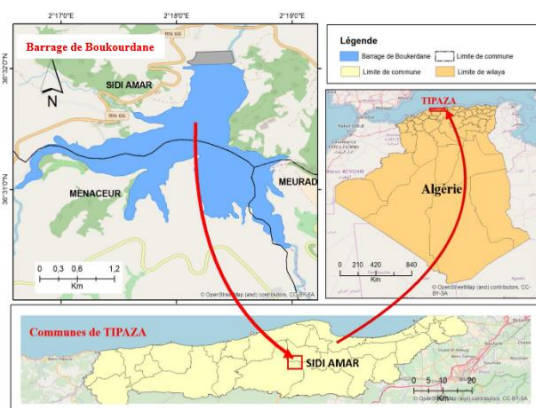


Figure 1 Situation géographique du barrage de Boukourdane (Boutahraou, 2017)

1.2.2. Principes généraux

Des descripteurs clés du milieu sont pris en compte dans les différents compartiments du plan d'eau :

La physico-chimie de la masse d'eau.

L'hydrobiologie de la colonne d'eau (le plancton végétal).

Des indices sont calculés pour ces différents paramètres, et reportés sur une échelle de 0 à 100. La physico-chimie et hydrobiologie du sédiment sont également contrôlées, elles donnent des informations sur la qualité globale du sédiment.

La méthode de diagnostic rapide comprend aussi un indice Oligochètes d'après (Laffont et al, 2006) et un indice Mollusque d'après (Mouthon, 1993) qui permettent d'évaluer la capacité biotique du sédiment.

Les indices calculés permettent de situer le plan d'eau sur la gamme des niveaux d'eutrophisation

1.2.3. Méthode et protocole :

La méthode de diagnostic rapide se déroule sur quatre campagnes de prélèvement

1.2.4. Campagnes de mesures

Les campagnes sont adaptées selon les conditions écologiques locales et l'évolution climatique et hydrobiologique du plan d'eau :

Hiver, au moment du mélange des eaux (isothermie) ;

Printemps, au moment où il y a une forte activité biologique (production primaire) avec les premiers blooms

phytoplanctoniques dus au réchauffement de l'eau ;

Été, quand l'activité biologique est toujours soutenue avec apparition de temps à autre de bloom phytoplanctonique de certaines espèces d'algues dans un milieu stratifié ;
Automne, les conditions de stratification sont les plus sévères avec les taux de matière organique en dégradation les plus élevés dans l'eau.

Les mesures de physico-chimie de pleine eau sont effectuées en hiver, au printemps et en automne, à différents niveaux de la colonne d'eau.

Les contrôles d'hydrobiologie de pleine eau ont lieu au printemps et en été

Le sédiment fait l'objet d'une campagne en automne.

1.2.5. Physico - chimie de pleine eau.

Calcul d'indices

L'objectif est de retenir un nombre limité de paramètres en rapport avec l'état du plan d'eau (voir tableau 1) et d'obtenir pour chaque indice une échelle homogène de 0 à 100 ; les milieux les plus eutrophes ayant les indices les plus élevés.

Formule de calcul de l'indice trophique

$$I = a + b \log_{10} X$$

I : Indices d'eutrophisation,

a et b : paramètres de calcul,

X : valeur mesurée des différents paramètres (chlorophylle a, Secchi, P-PO₄, P total, P minéral)

Tableau 1. Paramètres retenus pour le calcul des indices.

Saison	Mesures de surface		Paramètre a	Paramètre b
	Paramètres	Valeurs retenues		
Été	Chlorophylle a	Moyenne des mesures des deux campagnes (printemps et été)	30	23
	transparence		64	-41
	PO ₄		92	22
Hiver	PO ₄	Moyenne des mesures de la campagne d'hiver	66	12
	P total		76	21
	N minéral		53	21

Les indices permettent d'évaluer la qualité du milieu, entre les niveaux oligotrophes et eutrophes : Indice d'eutrophisation (I)

Si :
 I < 30 oligotrophe ;
 30 < I < 45 mésotrophe
 45 < I < 60 eutrophie
 60 yper eutrophie.

1.2.6. Hydrobiologie (phytoplancton)

Les indices trophiques planctoniques : (ITP)

La qualité hydrobiologique du plan d'eau peut être évaluée à partir du phytoplancton prélevé au filet à plancton.

Formule de calcul de ITP :

$$ITP = \text{moyenne de } (B \sum QI A_j) - 5$$

QI : est une note de qualité décroissante, qui s'estime par la présence de différents groupes taxonomiques. Elle varie de 1 à 7
 A_j : représente les classes d'abondance de chacun des groupes et varie de 0 à 5

B : représente la classe de la biomasse ; elle varie de 1 à 3 en fonction de la concentration en chlorophylle

Si : ITP est < 20 le milieu est oligotrophe,
 20 < ITP < 50 le milieu est mésotrophe
 50 ITP < 100, le milieu est eutrophe

1.2.7. Productivité du site

Pour le calcul de la productivité du plan d'eau, nous utiliserons deux méthodes

Productivité du barrage (d'après Arrignon 1970) :

Elle est donnée par la formule suivante :

$$P = 10 \cdot B \cdot K$$

Avec :

10 constante de calcul

B : capacité biogénique du plan d'eau selon son état trophique donné par le tableau 2

Tableau 2. Cotation des capacités biogéniques selon l'état trophique du plan d'eau

état trophique	capacité biogénique
oligotrophe	$1 \leq B \leq 3$
mésotrophe	$3 \leq B \leq 7$
eutrophie	$7 \leq B \leq 10$

K : facteurs non biologique codifiés avec $K = (k_1 \times k_2 \times k_3 \times k_4 \times k_5)$, les valeurs de k_1, k_2, k_3, k_4, k_5 sont données par le tableau 3

Tableau 3. Des valeurs de k (Arrignon, 1976)

K1 T°C		K2 pH		K3 type de poisson		K4 âge des poissons		K5 impluvium	
0 à 10°C	1	acide	1	Salmonidés	1	plus de 6 mois	1	urbaine 1	0,2 à 0,5
10 à 16°C	2	basique	2	cyprinidés d'eau courante	1,5	moins de 6 mois	1, 5	urbaine 2	0,5 à 1
16 à 22°C	3			cyprinidés d'eau stagnante	2			pastoral 1	1,1
plus 24°C	4			cichlides	3	pastoral 2	1,2		
				pastoral 3	1,3				
		herbager 1	1,4						
		herbager 2	1,5	herbager 3	1,6 à 1,8				

1.2.8 Production par IME : Indice Morpho Edaphique

Arrignon indique l'équation suivante qui donne la quantité de poisson capturée en kg (Arrignon 1998) :

$$\text{Lacs réservoirs : capture de poissons} = 17.8813 \text{ IME}^{0.4999}$$

Dans ce cas la production est calculée en utilisant **Indice Morpho Edaphique IME**, cet indice est donné par la formule suivante :

$$\text{IME} = \text{TDS}/Z \text{ moyenne}$$

Avec :

TDS = conductivité ($\mu\text{S}/\text{cm}$)/ $1+0.02(t^\circ-21)^{0.666}$ (t, température en faraday)

Z ; profondeur moyenne

2. Résultats et discussion

2.1 Données morpho métrique du barrage de Boukourdane

Données récoltées dans la bibliographie qui serviront de base pour le calcul de la production du barrage de Boukourdane

Tableau 4. Les caractéristiques morphométriques du barrage, (source bibliographique)

Données	Amrani et Louarit, 2004		Khmici 2010		Amimer 2015	
	été	hiver	été	hiver	été	hiver
Chlorophylle a mg/l	3,97	non retenu	6,5	non retenu		non retenu
Transparence /m	1,25	non retenu	1,47	non retenu	1,2	non retenu
Phosphore mg/l	0,035	0,012	0,2	0,2	0,09	0,17
phosphore total mg/l	non retenu	0,012	non retenu	0,2	non retenu	0,17
Azote mg/l	non retenu	1,33	non retenu	0,65	non retenu	0,87
T°C	17,5	-	24,5	13,5	17,3	13,2
T °C moyenne	17,5	17,5	19	19	19	19
pH	8,28	8,28	8,25	8,25	8,34	8,34
Conductivité	726,5	726,5	762,35		798,2	798,2

2.2.Indice d'eutrophisation :

La comparaison des résultats obtenus lors du calcul de ces indices d'eutrophisation (voir tableau 5) avec le tableau des niveaux trophique correspondant aux valeurs des indices (voir tableau2), montre que les différents indices et les moyennes des indices par année, situent le barrage de Boukourdane comme un milieu aquatique eutrophe.

La comparaison ou l'évolution des moyennes de cet indice dans le temps montre une progression du barrage de Boukourdane vers un état d'hypertrophie que nous pouvons estimé par l'augmentation des moyennes des indices trophique qui passent de 49,66 en 2004 à 60,49 en 2015 (Fig.2).

	Amrani et Louarit, 2004		Khmici 2010		Amimer 2015	
	été	Hiver	été	hiver	été	hiver
Chlorophylle a mg/l	43,77	non retenus	48,69	non retenus	non disponible	non retenus
Tranparance/m	60,03	non retenus	57,13	non retenus	60,75	non retenus
Phosphore	59,97	42,95	76,62	57,61	68,99	56,76
Phosphore total mg/l	non retenus	35,66	non retenus	61,32	non retenus	59,83
Azote mg/l	non retenus	55,59	non retenus	49,07	non retenus	51,72
Indice par saison	54,59	44,7335982	60,81	56,00	64,87	56,11
Moyenne des indices	49,66		58,41		60,49	

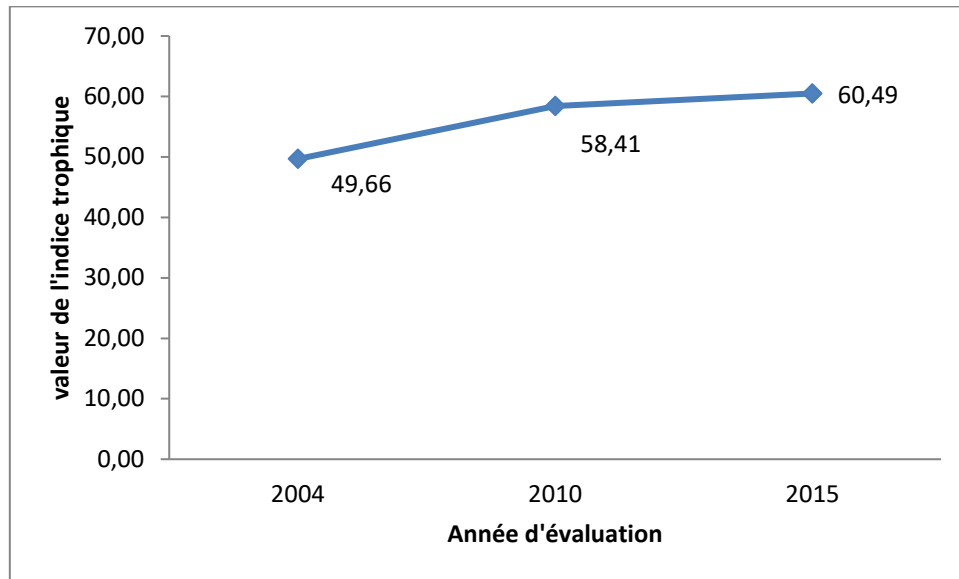


Figure 2. Évolution des indices trophique entre 2004 et 2015

En conclusion nous pouvons dire que le niveau trophique du barrage correspond à un milieu aquatique eutrophe, qui tend vers un état d'hypertrophie, et qui pourrait s'expliquer par le fait des valeurs chlorophylliennes importantes causées par l'état du plan d'eau et le disproportionnement des concentrations en sels nutritifs.

2.3. Productivité du plan d'eau

2.3.1. Production théorique (d'après Arrignon 1970)

D'après les résultats du calcul de la production théorique obtenue, nous avons une productivité du barrage, qui double. Elle passe de 280 à 480 kg par hectare en 10 années (entre 2004 à 2015) (voir tableau 6).

On peut considérer que cette augmentation est importante et constitue une bonne production de poisson dans une région comme la wilaya de Tipasa. Par ailleurs, cette évolution de la production reflète aussi le changement ou l'évolution de l'état trophique du barrage.

Tableau 6. La production théorique et les facteurs de calcul retenus

Désignation	Amrani et Louarit, 2004	Khmicci 2010	Amimer 2015
B : capacité biogénique	7	7,5	8
K facteur non biotique	8	12	12
Productivité kg / h	280	450	480

2.4. Production par IME (Indice morpho édaphique)

Pour cette deuxième méthode de calcul de la production, nous avons remarqué aussi une augmentation de la production. Par contre cette augmentation reste relativement moins importante et passe de 225.48kg/h en 2004 à 236.21 kg/h en 2015 (tableau 8).

Tableau 8. La production théorique par Indice morpho édaphique IME

Désignation	Amrani et Louarit, 2004	Khmicci 2010	Amimer 2015
Conductivité	726,50	762,35	798,20
T °C	17,50	19,00	19,00
T °f	290,50	292,00	292,00
Profondeur /m	2,50	2,50	2,50
TDS µS/cm	398,52	417,45	437,08
IME	159,41	166,98	174,83
Production en kg/h	225,48	230,84	236,21

Conclusion

L'Algérie a fourni un effort important afin de renforcer son infrastructure hydraulique dans la but d'assurer la distribution d'eau potable, pour la population mais aussi d'augmenter ces capacités d'irrigation des terres agricoles.

Ce nombre important de barrages artificiels a fait l'objet d'un programme de développement de nouvelles activités de production aquacole par la pêche continentale, ces activités nécessitent une évaluation des capacités de production de chaque barrage.

Dans ce cadre, nous avons analysé le niveau de productivité du barrage de Boukourdane en appliquant deux méthodes d'évaluation, les résultats peuvent constituer un exemple à généraliser pour tous les autres barrages.

En conclusion de ce travail nous pouvons dire que le barrage de Boukourdane subit un enrichissement continu qui le pousse à évoluer vers un état d'hypertrophie. Nous remarquons aussi une augmentation de la production globale qui ne se traduit pas dans la production réelle.

Cela implique la nécessité d'améliorer les conditions écologiques du plan d'eau, tout en faisant des choix économiques stratégiques différents qui intègrent les résultats de ce travail.

Enfin, cette méthode d'évaluation simple devrait être mise en œuvre dans d'autres plans d'eau pour avoir un état de situation des capacités productives et de l'évolution trophique de ces structures importantes pour l'économie du pays.

Références bibliographiques

Arrignon J.,(1998) « Aménagement piscicole des eaux douces, technique et documentation, (5ème édition)

Amrani A., et Louarit A., (2004) « Application de la méthode de diagnostic rapide et estimation de la production cas du barrage de Boukourdane » mémoire de fin d'étude ENSSMAL.

Amimer S., (2015) « Analyses physico-chimiques et bactériologiques des eaux brutes du Barrage de Boukourdane et des eaux traitées au niveau de la station de traitement des eaux potables de Sidi Amer (wilaya de Tipasa) » Mémoire de fin d'Etude, université Blida 1.

Barbe J., Lavergne E., Rofes G. (1990) « diagnostic rapide, des plans d'eau, informations techniques du CMAGREF ». Septembre, 79 notes 2

Barbe J., Schlumberger O. Bourtz N., évaluation de la production piscicole potentielle des étangs, ingles EAT - N ° 22 juin (2000) - p 40 à 62

Billar R., hydrobiologie et aquaculture : les carpes, biologie et élevage. INRA 1994.

Boudjenah M., (2002) « Rapport de stage, suivi de la qualité des plans d'eau : proposition méthodologique pour les lacs et réservoirs d'Algérie » CEMAGREF unité ressources ichtyologiques en plan d'eau Montpellier

Khemici F., (2010) « Etude trophique du barrage Boukerdane (Algérie) » Agence nationale des ressources hydrauliques Soumaa Blida 1 ; document en ligne <https://www.memoireonline.com/02/13/6921/Etude-trophique-du-barrage-Boukerdane-Algerie--en-2010.html>

Lafont M., Vivier A., (2006) . “Oligochaete assemblages in the hyporheic zone and coarse surface sediments: their importance for understanding of ecological functioning of water- courses”. Hydrobiologia 564 : 171-181

Mouthon J., (1993) « Un indice biologique lacustre basé sur l'examen des peuplements de mollusques. Note technique » pêche piscic 397-406

Schlumberger O., Cadic N., Argillier C., Proteau SP, (2001) les peuplements piscicoles en lac : assemblages types et niveaux d'eutrophisation, ingénieries N 28 - p 23 à 35.

Rydg SO., et Rast W., (1990) le contrôle de l'eutrophisation des lacs et des réservoirs, MASSON édition

Zourez H., et Ferhani K., (2003). Eludes physico chimiques et Biologiques d'un écosystème aquatique barrage de BOUKOURDANE ISMAL, PFE 2003, 157p 4