

● Rapport d'étude

Suivi du phytoplancton des plans d'eau du bassin Artois-Picardie Campagne 2020

Avril 2021



Suivi du phytoplancton des plans d'eau du bassin Artois-Picardie Campagne 2020

Avril 2021

Version	Date	Nom du (des) rédacteur(s)	Nom du (des) vérificateur(s)
1	06/04/2021	Adel El Anjoumi El Amrani	Jessica VIZINET

Sommaire

1. OBJECTIF DU SUIVI	4
2. METHODOLOGIE	4
2.1. Prélèvements	4
2.2. Analyses	5
2.2.1. Les pigments chlorophylliens.....	5
2.2.2. Le phytoplancton.....	5
2.3. Calcul de l'IPLAC.....	5
2.3.1. Métrique de Biomasse Algale (MBA)	6
2.3.2. Métrique de Composition Spécifique (MCS)	6
2.3.3. Calcul de l'indice	6
2.3.4. Classes de qualité.....	7
2.4. Calcul de l'IPL.....	7
3. LISTE DES STATIONS	8
4. CONDITIONS DE PRELEVEMENTS	8
5. RESULTATS ET EXPERTISE DE LA DYNAMIQUE DU PHYTOPLANCTON	10
5.1. L'étang d'Ardres.....	10
5.2. L'étang de Romelaere (Audomarois).....	14
5.3. La mare à Goriaux	18
5.4. L'étang du Vignoble	22
5.5. Le lac du Val Joly	26
6. SYNTHESE.....	30
7. ANNEXES	31
7.1. Méthode détaillée d'analyse du phytoplancton	31
7.2. Notice explicative de la nouvelle classification selon la dernière version de Phytobs	33
7.3. Bibliographie.....	34
7.4. Données en profil du pH, de la température de l'eau, des teneurs en oxygène dissous et conductivité	35

1. OBJECTIF DU SUIVI

Les suivis du phytoplancton en cours d'eau et en plans d'eau visent à satisfaire les exigences du programme de surveillance de la Directive Cadre Eau (DCE) et les besoins propres de l'Agence de l'Eau en matière de connaissance des milieux. Cette étude complète a pour objet la réalisation de prélèvements et d'analyses d'algues en cours d'eau, en canaux, et en plans d'eau dans le bassin Artois-Picardie, le calcul d'indices, la bancarisation des données dans Naïades, l'interprétation et la restitution des données.

L'objet du **lot n°3** de cette étude prévoit un suivi des communautés phytoplanctoniques pour les années 2017 à 2020.

Ce rapport présente les résultats des **analyses du phytoplancton de 5 plans d'eau** du bassin Artois-Picardie, de l'année de suivi **2020**.

Aquascop a eu en charge les prélèvements, le traitement des échantillons de phytoplancton, la détermination des peuplements, le calcul de l'indice IPLAC et la restitution des résultats.

2. METHODOLOGIE

2.1. PRÉLÈVEMENTS

Sur le terrain, les prélèvements ont été réalisés par le personnel d'aquascop. La méthodologie de référence suivie est celle proposée par l'IRSTEA¹ et intitulée « *Protocole standardisé d'échantillonnage, de conservation, d'observation et de dénombrement du phytoplancton en plan d'eau pour la mise en œuvre de la DCE* (version 3.3.1, septembre 2009) ».

Conformément au CCTP, l'échantillonnage devrait être effectué à raison de 4 campagnes par plan d'eau sur un même cycle annuel (mars, mai, juillet et septembre). Cependant, la campagne du mois de mars n'a pas pu avoir lieu en raison du confinement lié à la crise sanitaire due au COVID-19.

Les échantillonnages d'eau brute ont été réalisés depuis un bateau, au point le plus profond, dans la zone euphotique, à l'aide d'une bouteille à prélèvement et d'une corde graduée, selon le principe de l'échantillonnage intégré. En complément, un échantillon concentré est réalisé à l'aide d'un filet (30 µm de maille) afin de disposer de suffisamment de matériel permettant, le cas échéant, l'identification précise de certains taxons.

A chaque station, une prise de 400 mL d'eau brute est réalisée, puis fixée sur le terrain à l'aide d'une solution de lugol en vue de l'expertise phytoplanctonique. Cet ajout de lugol (2 ml) est nécessaire afin d'assurer la conservation (et la fixation) des caractéristiques de l'échantillon phytoplanctonique avant son analyse au laboratoire. Une deuxième aliquote est récupérée dans un flacon propre, destinée à l'analyse des pigments chlorophylliens. Les échantillons (phytoplancton et eau pour dosage de la chlorophylle) sont immédiatement stockés à l'abri de la lumière en glacière réfrigérée. Par la suite, ces flacons sont pour une part, déposés dans les 24 heures au laboratoire du CAR pour le dosage de la chlorophylle *a* et des phéopigments, et pour l'autre part ramenés au laboratoire d'aquascop (Angers) pour stockage en conditions réfrigérées en vue de l'analyse du phytoplancton.

A leur réception, les échantillons phytoplanctoniques sont numérotés et tracés dans le fichier d'enregistrement dédié à ce groupe biologique dans le cadre de notre système qualité.

¹ A noter que désormais IRSTEA et INRA ont fusionné pour donner l'**INRAE** (Institut National de Recherche pour l'Agriculture, l'Alimentation et l'Environnement).

Lors de chaque prélèvement, une fiche de terrain, selon le modèle de l'IRSTEA, comportant la description de l'ensemble des conditions de réalisation de cet échantillonnage et ainsi que certaines mesures *in situ* (transparence, oxygénation de l'eau, pH, conductivité, température de l'eau) est complétée. Des fiches de données générales des plans d'eau (fiches IRSTEA) ont également été remises par aquascop à l'issue de chaque campagne, permettant la géo-localisation notamment du point de prélèvement (coordonnées GPS, carte IGN, photos).

Parallèlement aux prélèvements de phytoplancton, le personnel du CAR effectue des prélèvements destinés aux mesures physico-chimiques.

2.2. ANALYSES

2.2.1. Les pigments chlorophylliens

Les analyses de chlorophylle *a* et phéopigments sont réalisées selon la norme NF T 90-117 (décembre 1999).

La chlorophylle *a* est un bon indicateur de la biomasse d'algues microscopiques présente dans les plans d'eau. C'est la méthode normalisée de Lorenzen (1967) qui est utilisée pour mesurer sa concentration (soit la norme NF T90-117). Les phéopigments indiquent la teneur en dégradation des végétaux, et ainsi la part de la décomposition du phytoplancton.

2.2.2. Le phytoplancton

Le dénombrement du phytoplancton est effectué selon la norme NF EN 15204 (décembre 2006), dont la méthode est détaillée en annexe du rapport (7.1).

Les algues phytoplanctoniques sont déterminées à l'espèce dans la mesure du possible, ou au niveau du genre, voire au groupe. Elles peuvent être **unicellulaires** ou **pluricellulaires** (colonies, filaments...), d'où des modes d'évaluation quantitative différents, selon la **densité algale** (nombre d'individus par millilitre) ou la **densité cellulaire** (nombre de cellules par millilitre). La **biomasse algale** est exprimée en mg/L (ou mm³/L) et est calculée à partir du **biovolume** de chaque taxon, lui-même évalué à l'aide de formules associées aux diverses formes géométriques appropriées correspondant à la forme des cellules considérées, et les dimensions du taxon.

La **richesse taxonomique** (nombre de taxons par prélèvement) est également évaluée, apportant ainsi une information sur l'état de maturité du peuplement.

La **saisie** des résultats de l'analyse du phytoplancton est réalisée grâce à l'outil Phytobs, dans sa version la plus récente, développé par l'IRSTEA. Dans cette dernière version de Phytobs², la classification des groupes d'algues a légèrement évolué. Une note explicative de comparaison avec les versions antérieures est présentée en annexe (7.3).

Les **résultats** sont présentés sous forme de graphiques détaillés en cellules ou en biovolume par millilitre.

En parallèle, le rendu des inventaires phytoplanctoniques est envoyé à l'agence, pour bancarisation, sous forme de fichiers compatibles avec le format d'export de Phytobs (format « .csv ») et selon le format SEEE.

2.3. CALCUL DE L'IPLAC

L'**IPLAC** (Indice Phytoplancton Lacustre) est un indice multimétrique résultant de l'agrégation par somme pondérée de deux métriques normalisées. Il remplace désormais l'indice IPL et la moyenne estivale en chlorophylle *a* utilisés auparavant pour évaluer l'état des plans d'eau lors du 1^{er} cycle DCE.

² Version 3.1.3 de septembre 2019.

2.3.1. Métrique de Biomasse Algale (MBA)

Les concentrations en chlorophylle *a* de chaque campagne sont saisies dans un fichier de Phytobs dédié au calcul de l'IPLAC. Les données d'altitude et de profondeur moyenne du plan d'eau sont également saisies dans ce fichier.

Cette métrique MBA est calculée en faisant la moyenne des valeurs de **chlorophylle a** mesurée sur trois campagnes entre mai et octobre (= période de végétation).

$$MBA_{EQR} = \frac{refChloro}{MChlo}$$

MChlo = moyenne des teneurs estivales en chlorophylle

Réf Chloro = spécifique à chaque plan d'eau selon sa profondeur

L'EQR (Ecological Quality Ratio³), ou écart à la référence, est le rapport entre un état observé et l'état que "devrait" avoir le milieu en l'absence de perturbation anthropique.

2.3.2. Métrique de Composition Spécifique (MCS)

Cette métrique exprime une note en fonction de la présence de taxons indicateurs figurant dans une liste de référence de 165 taxons. Ces taxons de référence sont associés à une cote spécifique et à une note de sténoécie, représentant l'amplitude écologique du taxon. L'évaluation est donc fonction de la composition taxinomique échantillonnée exprimée en biovolume.

La note finale est obtenue en couplant les cotes spécifiques attribuées aux taxons indicateurs **CSi**, avec leurs coefficients de sténoécie **Si** et en fonction du biovolume du taxon indicateur **Bi**, et en mesurant l'écart avec la valeur prédite en condition de référence.

$$MCS_c = \frac{\sum (B_i \times CS_i \times S_i)}{\sum (B_i \times S_i)}$$

MCS_c = métrique d'une campagne

Bi = biomasse de l'espèce *i* (en mg/l)

CSi = cote spécifique de l'espèce *i* (0 à 20)

Si = coefficient de sténoécie de l'espèce *i* (1 à 3)

C'est la moyenne sur les 3 campagnes qui est prise en compte.

Les listes floristiques sont intégrées/importées dans le fichier de calcul de chaque plan d'eau.

2.3.3. Calcul de l'indice

La formule utilisée est la suivante :

$$IPLAC = \frac{MBA_{nEQR} + 2MCS_{nEQR}}{3}$$

La note entre 0 et 20 obtenue est convertie selon l'EQR en une valeur entre 0 et 1.

Attention le calcul de l'IPLAC ne peut s'effectuer que si les critères suivants sont respectés :

- *nombre de taxons contributifs⁴ supérieur à 5 (ayant des valeurs de sténoécie et cotes spécifiques),*
- *nombre de campagnes au moins de trois,*

³ Ratio de qualité écologique

⁴ Il n'existe actuellement qu'une liste de 165 taxons contributifs, tous au niveau de l'espèce.

- période des campagnes entre mai et octobre,
- nombre total de taxon déterminés au moins de 10 par campagne,
- % de taxons déterminés au genre de 30 minimum,
- % de taxons indéterminés de 10 maximum.

Cependant, il est possible de « forcer » le logiciel à effectuer le calcul, pour un résultat alors « non conforme ». Dans le cadre de cette étude, il n'a pas été nécessaire de changer les contraintes afin de forcer le calcul.

2.3.4. Classes de qualité

Cinq classes d'état écologique associées à cinq couleurs sont définies dans l'arrêté du 27 juillet 2018 relatif aux méthodes et critères d'évaluation de l'état écologique, de l'état chimique et du potentiel écologique des eaux de surface. Ces classes d'état sont présentées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 1 - Limites des classes d'état écologique en EQR (Selon l'arrêté du 27 juillet 2018)

Indice	Classes d'état et valeurs inférieures des limites de classes en EQR (Ecological Quality Ratio)			
	Très bon/Bon	Bon/Moyen	Moyen/Médiocre	Médiocre/Mauvais
IPLAC	0,8	0,6	0,4	0,2

2.4. CALCUL DE L'IPL

Depuis la mise en place de l'IPLAC, cet indice **IPL (Indice Phytoplanctonique)** est « obsolète ». Il est néanmoins présenté ici à titre informatif afin de pouvoir comparer les résultats obtenus depuis 2013.

L'Indice Planctonique IPL est calculé à partir des listes floristiques obtenues lors des trois campagnes de la période de production biologique « estivale »⁵. La formule utilisée est la suivante :

$$IPL = \text{moyenne de } \sum Qi \times Aj$$

Qi = coefficients de qualité, attribués à chaque groupe algal⁶ (les coefficients les plus élevés étant attribués aux groupes les plus liés à l'eutrophisation, voir tableau suivant)

Aj = classes d'abondances relatives, selon l'équivalence des abondances relatives (voir tableau suivant).

Tableau 2 - Valeurs du coefficient de qualité (Qi) (du moins déclassant au plus déclassant)

Groupes algaux	Qi
Desmidiées	1
Diatomées	3
Chrysophycées	5
Dinophycées et cryptophycées	9
Chlorophycées (sauf Desmidiées)	12
Cyanophycées	16
Eugléniens	20

Tableau 3 - Valeurs des classes d'abondances relatives (Aj) selon les abondances relatives

%	0	10	30	50	70	90	100
Aj	0		1	2	3	4	5

L'indice IPL tel que décrit dans la diagnose rapide est issu de prélèvements réalisés au filet à plancton. Dans notre cas, nous utilisons les résultats des analyses quantitatives des prélèvements intégrés, identiques à ceux utilisés pour le calcul de l'IPLAC. Les abondances relatives des différents groupes ont été évaluées à partir des biovolumes algaux.

⁵ La première campagne de fin d'hiver (mars) correspondant à la période de brassage n'est pas prise en compte dans le calcul.

⁶ Le groupe des Xanthophycées n'est pas pris en compte.

3. LISTE DES STATIONS

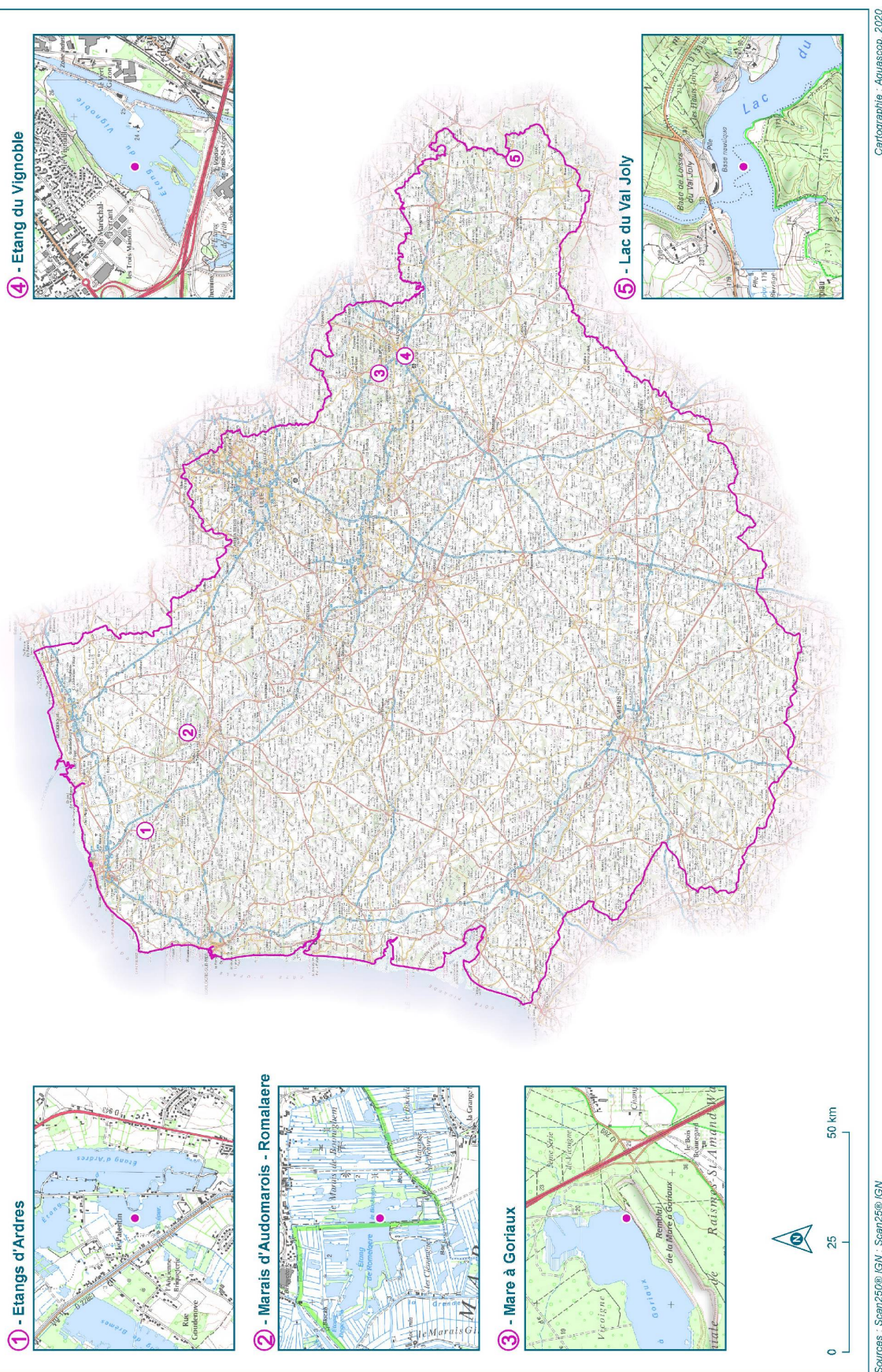
Le tableau ci-dessous présente l'ensemble des plans d'eau du bassin Artois-Picardie sélectionné dans le cadre de ce suivi 2020 (voir carte page suivante).

Tableau 4 – Plans d'eau échantillonnés en 2020

Plan d'eau	N° de station	Code lac	Profondeur moyenne (m)	Superficie (ha)	Altitude (m)
Etang d'Ardres	002024	FRAL 04	1,5	31,5	5
Etang du Romelaere (=Audomarois)	001949	FRAL 01	1,7	20,8	3
Mare à Goriaux	002022	FRAL 02	1,0	78	18
Etang du Vignoble	002023	FRAL 03	1,6	51,8	23
Lac du Val Joly	002021	FRB2 L05	3,3	109,6	175

4. CONDITIONS DE PRÉLÈVEMENTS

L'ensemble des prélèvements s'est déroulé dans de bonnes conditions météorologiques. Néanmoins, il faut souligner que **la première campagne prévue en mars** n'a pas pu avoir lieu en raison du confinement liés à la crise sanitaire due au COVID-19.



5. RÉSULTATS ET EXPERTISE DE LA DYNAMIQUE DU PHYTOPLANCTON

Les résultats des analyses quantitatives sont présentés par plan d'eau (une unique station par plan d'eau).

Pour chaque station, sont présentés :

- un tableau avec les principales données algales de l'année, ainsi que les concentrations en pigments chlorophylliens. Les notes obtenues des indices phytoplancton (IPLAC et IPL) sont données en fin de tableau avec la correspondance, en couleur, de la classe d'état.
- trois graphiques représentant les résultats 2020 suivants :
 - les densités cellulaires selon les groupes d'algues,
 - les biovolumes selon les groupes d'algues,
 - les données chlorophylliennes et,
- deux graphiques d'évolution interannuelle des indices IPLAC et IPL.

Les mesures *in situ* sur le profil vertical de chaque plan d'eau sont représentées en graphiques à la fin de ce rapport et analysés pour chaque station (voir annexes 7.4).

5.1. L'ÉTANG D'ARDRES

Ce plan d'eau fait partie d'un ensemble d'étangs et de marais de la commune d'Ardres (photographie en couverture). L'étang d'Ardres a comme usage actuel les activités nautiques et la pêche. Sa superficie est de 31,5 ha et la profondeur moyenne n'est que de 1,5 m avec un maximum de 2,0 m.

Tableau 5 – Résultats du suivi phytoplancton de l'étang d'Ardres en 2020

Date de prélèvement	26/05/2020	31/07/2020	24/09/2020
Concentration algale (ind./mL)	39 044	163 525	53 839
Concentration cellulaire (cell./mL)	73 641	647 001	1 128 960
Biomasse algale totale (mg/L)	14,11	65,48	97,83
Richesse taxonomique (nb. taxons/récolte)	28	78	52
Espèce dominante (% de densité cell.)	<i>Oocystis cf lacustris</i> (54 %)	<i>Aphanocapsa</i> (44 %)	<i>Planktothrix agardhii</i> (61 %)
Chlorophylle a (µg/L)	33	22	35
Phéopigments (µg/L)	1	1	13
Note de l'IPLAC	0,454		
Note de l'IPL	42		

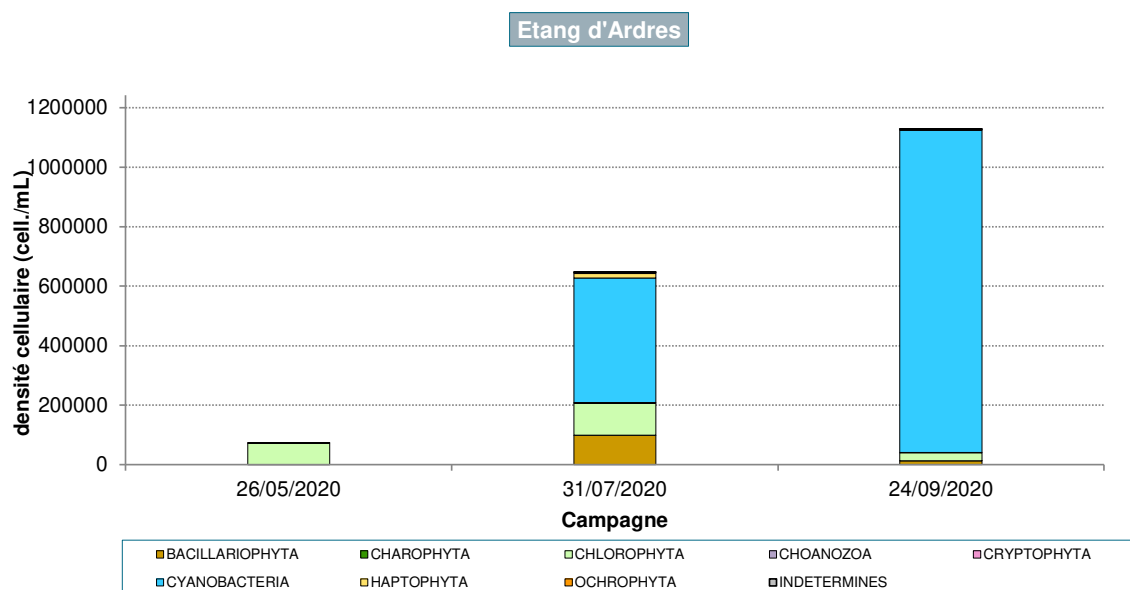
Les mesures *in situ* du profil vertical, présentent une masse d'eau à peu près homogène, sur une hauteur d'eau assez faible (1,6 à 1,9 m) :

- le **pH** est assez variable, entre neutre et basique (pH entre 7 et 9) ;
- La **conductivité** est presque toujours homogène le long de la colonne d'eau, mais les valeurs sont assez variables d'une campagne à l'autre (318 à 552 µS/cm). Une légère augmentation de la minéralisation en juin vers le fond est observée (élévation de 53 µS /cm) ;
- la **température de l'eau** augmente progressivement en surface lors des 2 premières campagnes (de 19,7°C en mai à 22,2°C en juillet) puis diminue dès le mois de septembre (17,6°C en surface). Elle varie à peine 1,5°C sur la colonne d'eau ;
- l'**oxygénation de l'eau** est variable d'une campagne à l'autre (7,5 à 14,8 mgO₂/L). Cependant, les variations sont plus marquées dans la colonne d'eau en période printanière et estivale. Les profils

verticaux de mai et de juillet présentent une sursaturation à 0,5 m (respectivement 150 % et 168 %). Cette forte oxygénation de l'eau est à relier avec l'importante production algale. En septembre, l'oxygénation est stable dans toute la colonne ;

- la **transparence** de l'eau est faible (0,3 à 0,65 m) et la zone euphotique n'est donc jamais très importante (0,75 à 1,5 m).

Le graphique ci-dessous présente l'évolution saisonnière des **concentrations cellulaires** selon la proportion de chaque groupe d'algues.



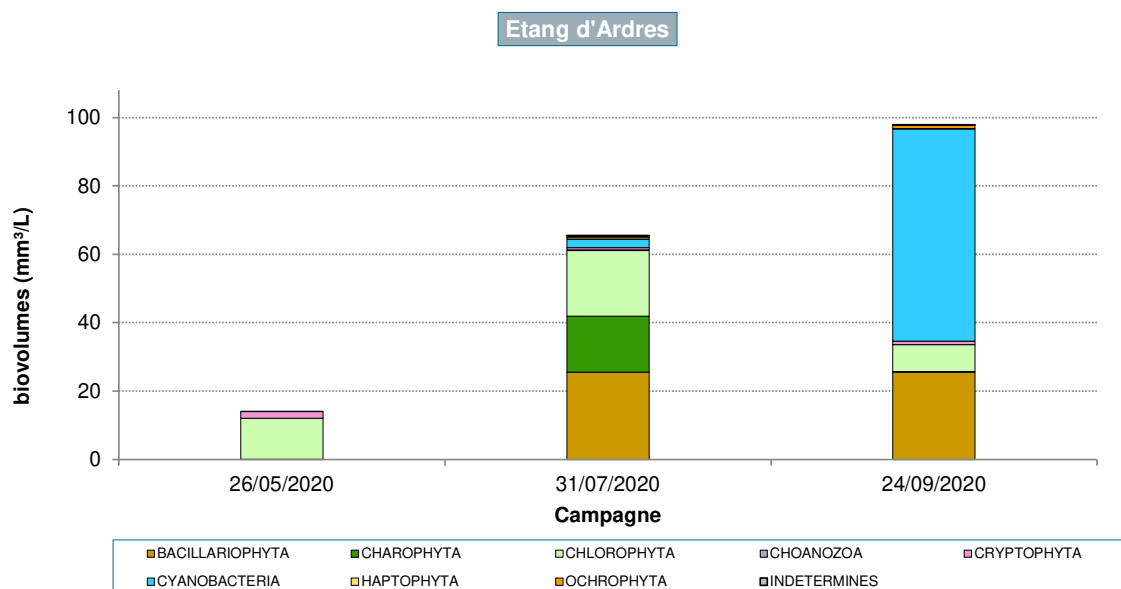
Selon la **concentration cellulaire**, les densités algales atteintes dans l'étang sont très importantes (moyenne annuelle de 617 000 cell./mL). La dynamique saisonnière du peuplement phytoplanctonique présente une forte augmentation des concentrations cellulaires au cours de l'année. Les valeurs minimales sont observées pendant la phase dite « d'eaux claires » en mai, probablement due à l'influence du broutage du zooplancton. Le développement est surtout très intense en septembre avec plus de 1 millions de cell./mL.

La **composition du peuplement phytoplanctonique** est essentiellement basée sur les Chlorophytes et les cyanobactéries. En effet, lors de la première campagne, pendant la phase dite « d'eaux claires » en mai, ce sont presque uniquement les Chlorophytes qui dominent (96%), avec notamment *Oocystis cf. lacustris* (54% de la densité totale). Ce taxon est généralement caractéristique des lacs peu profonds et très enrichis en nutriments. Pour les campagnes de juillet et de septembre, les cyanobactéries sont majoritaires en termes de nombre de cellules (respectivement 64 et 96%). En période estivale, ce sont de petites cyanobactéries coloniales de faibles biovolumes, *Aphanocapsa sp.* et *Cyanocatenula planctonica* qui composent 57% de la densité totale. Ces espèces ne présentent pas de caractère toxique. Enfin, en septembre, le pic de concentrations cellulaires est exclusivement constitué par *Planktothrix agardhii* (61%). Cette espèce, typique de milieux eutrophes, est par contre potentiellement toxique.

En ce qui concerne les **cyanobactéries potentiellement toxiques**, leurs concentrations sont donc particulièrement importantes en septembre (710 000 cell./mL). Le seuil d'alerte est alors largement dépassé pour ce plan d'eau.

Signalons que l'étang d'Ardres proposant des activités nautiques au public, une fréquence de prélèvement hebdomadaire et une recherche de toxines en parallèle pourraient être conseillées. Rappelons que certaines de ces espèces peuvent éventuellement produire des neurotoxines ou hépatotoxines, et provoquer des cas d'intoxications par ingestion.

Le graphique ci-dessous présente l'évolution saisonnière des **biomasses algales** obtenues selon la proportion de chaque groupe d'algues.

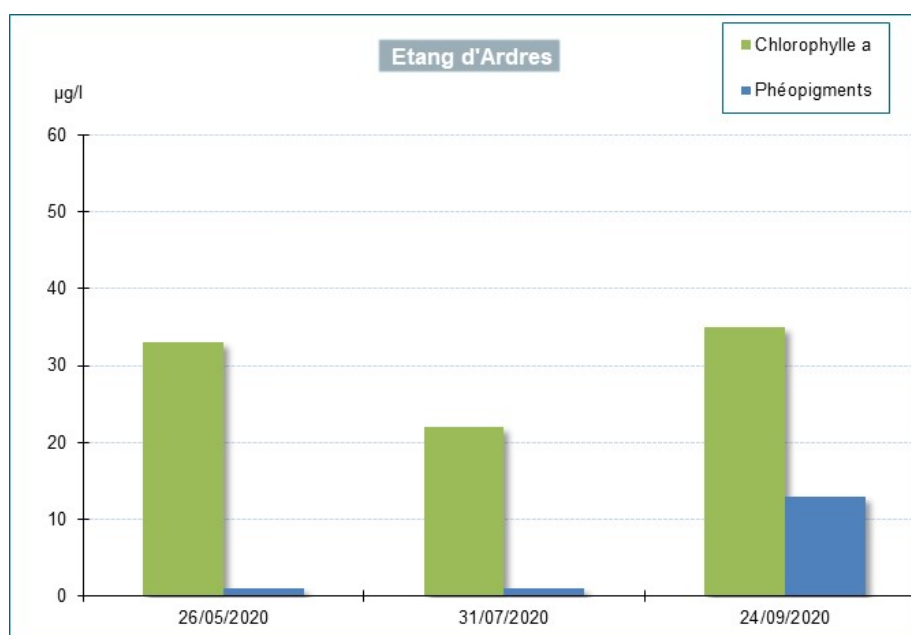


L'évolution du phytoplancton montre une augmentation constante de la **biomasse algale** au cours de l'année. La moyenne annuelle est très élevée (59,1 mg/L) avec notamment une très forte production algale en septembre (97,8 mg/L).

En mai, ce sont principalement les Chlorophyta qui constituent la biomasse algale (84%) dont *Oocystis spp* (45%), *Komarekia appendiculata* (19%) et *Pseudopediastrum boryanum* (10%). En été, les Diatomées dominent la biomasse, avec notamment *Cyclotella spp* (24% de la biomasse totale). Elles sont accompagnées par les Chlorophyta (29 %), en particulier *Acutodesmus acuminatus*. En septembre, la biomasse est caractérisée par l'hyperdominance de la Cyanophyte, *Planktothrix agardhii*, qui représente alors 61 % de la biomasse.

La **richesse taxonomique** est très fluctuante et de moyenne annuelle élevée (53 taxons). Elle oscille entre des valeurs faibles en mai (28 taxons) et une diversité très élevée en juillet (78 taxons). Le groupe des chlorophycées est celui qui se diversifie le plus (passant de 21 taxons en mai à 43 taxons en juillet). Ces algues profitent des meilleures conditions environnementales avec, entre autres, l'augmentation de la température de l'eau (19,7°C en mai puis 22,2°C en juillet) et de l'ensoleillement, mais également d'une excellente oxygénation de l'eau (autour de 168 %).

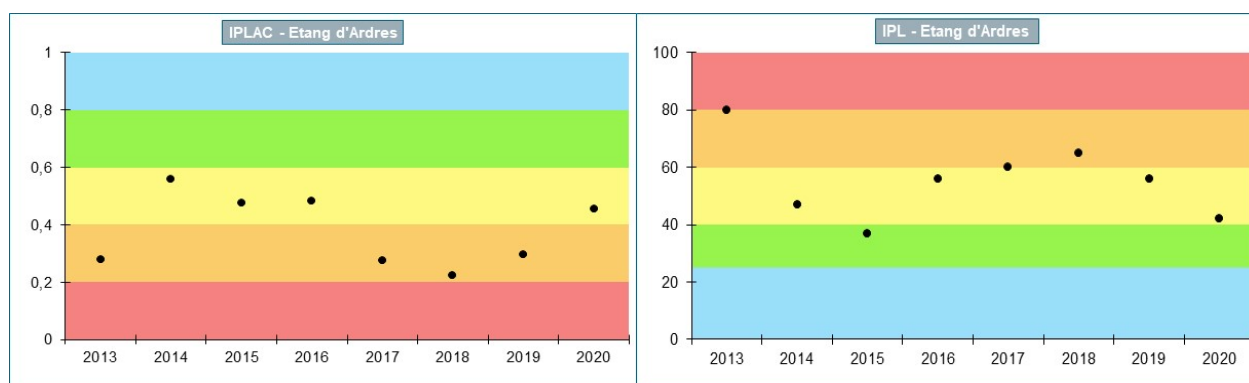
Les concentrations en **pigments chlorophylliens** ne concordent pas entièrement avec celles de biomasses algales. En effet, selon les espèces, les algues synthétisent des quantités variables de chlorophylle-a, ce qui explique parfois l'absence de corrélation entre la biomasse algale et la teneur en chlorophylle-a. Les valeurs de concentrations en chlorophylle a relevées dans ce plan d'eau sont relativement élevées (moyenne de 29 µg/L). Le pic de concentration est observé en septembre (35 µg/L). En revanche, les mesures de phéopigments sont faibles (1,0 à 13,0 µg/L) ce qui indique que le phytoplancton est dans les conditions optimales pour son développement.



En 2020, Selon la valeur prise par l'**IPLAC** (EQR de 0,454), l'**état biologique** selon l'élément de qualité phytoplancton est **moyen**. A noter cependant que cette note présente une robustesse modérée, due à l'écart entre les métriques indicielles MBA (0,389) et MCS (0,454). Les valeurs de chlorophylle élevées contribuent à diminuer la note de MBA (médiocre).

La note **IPL** de 42, donnée à titre de comparaison, concorde avec les résultats du calcul de l'**IPLAC** et aboutit à la même classe de qualité **moyen**.

Les graphiques ci-dessous présentent l'évolution des deux indices IPLAC et IPL, sur l'ensemble des années de suivi. L'évolution temporelle des deux indices présente des résultats globalement assez similaires, en effet les classes de qualité sont soit moyenne soit médiocre selon les années. Seul l'IPL présente en 2015 une classe de qualité bonne, cependant très proche de la classe inférieure (moyenne).



En conclusion, l'analyse du phytoplancton de L'étang d'Ardres, assez productif en biomasse algale et envahi par les cyanobactéries, témoigne en 2020 d'une qualité de l'eau moyenne.

5.2. L'ÉTANG DE ROMELAERE (AUDOMAROIS)

Le marais Audomarois est une vaste zone de tourbière entourée de cultures, situé près de la commune de Saint-Omer. De nombreuses mares et étangs se sont formés suite à l'exploitation de la tourbe et selon les différentes opérations de drainage et de régulation du cours d'eau. Il s'agit désormais d'une réserve naturelle depuis 2008. Parmi cet ensemble d'étangs, un site a été choisi en particulier appelé « étang de Romelaere » et fait l'objet de l'actuel suivi du phytoplancton. Aucune activité nautique n'y est pratiquée. La superficie de ce plan d'eau est de 20,8 ha, la profondeur moyenne est de 1,7 m et au maximum de 2,0 m.

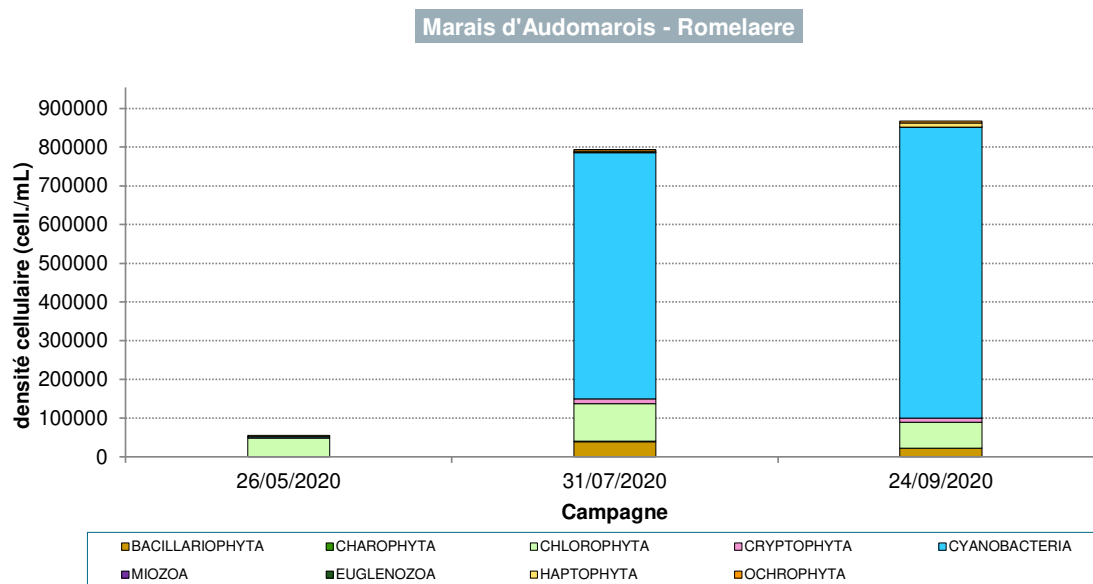
Tableau 6 – Résultats du suivi phytoplancton de l'étang de Romelaere en 2020

Date de prélèvement	26/05/2020	31/07/2020	24/09/2020
Concentration algale (ind./mL)	16 150	130 183	103 403
Concentration cellulaire (cell./mL)	55 316	793 779	867 583
Biomasse algale totale (mg/L)	16,50	71,63	73,50
Richesse taxonomique (nb. taxons/récolte)	53	87	93
Espèce dominante (% de densité cell.)	<i>Coelastrum astroideum</i> (20 %)	<i>Aphanocapsa</i> sp. (18 %)	<i>Planktothrix agardhii</i> (58 %)
Chlorophylle a (µg/L)	15	102	48
Phéopigments (µg/L)	7	1	17
Note de l'IPLAC	0,306		
Note de l'IPL	50		

Les mesures *in situ* du profil vertical, présentent une masse d'eau à peu près homogène, sur une hauteur d'eau assez faible (0,9 à 2,5 m) :

- le **pH** est toujours basique et très stable sur la colonne d'eau (pH = 8 ou 9) ;
- La **conductivité** est assez élevée et relativement stable d'une campagne à l'autre ainsi que dans la colonne d'eau (entre 531 et 680 µS/cm). Une légère augmentation de la minéralisation en septembre vers le fond est observée (élévation de 103 µS /cm) ;
- **la température de l'eau** en surface augmente légèrement au cours des prélèvements (de 21,8°C en mai à 22,7°C en juillet) puis diminue dès le mois de septembre (17,9°C). Lors de 3 campagnes, une absence de stratification thermique est observée. Toutefois, un gradient négatif de température est relevé de la surface vers le fond en mai (écart de -3,0°C) ;
- **l'oxygénation de l'eau** est assez stable et moyenne, en surface, au cours des campagnes (entre 7,7 et 8,6 mg O₂/L). Les campagnes de mai et de septembre présentent une forte diminution de l'oxygénation en profondeur, et un taux de saturation en oxygène particulièrement faible (respectivement 41 % et 17 %) ;
- **la transparence** de l'eau est toujours faible (comprise entre 0,3 et 0,55 m).

Le graphique ci-dessous présente l'évolution saisonnière des **concentrations cellulaires** selon la proportion de chaque groupe d'algues.

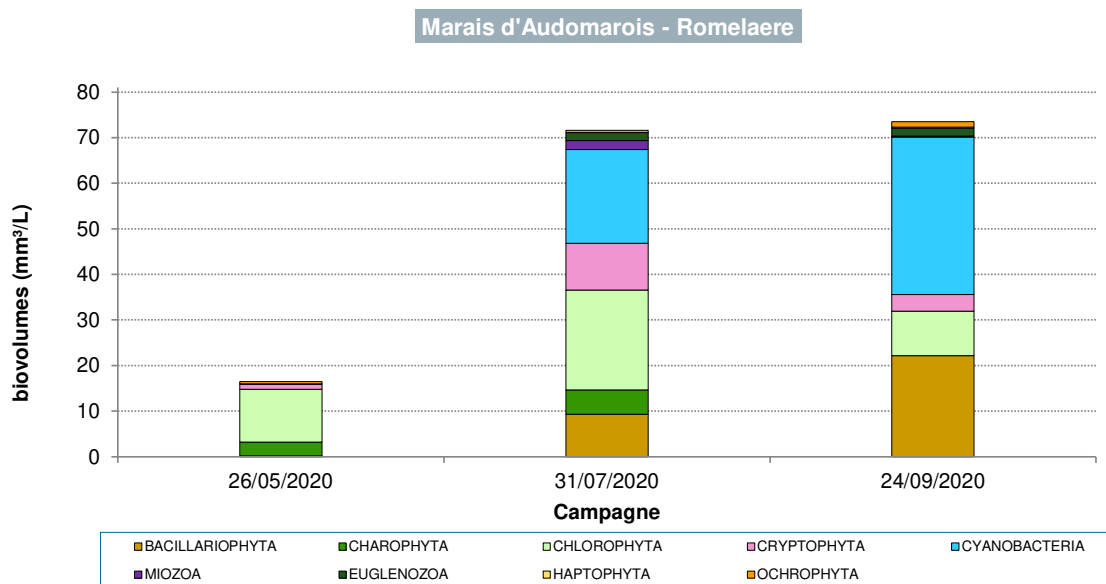


Selon la **concentration cellulaire**, les densités algales atteintes dans l'étang sont très importantes (moyenne annuelle de 572 226 cell./mL). La dynamique saisonnière du peuplement phytoplanctonique présente une forte augmentation des concentrations cellulaires au cours de l'année. Les valeurs minimales sont observées pendant la phase dite « d'eaux claires » en mai, probablement due à l'influence du broutage du zooplancton. Le développement est surtout très intense en septembre avec près de 870 000 cell./mL.

La **composition du peuplement phytoplanctonique** est essentiellement basée sur les Chlorophytes et les cyanobactéries. En effet, lors de la première campagne, pendant la phase dite « d'eaux claires » en mai, ce sont presque uniquement les Chlorophytes qui dominent (85%), avec notamment *Coelastrum astroideum* (20% de la densité totale). Cette espèce ubiquiste est présente, généralement, dans des milieux à tendance mésotrophe. Pour les campagnes de juillet et de septembre, les cyanobactéries sont majoritaires en termes de nombre de cellules (respectivement 80 et 87 %). En période estivale, ce sont de petites cyanobactéries coloniales de faibles biovolumes (*Aphanocapsa sp*), accompagnées par des espèces filamenteuses (*Planktolyngbya spp*), qui composent 54 % de la densité totale. Ces espèces ne présentent pas de caractère toxique. Enfin, en septembre, le pic de concentrations cellulaires est exclusivement constitué par *Planktothrix agardhii* (58%). Cette espèce, typique de milieux eutrophes, est potentiellement toxique.

En ce qui concerne les **cyanobactéries potentiellement toxiques**, leur concentration est très fluctuante puisqu'elle est tout d'abord très faible lors de la campagne de mai (1 700 cell./mL) puis progresse de façon très importante en juillet et en septembre (respectivement 157 000 et 580 000 cell./mL). Le seuil d'alerte est donc largement dépassé pour ce plan d'eau.

Le graphique ci-dessous présente l'évolution saisonnière des **biomasses algales** obtenues selon la proportion de chaque groupe d'algues.



L'évolution annuelle de la biomasse est très fluctuante (16,5 à 73,5 mg/L) avec une moyenne annuelle très élevée (54 mg/L). Elle suit assez bien l'évolution de la densité cellulaire :

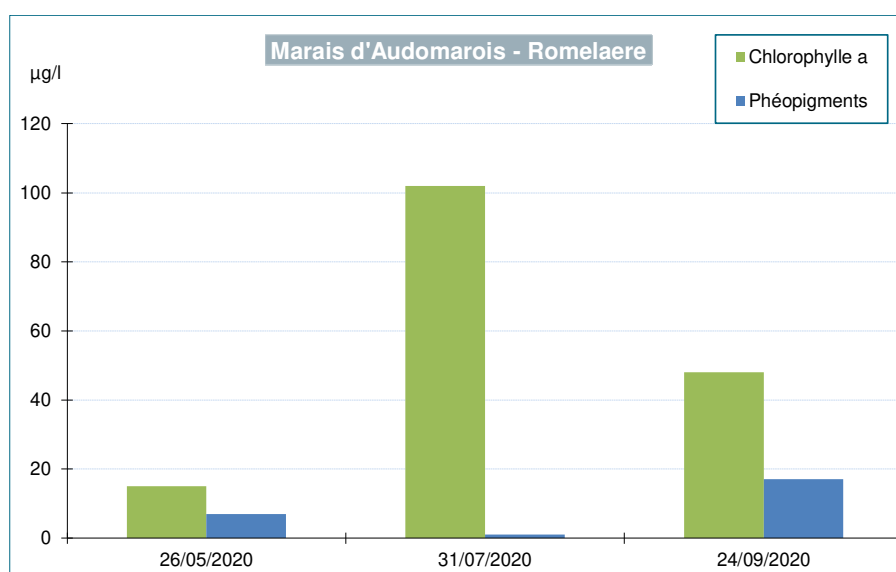
- une phase productive dès le mois de mai ;
- une augmentation très importante en été ;
- un pic important en septembre.

Alors que les taxons dominants, en nombre de cellules, sont des Chlorophyta et les cyanobactéries ; en considérant les biovolumes, d'autres groupes sont quelquefois prépondérants, tels que :

- les **Bacillariophyta**, dont le groupe des médiophycées (centriques) en septembre représente une grande partie de la biomasse (principalement *Stephanodiscus* 21 %) ;
- les **Chlorophyta**, qui participent constamment au peuplement, sont très importantes dans la biomasse de mai (71 %), avec notamment *Pseudopediastrum boryanum* (37% de la biomasse totale) ;
- les **Cryptophyta** atteignent autour de 14 % en juillet (*Cryptomonas* sp., *C. ovata*, *Plagioselmis nannoplantica*) ;
- les **Cyanobacteria**, sont évidemment également très importantes dans la biomasse de septembre (47 %).

La **richesse taxonomique** est toujours importante, quelle que soit la campagne, avec une moyenne annuelle très élevée (78 espèces). Le maximum de richesse est observé en septembre avec 93 taxons identifiés (47 d'entre eux sont des Chlorophyta). Il s'agit de la richesse taxonomique la plus élevée observée lors de ce suivi.

L'évolution des **pigments chlorophylliens** est représentée dans le graphique ci-dessous.

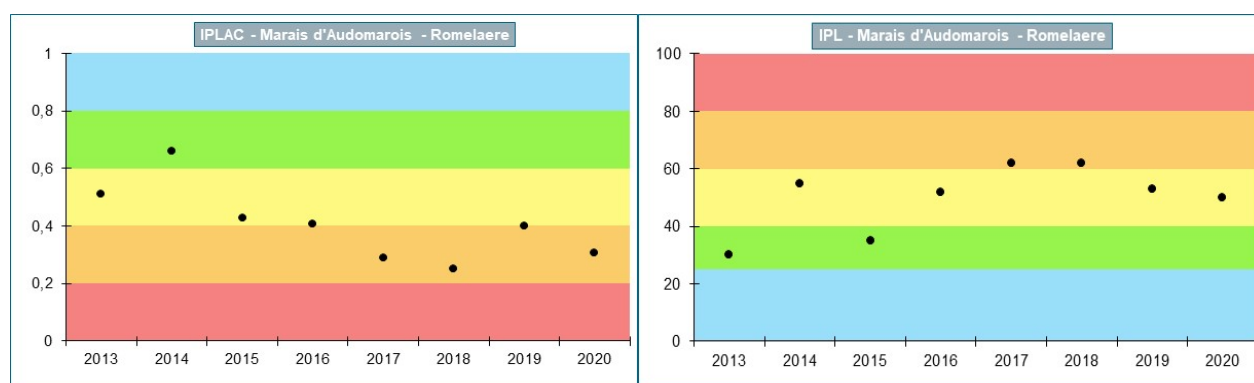


Il n'y a pas tout à fait de concordance avec l'évolution des biomasses algales, hormis une phase très peu productive en mai. En effet, le pic de développement du phytoplancton est observé en septembre (73,5 µg/L) alors que les teneurs de chlorophylle *a* sont maximales en juillet (102 µg/L). Les valeurs des pigments chlorophylliens sont donc sous-estimées en fin d'été. En revanche, les mesures de phéopigments (partie dégradée de la chlorophylle) ont été trouvées en faible quantité (1,0 à 13,0 µg/L) illustrant des communautés en phase de croissance.

En 2020, selon la valeur prise par l'**IPLAC** (EQR de 0,306), l'**état biologique** selon l'élément de qualité phytoplancton est **médiocre**. A noter cependant que cette note présente une robustesse modérée, due à l'écart entre les métriques indicielles MBA (0,165) et MCS (0,367). Les valeurs de chlorophylle élevées contribuent à diminuer la note de MBA (mauvaise).

La note **IPL** de 50, donnée à titre de comparaison, ne concorde pas avec les résultats du calcul de l'**IPLAC** et aboutit à une classe de qualité supérieur (moyenne).

Les graphiques ci-dessous présentent l'**évolution des deux indices IPLAC et IPL**, sur l'ensemble des années de suivi. Les premières années ont présenté des résultats satisfaisants (qualité entre bonne et moyenne). Une dégradation du milieu est observée à partir de 2017 (classe médiocre), hormis en 2019 (qualité moyenne).



En conclusion, l'analyse du phytoplancton de ce plan d'eau témoigne d'une qualité de l'eau dégradée, dans lequel les cyanobactéries se développent favorablement surtout en fin de période estivale.

Signalons que la présence d'espèces potentiellement toxiques impliquerait une surveillance plus importante de ce plan d'eau en cas d'activités nautiques ou de pêches.

5.3. LA MARE À GORIAUX

Cette mare, située dans la forêt domaniale de Raismes-St-Amand (département 59), est classée en réserve biologique domaniale depuis 1982. Ce plan d'eau est suivi pour l'intérêt de la recolonisation par la flore et la faune du terroir de la Mare. Il s'est formé artificiellement par creusement en lit majeur d'un cours d'eau, après affaissement de terrain suite à l'exploitation minière très intensive (charbon). Il est d'une superficie totale de 78 ha, et de faible profondeur (moyenne 1 m et maximum 1,3 m). La baignade y est interdite et la pêche autorisée uniquement en barque.

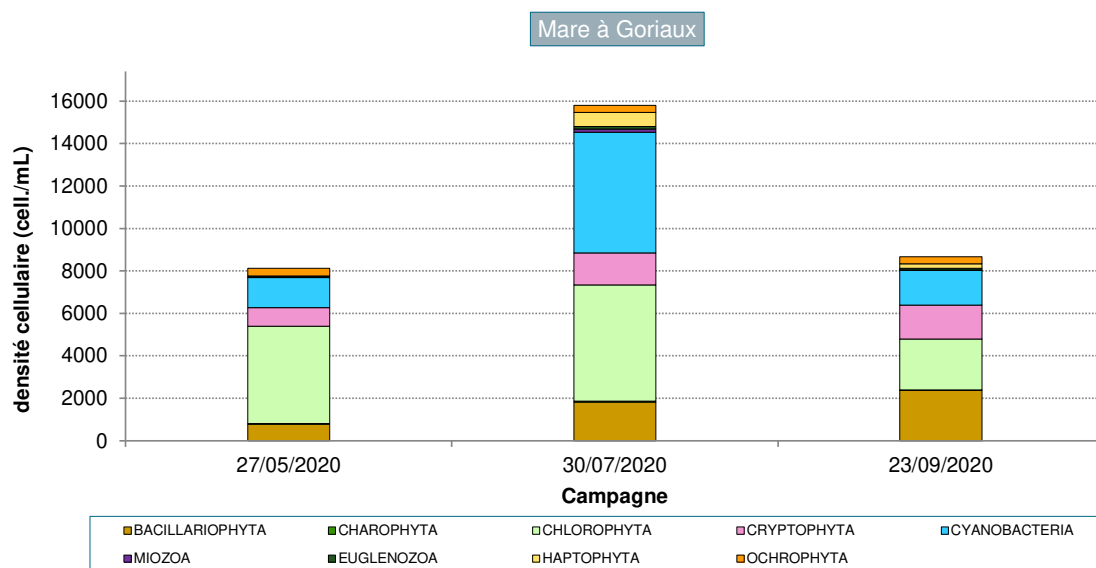
Tableau 7 – Résultats du suivi phytoplancton de la Mare à Goriaux en 2020

Date de prélèvement	27/05/2020	30/07/2020	23/09/2020
Concentration algale (ind./mL)	3 440	6 905	5 433
Concentration cellulaire (cell./mL)	8 148	15 813	8 663
Biomasse algale totale (mg/L)	2,38	1,70	3,56
Richesse taxonomique (nb. taxons/récolte)	60	60	53
Espèce dominante (% de densité cell.)	<i>Dictyosphaerium subsolitarium</i> (39 %)	<i>Cyanogranis spp</i> (25 %)	<i>Dictyosphaerium subsolitarium</i> (18 %)
Chlorophylle a (µg/L)	3	3	17
Phéopigments (µg/L)	2	1	6
Note de l'IPLAC	0,795		
Note de l'IPL	45		

Les mesures *in situ* du profil vertical, présentent une masse d'eau très homogène autant au cours des campagnes que sur sa hauteur (d'environ 1,2 à 1,5 m).

- le **pH** est toujours basique et très stable sur la colonne d'eau (pH = 8 ou 9) ;
- la **conductivité** est très élevée et augmente au cours des prélèvements (entre 1321 et 1640 µS/cm en surface). Elle témoigne d'une très forte minéralisation du plan d'eau du fait de l'environnement particulièrement acide qui l'entoure (substrat sableux), subissant en même temps l'impact de la salinité (lessivage du terroir entre autres) ;
- la **température de l'eau** en surface augmente légèrement au cours des prélèvements (de 20,2°C en mai à 22,3°C en juillet) puis diminue dès le mois de septembre (18,6°C). Les campagnes de mai et septembre présentent des profils de températures homogène et stable. Durant la campagne du mois de juillet, une légère diminution de la température en profondeur est observée (de -1,0 °C) ;
- l'**oxygénation de l'eau** est assez stable et toujours moyenne (entre 7,1 et 9,3 mg O₂/L). Elle a toujours été suffisante toute l'année, hormis une légère diminution de son taux de saturation en septembre à 1 m (66 %) ;
- la **transparence** de l'eau est meilleure en période printanière et estivale, bien qu'inférieure à 1 m. Elle diminue au cours de l'été jusqu'à atteindre seulement 0,4 m en septembre.

Le graphique, ci-dessous, présente l'évolution saisonnière des **concentrations cellulaires** selon la proportion de chaque groupe d'algues.



Les analyses quantitatives du phytoplancton présentent des résultats quelque peu différents des plans d'eau précédents. Les variations oscillent entre des densités faibles à moyenne (moyenne annuelle 11 000 cell./mL). Le développement algal, et la croissance d'algues pluricellulaires, se produisent très nettement en juillet (près de 16 000 cell./mL).

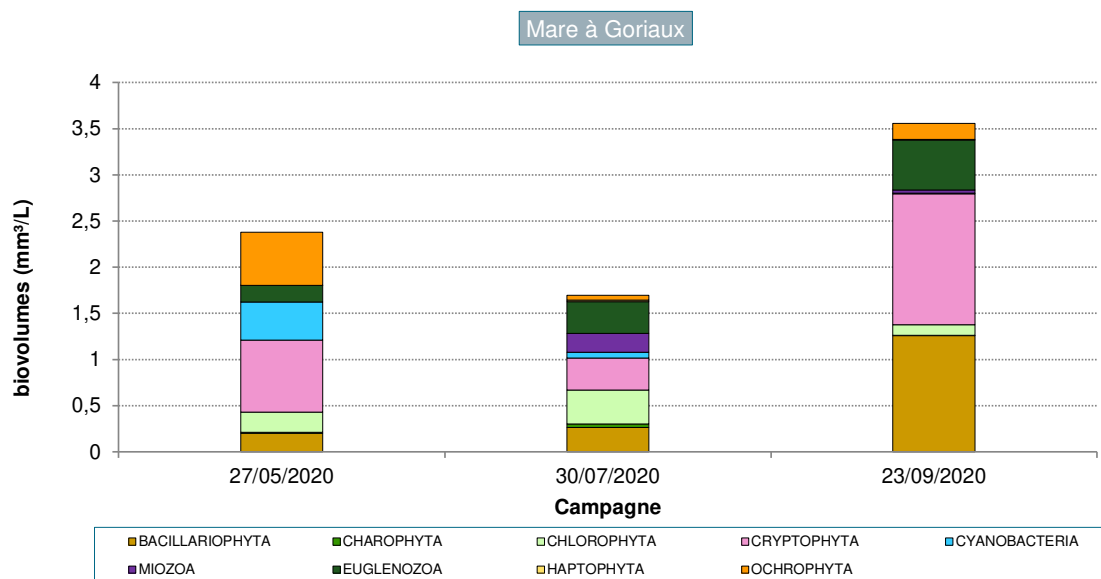
La **composition du peuplement phytoplanctonique** est très variable d'une campagne à l'autre :

- en mai, lors de la phase d'eaux claires, les chlorophycées dominent le cortège (57 %). Les taxons principaux appartiennent aux **Trébouxiophycées** et notamment *Dictyosphaerium subsolitarium* (39 %) ;
- en juillet, lors du pic estival, le nombre d'espèces pluricellulaires augmente parallèlement aux cyanobactéries en plein essor (37%). Cette fois, il s'agit plutôt d'une petite cyanobactérie coloniale, **Cyanogranis** (dont *C. ferruginea*). Elle est accompagnée par les chlorophycées (34 %) ;
- enfin, en septembre, ce sont les diatomées (*Cyclotella choctawhatcheeana*) et les Chlorophytes (*Dictyosphaerium subsolitarium*) qui contribuent majoritairement à la densité totale (respectivement à 28 % et 27 %).

La présence de zooplancton a été révélée lors des analyses de l'échantillon du mois de mai confirmant la période d'eaux claires à cette date et de leur impact sur les algues (broutage).

La concentration en **cyanobactéries potentiellement toxiques** est assez faible hormis une légère augmentation en mai (1 400 cell./mL) due à la présence des nostocales. Cependant, leur concentration reste bien en deçà du seuil d'alerte.

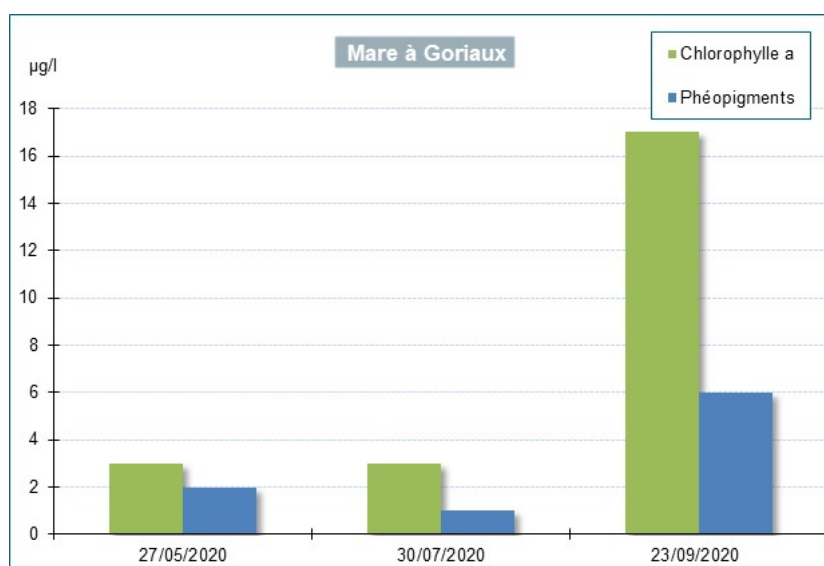
Le graphique ci-dessous présente l'évolution saisonnière des **biomasses algales** obtenues selon la proportion de chaque groupe d'algues.



L'évolution des valeurs de la **biomasse** ne suit pas celle des concentrations cellulaires. L'évolution annuelle de la biomasse est très faible et peu fluctuante (1,7 à 3,7 mg/L) présentant une moyenne annuelle ainsi très faible (2,5 mg/L). Lors du pic de biomasse algale en septembre, le peuplement est composé surtout de cryptophycée (40 %), simultanément aux diatomées (35 %) et enfin quelques euglènes (15 %). Les cryptophycées sont essentiellement représentées par *Cryptomonas cf. ovata* (20%) et *Cryptomonas cf. erosa* (10%). Parmi les diatomées centriques contribuant à la biomasse algale de septembre, deux espèces déjà signalées les années précédentes sont à nouveau présentes dans ce plan d'eau (*Cyclotella meneghiniana* 16 % et *Cyclotella meneghiniana* 10 %). En revanche, *Cyclotella meneghiniana* n'a pas été observée en 2020.

La **richesse taxonomique** est relativement importante quelle que soit la campagne (moyenne annuelle élevée de 58 espèces). Le maximum de richesse est observé en mai et en juillet avec 60 taxons identifiés. Les Chlorophyta sont très majoritaires et représentent presque la moitié des taxons identifiés.

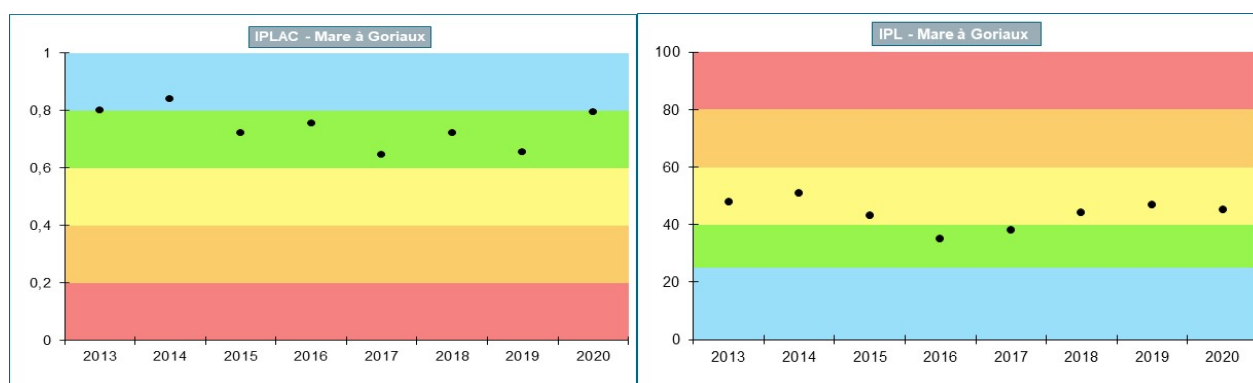
Les teneurs en **pigments chlorophylliens**, assez faibles en mai et en juillet, puis moyennes en septembre, suivent une évolution temporelle similaire à celle de la biomasse. En revanche, les mesures de phéopigments (partie dégradée de la chlorophylle) ont été trouvées en très faible quantité (1,0 à 6,0 µg/L) illustrant des communautés en phase de croissance.



En 2020, selon la valeur prise par l'**IPLAC** (EQR de 0,795), l'**état biologique** selon l'élément de qualité phytoplancton est **bon**. A noter cependant que cette note présente une robustesse modérée, due à l'écart entre les métriques indicielles MBA (0,904) et MCS (0,748).

La note **IPL** de 45, donnée à titre de comparaison, ne concorde pas avec les résultats du calcul de l'**IPLAC** et aboutit à une classe de qualité inférieure (**moyenne**). C'est surtout l'abondance relative en biovolumes des euglènes (groupe le plus déclassant) présentent dans les campagnes de juillet et de septembre qui augmente la note et sous-estime la qualité de l'eau.

Les graphiques, ci-dessous, présentent l'**évolution des deux indices** sur l'ensemble des années de suivi et une interprétation de la qualité du plan d'eau assez divergente. En effet, l'IPLAC indique une classe d'abord très bonne en 2013 et 2014, puis une légère dégradation en classe bonne à partir de 2015 qui se confirme jusqu'en 2020. A l'inverse, l'IPL indique plutôt une classe moyenne entre 2013 et 2015, puis bonne en 2016 et 2017 et retourne à nouveau en moyenne jusqu'en 2020. Cependant, l'évolution d'une classe d'état à une autre, quel que soit l'indice, est assez peu marquée sur ces 8 années.



En conclusion, l'analyse du phytoplancton de ce plan d'eau, assez peu productif en biomasse algale et peu envahi par les cyanobactéries, témoigne en 2020 d'une bonne qualité de l'eau.

5.4. L'ÉTANG DU VIGNOBLE

Ce plan d'eau, d'une superficie d'environ 52 ha, possède une profondeur maximale de 3,3 m et une profondeur moyenne de 1,6 m. Il est longé par l'Escaut, en pleine ville de Valenciennes, et est utilisé pour des activités nautiques et la pratique de la pêche.

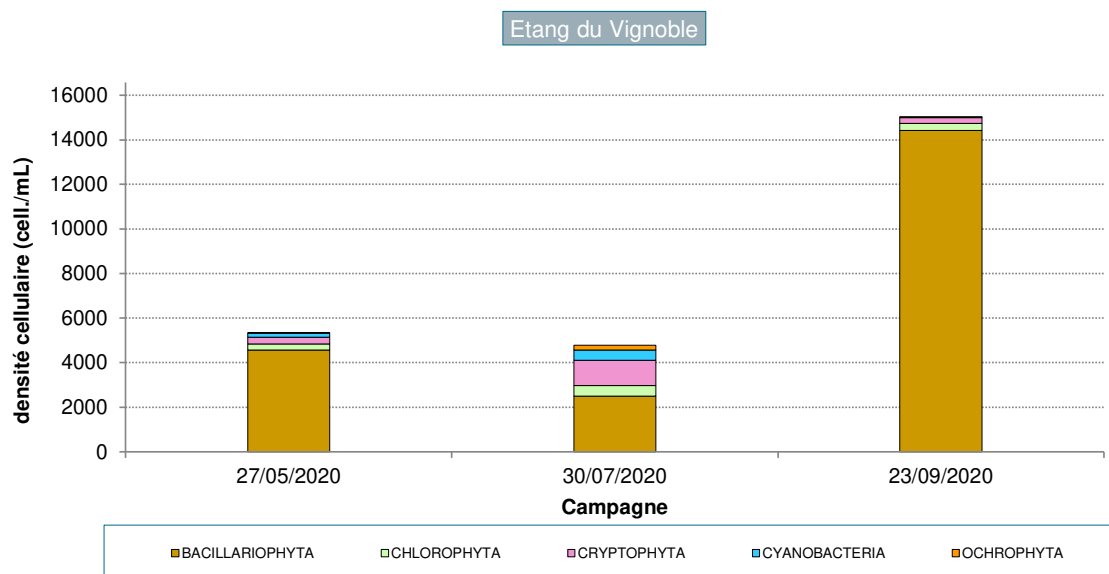
Tableau 8 – Résultats du suivi phytoplancton de l'étang du Vignoble en 2020

Date de prélèvement	27/05/2020	30/07/2020	23/09/2020
Concentration algale (ind./mL)	5 150	3 908	14 831
Concentration cellulaire (cell./mL)	5 346	4 850	15 062
Biomasse algale totale (mg/L)	1,30	1,50	3,04
Richesse taxonomique (nb. taxons/récolte)	20	37	23
Espèce dominante (% de densité cell.)	<i>Nitzschia paleacea</i> (83 %)	<i>Plagioselmis nannoplanctica</i> (22 %)	<i>Cyclostephanos invisitatus</i> (41 %)
Chlorophylle a (µg/L)	3	3	8
Phéopigments (µg/L)	4	1	2
Note de l'IPLAC	0,631		
Note de l'IPL	19		

Les mesures *in situ* du profil vertical, présentent une masse d'eau homogène au cours des campagnes avec quelques variations sur la colonne d'eau :

- le **pH** de l'eau est toujours nettement basique (pH entre 8 et 10) ;
- la **conductivité** est stable et moyenne au cours des relevés (489 à 588 µS/cm) ;
- **la température de l'eau** en surface diminue progressivement au cours des prélèvements (de 20,9°C en mai à 18,6°C en septembre). Les campagnes de juillet et de septembre présentent des profils de températures homogènes et stables. Pendant la campagne du mois de mai, une légère baisse de la température en profondeur est observée (-1,5 °C) ;
- **l'oxygénation de l'eau** est très variable d'une campagne à l'autre, elle est notamment assez élevée en mai (12,9 mgO₂/l et 142% en surface). En juillet, l'oxygénation est toujours élevée et couplée à une variation en profondeur (9,1 mgO₂/l en surface et 5,0 mgO₂/l en profondeur). En septembre, l'oxygénation est stable dans toute la colonne ;
- **la transparence** de l'eau est toujours élevée (comprise entre 1,0 et 2,6 m), compte tenu de la faible profondeur ; la zone euphotique s'étend ainsi sur 100 % de la colonne d'eau.

Le graphique, ci-dessous, présente l'évolution saisonnière des **concentrations cellulaires** selon la proportion de chaque groupe d'algues.



Le peuplement phytoplanctonique présente une densité faible à moyenne tout au long du suivi (moyenne annuelle de 8 400 cell./mL), avec toutefois une valeur maximale de 15 062 cell./ml enregistrée en septembre.

La **composition du peuplement phytoplanctonique** est essentiellement basée sur les diatomées, qui dominent largement le peuplement au fil des campagnes (respectivement 88, 58 et 96 %). Tous les taxons les plus abondants (en pourcentage de cellules) font effectivement partie de ce groupe, avec par ordre d'importance :

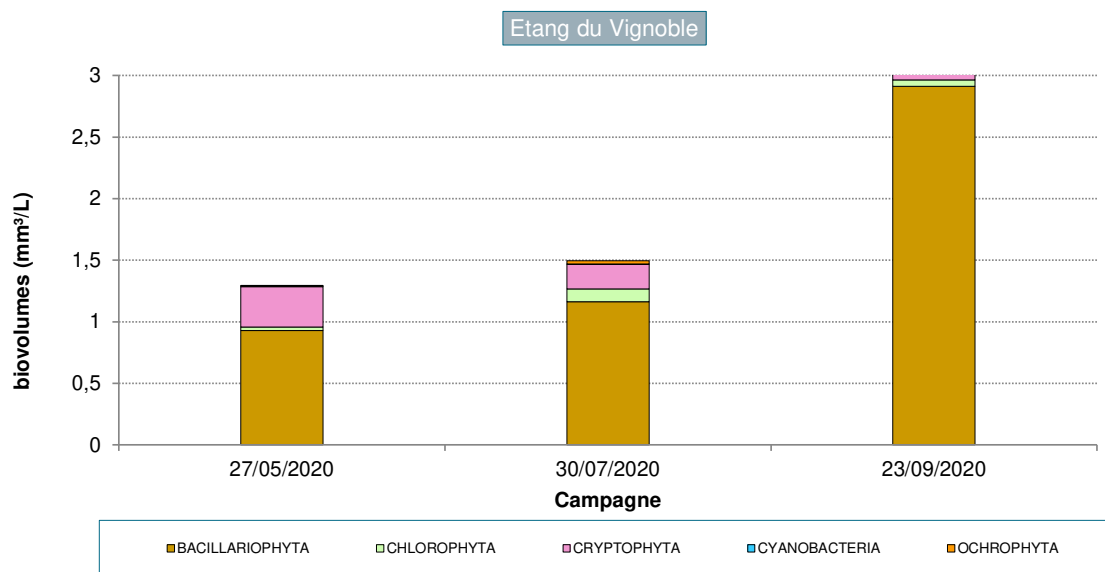
- ***Nitzschia paleacea*** (83 % uniquement en mai) ;
- ***Cyclostephanos invisitatus*** (18 % en juillet 41 % en septembre) ;
- ***Discostella pseudostelligera*** (12 % en septembre) ;
- ***Stephanodiscus parvus*** (12 % uniquement en septembre) ;

De nombreuses autres espèces appartenant aux diatomées accompagnent celles-ci, participant aussi de façon conséquente à la densité cellulaire.

Toutefois, les **cryptophycées** sont intéressantes à observer en été puisqu'elles représentent tout de même plus de 29 % de la densité cellulaire. Elles sont essentiellement représentées par *Plagioselmis nannoplantica*.

La concentration en **cyanobactéries potentiellement toxiques** est très faible, atteignant à peine 193 cell./mL en mai. Le risque sanitaire semble donc très limité.

Le graphique ci-après présente l'évolution saisonnière **des biomasses algales** obtenues selon la proportion de chaque groupe d'algues.



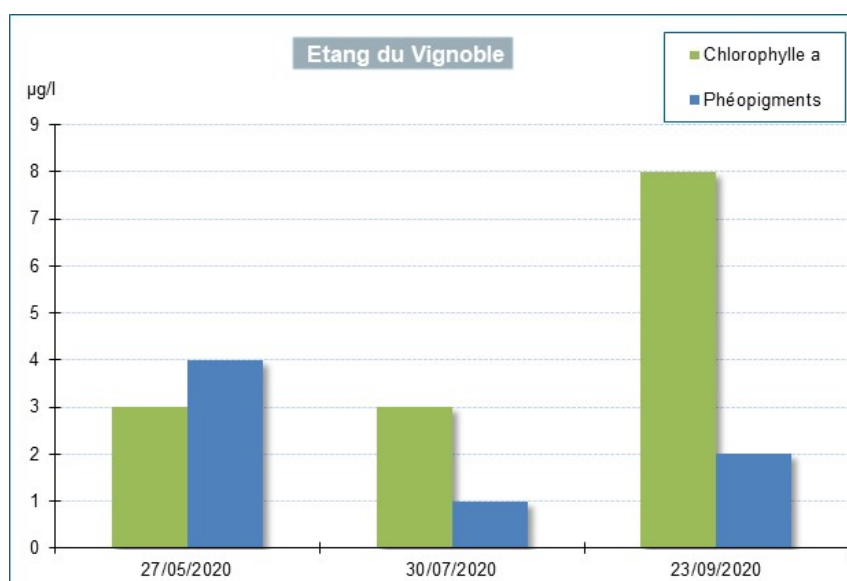
L'évolution des valeurs de la biomasse concordent avec celle des concentrations cellulaires. L'évolution annuelle est très faible et peu fluctuante (1,3 à 3,0 mg/L) présentant une moyenne annuelle ainsi très faible (1,9 mg/L). Ce sont bien évidemment les diatomées qui représentent la plus grande proportion de la biomasse lors des diverses campagnes (respectivement 72, 78 et 96%) et plus particulièrement :

- ***Nitzschia paleacea*** (69 % uniquement en mai) ;
- ***Cyclotella meneghiniana*** (28 % uniquement en juillet) ;
- ***Fragilaria*** (25 % uniquement en juillet) ;
- ***Cyclostephanos*** (*C. dubius* 36 % et *C. invisitatus* 29 % en septembre) ;

Les cryptophycées participent constamment à la biomasse et parfois de façon importante, en particulier pendant la campagne du mois de mai (25 %), avec notamment *Cryptomonas sp* (16 %).

La **richesse taxonomique** est très fluctuante au cours des campagnes et présente une moyenne annuelle peu élevée (27 taxons). Elle oscille entre des valeurs très faibles en mai (20 taxons) lorsque les chlorococcales sont très majoritaires, et une diversité maximale en juillet, tout en demeurant moyenne, (37 taxons) alors que le peuplement est peu dense.

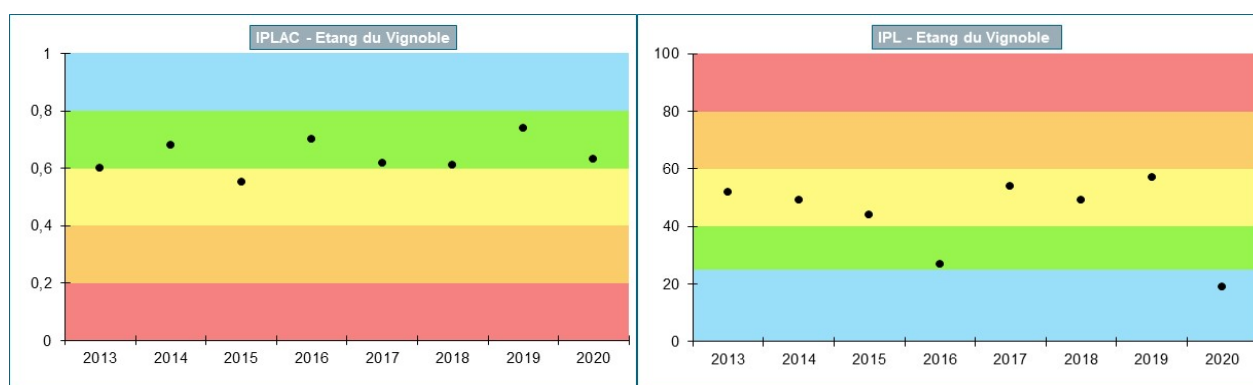
L'évolution des **pigments chlorophylliens**, suivent la progression de la biomasse algale. Les valeurs sont très faibles en mai et en juillet, puis les concentrations en chlorophylle *a* augmentent légèrement en septembre (8 µg/L). Au mois de mai, les teneurs en phéopigments sont supérieures à celles de la chlorophylle, démontrant une phase de dégradation du phytoplancton.



En 2020, selon la valeur prise par **l'IPLAC** (EQR de 0,631), **l'état biologique** selon l'élément de qualité phytoplancton est **bon**. A noter cependant que cette note présente une robustesse modérée, due à l'écart entre les métriques indicielles MBA (0,989) et MCS (0,478). L'abondance de *Cyclostephanos invisitatus* en septembre contribue à diminuer la note de la métrique MCS de par sa très mauvaise cotation (cote spécifique = 1,01/20).

La note **IPL** de 19, donnée à titre de comparaison, ne concorde pas avec les résultats du calcul de **l'IPLAC** et aboutit à une classe de qualité supérieur (**très bonne**). La participation des cyanobactéries et les euglènes (groupes les plus déclassants) est inexistante dans le présent calcul de l'IPL.

Les graphiques ci-dessous présentent **l'évolution des deux indices**, durant les 8 années de suivi. Ceux-ci présentent des résultats différents puisque l'IPLAC indique une classe presque toujours bonne (hormis en 2015), alors que l'IPL indique plutôt une classe moyenne (sauf en 2016 où la classe est bonne et en 2020 avec une classe très bonne).



En conclusion, l'analyse du phytoplancton de l'étang du Vignoble, très peu productif en biomasse algale, témoigne en 2020 d'une bonne qualité de l'eau.

5.5. LE LAC DU VAL JOLY

Ce réservoir artificiel, créé en 1966, est le plus grand et le plus profond des 5 plans d'eau suivis (superficie de près de 110 ha, profondeur moyenne de 3,3 m et maximale de 7,9 m). Il est situé dans une zone boisée de la vallée de l'Helpe Majeure. Ce lac très touristique sert à de nombreuses activités nautiques et à la pêche. Il est suivi depuis très longtemps au niveau de la faune et de la flore, et a présenté fréquemment des efflorescences algales importantes dont les cyanobactéries sont devenues habituelles.

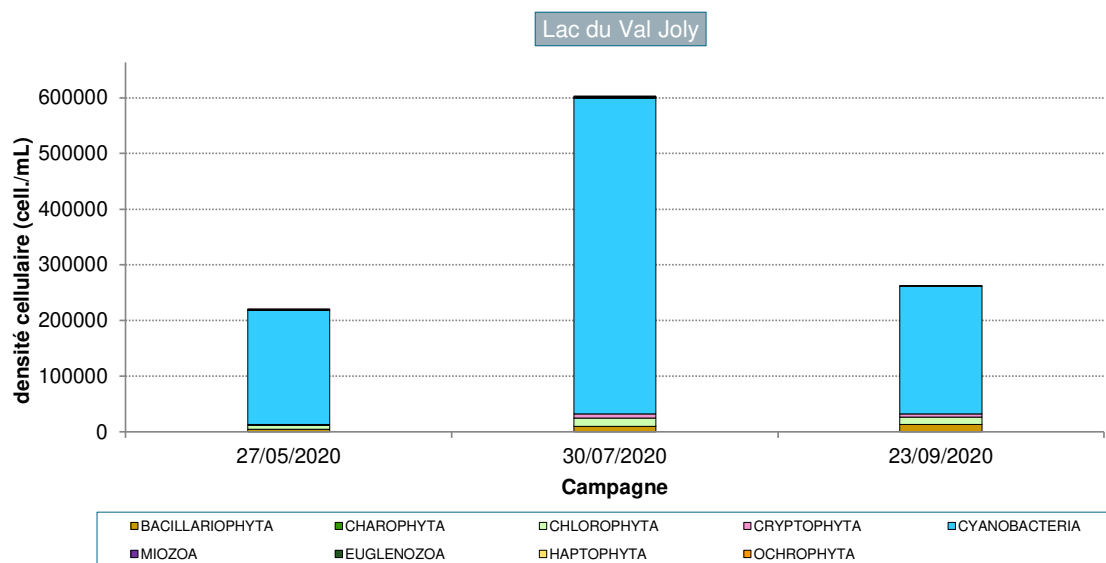
Tableau 9 – Résultats du suivi phytoplancton du lac du Val Joly en 2020

Date de prélèvement	27/05/2020	30/07/2020	23/09/2020
Concentration algale (ind./mL)	43 006	46 798	33 555
Concentration cellulaire (cell./mL)	221 212	603 143	262 776
Biomasse algale totale (mg/L)	9,26	50,34	30,54
Richesse taxonomique (nb. taxons/récolte)	59	73	74
Espèce dominante (% de densité cell.)	<i>Cyanogranis spp</i> (70 %)	<i>Planktothrix agardhii</i> (59 %)	<i>Planktothrix agardhii</i> (44 %)
Chlorophylle a (µg/L)	14	39	55
Phéopigments (µg/L)	3	1	7
Note de l'IPLAC	0,248		
Note de l'IPL	46		

Les mesures *in situ* du profil vertical ont été effectuées sur une hauteur plus importante que celle des plans d'eau précédents, atteignant 6 m. Des variations sont ainsi plus visibles pour chaque paramètre :

- le **pH** est nettement alcalin et très stable au cours des campagnes de juillet et de septembre (pH = 8). En revanche, les profils de pH montrent une hétérogénéité des valeurs lors de la campagne de mai, on distingue toutefois 2 couches superposées : une couche superficielle homogène, siège d'une forte activité photosynthétique (pH = 9 et > 134 % de saturation en oxygène dissous) et une couche profonde où les eaux s'appauvrissent en oxygène (3%), associée à une nette diminution de valeur de pH (7), illustrent la minéralisation de la matière organique ;
- la **conductivité** est assez faible et stable dans la colonne d'eau, ne présentant que quelques variations au cours des campagnes (entre 257 et 381 µS/cm) ;
- la **température de l'eau** en surface augmente légèrement au cours des prélèvements (de 21,5°C en mai à 22,5°C en juillet) puis diminue dès le mois de septembre (18,5°C). La variation de température dans la colonne d'eau est, en général, assez peu marquée. La température reste ainsi assez élevée en profondeur en milieu de période estivale (20,1°C) ;
- l'**oxygénation** de l'eau est très variable. En mai, l'oxycline se met en place vers 2,5 m de profondeur. Les teneurs en oxygène dissous sont importantes en surface (saturation de 133 %) et chutent nettement en profondeur jusqu'à l'anoxie (autour de 3,4 % et 0,4 mgO₂/L à 5,5 m). En juillet, les valeurs d'oxygène sont maximales, avec une sursaturation importante (152 %) puis diminuent progressivement vers le fond (64 % à 4,5 m). Cette forte oxygénation de l'eau illustre l'intense production algale. En septembre, l'oxygénation est moyenne et le profil vertical varie assez peu ;
- la **transparence** de l'eau est assez faible (comprise entre 0,4 et 1,1 m). La zone euphotique la plus importante est mesurée en mai, lors de la période de faible production algale.

Le graphique ci-après présente l'évolution saisonnière des **concentrations cellulaires** selon la proportion de chaque groupe d'algues.



En termes de **concentrations cellulaires**, les densités atteintes sur ce plan d'eau sont très importantes produisant une moyenne sur les trois campagnes de 363 000 cell./mL. Pendant la campagne printanière, il n'y a pas de phase d'eau claire marquée puisque la concentration cellulaire est assez importante (221 000 cell./mL). Le pic de concentrations cellulaires est observé en juillet.

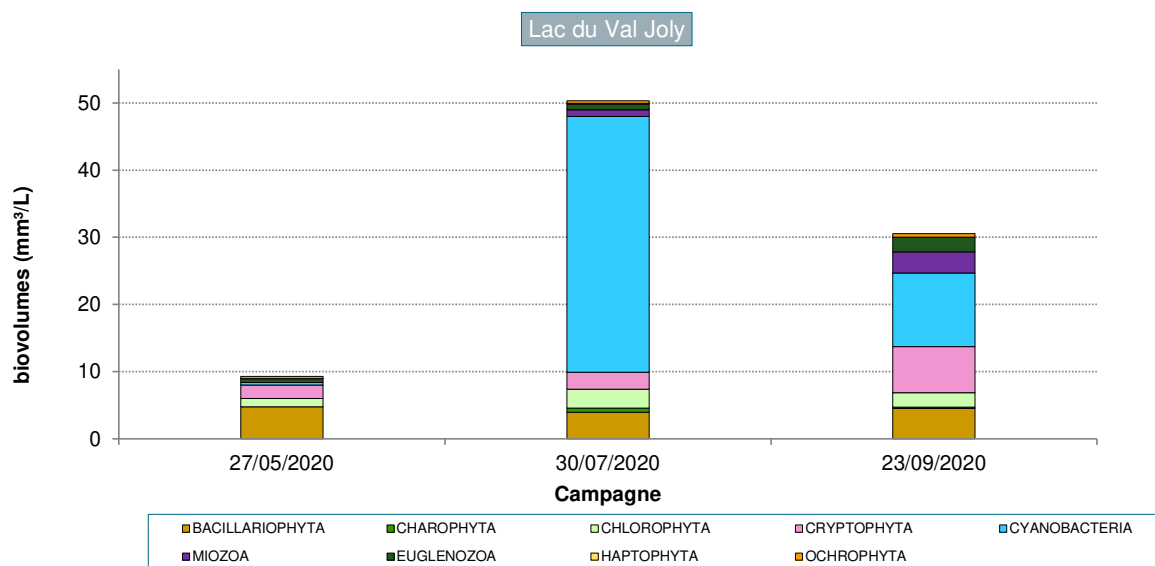
La **composition du peuplement phytoplanctonique** est essentiellement basée sur les cyanobactéries, qui dominent largement le peuplement lors des diverses campagnes (respectivement 93, 94 et 87 %). Tous les taxons les plus abondants (en pourcentage de cellules) font effectivement partie de ce groupe, avec par ordre d'importance :

- **Cyanogranis** (dont *C. ferruginea* 69 % uniquement en mai) ;
- **Planktothrix agardhii** (59 % en juillet 44 % en septembre) ;
- **Romeria** (20 % uniquement en mai) ;
- **Aphanizomenon klebahnii** (15 % en juillet) ;

De nombreuses autres espèces appartenant aux cyanobactéries accompagnent celles-ci, participant aussi de façon conséquente à la densité cellulaire.

En ce qui concerne les **cyanobactéries potentiellement toxiques**, leurs concentrations sont très fluctuantes puisqu'elles sont tout d'abord très faibles lors de la campagne de mai (500 cell./mL) puis progressent de façon très importante en juillet et en septembre (respectivement 400 000 et 143 000 cell./mL). Le seuil d'alerte est donc largement dépassé pour ce lac. La surveillance de la dynamique estivale de ce groupe algal est donc conseillée en raison du risque sanitaire qu'il représente pour les activités de loisirs (pêche et activités nautiques).

Le graphique ci-dessous présente l'évolution saisonnière des **biomasses algales** obtenues selon la proportion de chaque groupe d'algues.



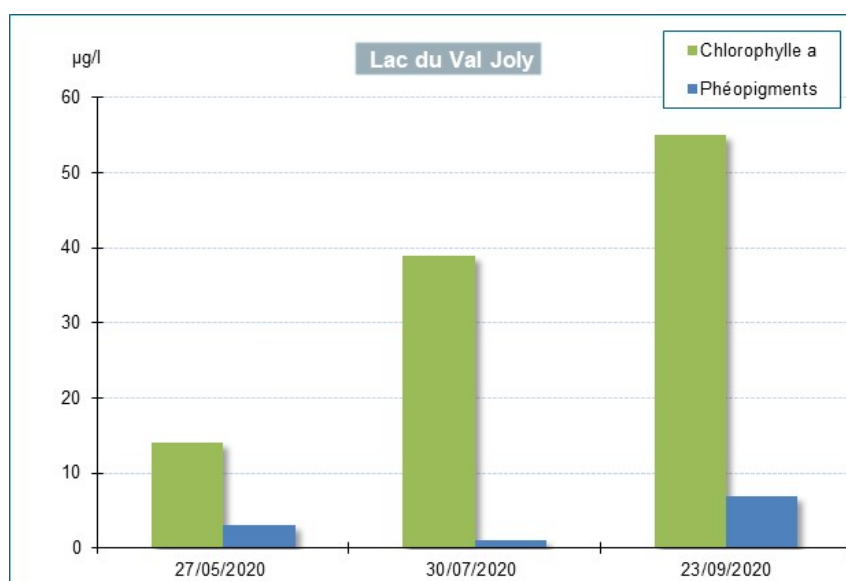
L'évolution des valeurs de la biomasse concorde avec celle des concentrations cellulaires. La moyenne annuelle est élevée (30,0 mg/L) avec notamment une très forte production algale de près de 51 mg/L observé en juillet.

Alors que les taxons dominants en nombre de cellules sont des cyanobactéries, en considérant les biovolumes, d'autres groupes sont quelquefois prépondérants, tels que :

- les **Bacillariophyta**, dont le groupe des Fragilariophyceae (Diatomées pennées) en mai représente une grande partie de la biomasse (principalement *Fragilaria sp.* 38 %) ;
- les **Cryptophyta** participent constamment le peuplement et parfois de façon importante, en particulier en mai (22 %) et en juillet (22 %). Deux taxons possèdent des biovolumes assez importants, *Cryptomonas sp* et *Cryptomonas cf. ovata* ;
- les **Chlorophyta** atteignent autour de 13 % de la biomasse en mai (*Hindakia tetrachotoma*, *Chlorotetraedron incus* et *Scenedesmus arcuatus*) ;
- les **Cyanobacteria**, sont évidemment également très importantes dans la biomasse de juillet et de septembre (respectivement 76 et 36 %), avec notamment *Planktothrix agardhii*.

La **richesse taxonomique** est élevée voire très élevée (maximum de 74 taxons en septembre) avec une moyenne annuelle de 69 taxons. L'élévation de la richesse en septembre est essentiellement liée à la diversification des taxons appartenant aux chlorophycées (34 taxons) au moment de leur essor.

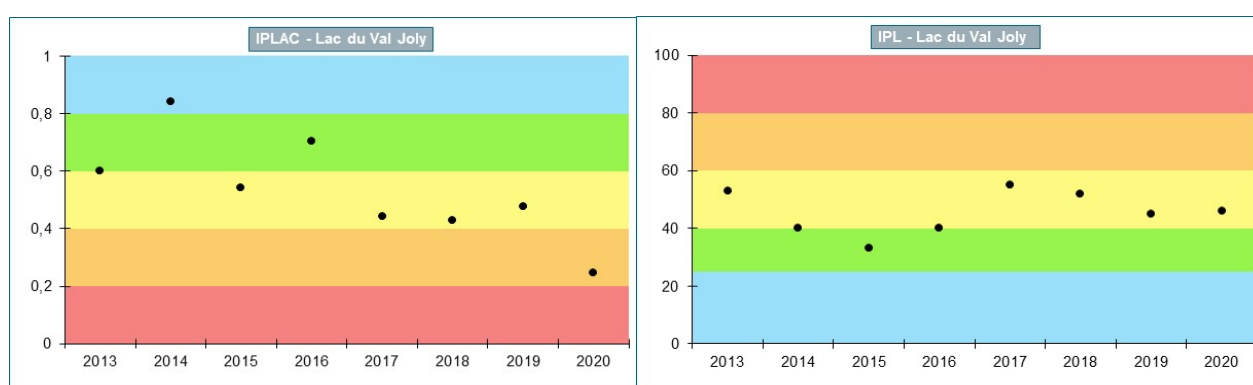
Les concentrations en **pigments chlorophylliens** ne concordent pas entièrement avec celles de biomasses algales. En effet, le pic de développement du phytoplancton est observé en juillet (50,3 µg/L) alors que les teneurs de chlorophylle *a* sont maximales en septembre (55 µg/L). Signalons que la teneur en pigment par unité de volume cellulaire dépend de divers facteurs tels que la nature des espèces, l'état physiologique et de l'environnement. Au cours de 3 campagnes, la quantité de phéopigments est peu importante et même négligeable par rapport à la chlorophylle *a*, ce qui indique que le phytoplancton est dans les conditions optimales pour son développement.



En 2020, selon la valeur prise par l'**IPLAC** (EQR de 0,248), l'**état biologique** selon l'élément de qualité phytoplancton est **médiocre**. A noter cependant que cette note présente une robustesse modérée, due à l'écart entre les métriques indicielles MBA (0,167) et MCS (0,283). La forte proportion de *Planktothrix agardhii* en juillet et en septembre impacte fortement le calcul de l'IPLAC de par sa très mauvaise cotation (cote spécifique = 3,68/20).

La note **IPL** de 46, donnée à titre de comparaison, ne concorde pas avec les résultats du calcul de l'**IPLAC** et aboutit à une classe de qualité supérieur (**moyenne**).

Les graphiques ci-dessous présentent l'**évolution des deux indices IPLAC et IPL**, sur l'ensemble des années de suivi. Les deux indices présentent des résultats sensiblement différents. L'évolution temporelle est assez fluctuante en ce qui concerne l'IPLAC, puisque varie sur quatre classes (très bonne à médiocre). En ce qui concerne les résultats calculés par l'IPL, la classification est beaucoup plus stable et presque toujours moyenne (sauf en 2015). Aucune amélioration ne semble se profiler sur les dernières années de suivi, au contraire une légère dégradation est visible depuis 2017.



En conclusion, le plan d'eau de Val Joly, particulièrement envahi par les cyanobactéries en période estivale, présente une qualité de l'eau médiocre.

6. SYNTHÈSE

Les résultats des analyses du phytoplancton sont extrêmement variables d'un plan d'eau à l'autre, bien qu'appartenant au même bassin d'Artois Picardie. Cependant, une grande stabilité des milieux semble être installée depuis plusieurs années sur chacun d'entre eux. La communauté phytoplanctonique est bien diversifiée et atteint une certaine maturité, composée d'espèces devenues habituelles.

Le classement, ci-dessous, reprend les plans d'eau dans l'ordre croissant de la qualité de l'eau.

Dans une classe de qualité médiocre, le lac du **Val Joly** présente la plus mauvaise note IPLAC. La biomasse, les concentrations algales, les teneurs en pigments chlorophylliens et la richesse taxonomique sont très élevées. Selon l'analyse du phytoplancton, ce plan d'eau est classé comme médiocre. Par rapport aux précédentes années, ce lac semble légèrement se dégrader (classe de qualité moyenne en 2017 à 2019). Les cyanobactéries sont très abondantes et les espèces potentiellement toxiques présentent des densités très importantes en été, bien au-dessus du seuil critique.

La biomasse, les concentrations algales, les teneurs en pigments chlorophylliens et la richesse taxonomique du plan d'eau de **Romelaere** sont très élevées. Les résultats sont plus mauvais que ceux de Val Joly, cependant selon la note IPLAC, ce plan d'eau est classé comme médiocre aussi. Les cyanobactéries sont toujours présentes, en particulier en fin d'été, dont une concentration en espèces potentiellement toxiques importante et plus préoccupante dans cet étang.

Le plan d'eau le plus productif est l'étang **d'Ardres**, en biomasse algale comme en densité cellulaire. Selon l'analyse du phytoplancton, ce plan d'eau est de qualité moyenne. Cependant, il présente un ralentissement de la dégradation de son état de qualité par rapport aux précédentes années puisqu'il passe en qualité moyenne (contre la classe de qualité médiocre de 2017 à 2019). Les cyanobactéries sont habituelles dans ce plan d'eau tout au long des saisons et des années de suivi et les espèces potentiellement toxiques extrêmement concentrées nécessitent toujours une surveillance.

L'étang du **Vignoble**, de meilleure qualité que les précédents, présente des biomasses algales nettement en dessous de ce qui a été observé précédemment et les valeurs de pigments chlorophylliens sont faibles. Le peuplement phytoplanctonique est le moins diversifié, et les cyanobactéries sont souvent discrètes et peu préoccupantes. La qualité de l'eau est assez stable depuis plusieurs années et qualifiée de bonne (selon l'IPLAC).

La qualité de l'eau de la **Mare à Goriaux**, et en particulier la note de l'IPLAC, est la meilleure des 5 plans d'eau. Il se situe en classe de qualité bonne depuis plusieurs années. En effet, les biomasses algales, les concentrations algales et les teneurs en pigments chlorophylliens sont correctes voire faibles. Les densités des espèces potentiellement toxiques sont très faibles (< 1 500 cell./mL), le risque sanitaire semble donc limité.

7. ANNEXES

7.1. MÉTHODE DÉTAILLÉE D'ANALYSE DU PHYTOPLANCTON

■ selon la norme AFNOR NF EN 15204/T 90-379 de déc. 2006 (méthode Utermöhl)

- Homogénéisation de l'échantillon,
- Prélèvement d'un volume précis pour la sédimentation en chambre de décantation (type Hydrobios),
- Sédimentation simultanée, le cas échéant, du même échantillon à des volumes différents afin de choisir le plus approprié pour le comptage,
- Mise en sédimentation pendant 4 à 12 heures environ (selon le volume),
- Dénombrement au grossissement x 400 ou x 630, au microscope inversé,
- Comptage d'un minimum de 400 individus sur plusieurs champs choisis aléatoirement, un transect ou sur la surface totale de la cuve par déplacement sur des transects parallèles,

Conformément à la norme, une fidélité de comptage de 5% a été respectée.

■ Déterminations

- Au genre au minimum si possible (à la famille ou la classe s'il y a un doute),
- A l'espèce pour les genres dominants, remarquables, ou facilement identifiables et pour certaines diatomées,
- Lorsque les diatomées sont dominantes (>20% de la densité algale), ou posent des problèmes d'identification, une préparation spécifique est effectuée (traitement à l'eau oxygénée à chaud, séchage sur lamelle, montage en résine, observation à l'objectif x 1000 à immersion), l'intervention d'un expert diatomiste d'aquascop est sollicitée,
- Pour les formes simples, le nombre de cellules est compté directement lors du comptage au microscope inversé,
- Un filament est considéré comme un individu,
- Lorsque les cellules sont difficilement discernables lors du comptage, cas des algues coloniales ou filamenteuses, le comptage est fait séparément avec une estimation du nombre moyen de cellules par colonie ou filament. Un facteur multiplicateur est alors affecté au nombre d'individus de l'échantillon (il peut y avoir une variation du nombre de cellules par espèce d'un échantillon à l'autre),
- pour les espèces importantes posant quelques problèmes d'identification l'avis d'un expert extérieur à aquascop est demandé (collaboration avec M. Laplace-Treytore à l'INRAE de Bordeaux),
- Les cellules vides (sans plaste) ne sont pas comptées.

■ Mesure de la biomasse

La biomasse algale totale est exprimée en mg/L (ou mm^3/L^7) et est calculée à partir de la somme des biovolumes cellulaires de chaque taxon. Ce biovolume cellulaire est évalué à l'aide de formules géométriques appropriées correspondant à la taille et à la forme des cellules considérées.

Les biovolumes utilisés sont donnés par défaut par le logiciel Phytobs. Après avoir effectué le comptage, nous réajustons éventuellement ces biovolumes pour les espèces les plus abondantes si leurs volumes varient de la valeur par défaut (nommées « valeurs personnelles » dans les données « .csv »). Plusieurs individus sont observés au microscope droit et mesurés (longueur, largeur, diamètre...) afin de calculer le biovolume de l'espèce à modifier. La formule géométrique utilisée est la plus proche de la forme observée. De la même manière, lorsqu'un taxon n'est pas répertorié dans la liste proposée par Phytobs, la même procédure est appliquée afin d'ajouter les biovolumes manquants.

⁷ En considérant que $1\text{mm}^3/\text{L}=1\text{mg}/\text{L}$

● Conversion de la biomasse à la biomasse carbone

Les facteurs de conversion permettant de passer de la biomasse à la biomasse carbone proviennent de l'ouvrage intitulé « Limnological Analyses » écrit par R.G Wetzel. & G.E. Lickens en 2000. Les facteurs de conversion, aussi appelés rapport carbone, sont spécifiques à chaque embranchement comme illustré dans le tableau suivant :

Embranchements	Facteurs de conversion
Chlorophyta, Charophyta et Euglenophyta	0,16
Bacillariophyta	0,11
Cyanophyta	0,22
Dinophyta	0,13
Autres embranchements Craspedophyta, Cryptophyta, Haptophyta, Heterokontophyta, Rhodophyta et Indéterminés	0,11

La biomasse carbone totale résulte de la somme des biomasses calculées pour chaque embranchement.

Cette conversion est effectuée lors de nos saisies (Excel), cependant elles n'apparaissent pas dans les tableaux et graphes de ce rapport.

● Présentation des résultats

Les données sont au format « Phytobs » (fichiers .csv) et SEEE.

● codification SANDRE

Lorsque les codes ne sont pas renseignés dans les listes exportées de Phytobs (cas des taxons ajoutés), ceux-ci sont complétés en se référant au site du SANDRE.

7.2. NOTICE EXPLICATIVE DE LA NOUVELLE CLASSIFICATION SELON LA DERNIÈRE VERSION DE PHYTOBS

Suite à l'évolution de la systématique du phytoplancton, la dénomination de certains embranchements a évolué et de ce fait est différente de celle utilisée au sein des rapports précédents. La classification proposée par l'IRSTEA est conforme au référentiel dans le cadre de **Phytobs**⁸, outil mettant à disposition une interface de saisie des résultats de phytoplancton et permettant un parfait référencement taxonomique des identifications⁹, a évoluée au cours de l'année 2019. Les évolutions de la classification sont intégrées au fur et à mesure des différentes mises à jour de Phytobs (actuellement v.3.1.3) que le rapport 2020 intègre. Le tableau suivant précise les correspondances existant entre les différents systèmes de classification ainsi que les évolutions de dénomination des embranchements (selon l'ordre alphabétique utilisé dans nos listes floristiques) :

taxonomie selon Bourrelly	taxonomie Phytobs (versions antérieures)	taxonomie Phytobs (version 3.1.3 actuelle)
Chromophyta (diatomées)	Bacillariophyta	BACILLARIOPHYTA
	Charophyta	CHAROPHYTA
Chlorophyta	Chlorophyta	CHLOROPHYTA
	Heterokontophyta (certaines Chrysophycées)	CHOANOTOPHYTA
Heterokontophyta (Chrysophycées)	Craspedophyta	CRASPEDOPHYTA
Pyrrophyta (Cryptophycées)	Cryptophyta	CRYPTOPHYTA
Cyanophyta	Cyanobacteria	CYANOBACTERIA
Pyrrophyta (Dinophycées)	Dinophyta	MIOZOA
Euglenophyta	Euglenophyta	EUGLENOZOA
Haptophyta	Haptophyta	HAPTOPHYTA
		BIGYRA
Chromophyta (hors diatomées)	Heterokontophyta (hors diatomées)	OCHROPHYTA
Rhodophycées	Rhodophyta	RHODOPHYTA

Quelques explications :

Initialement placés dans le règne végétal, les Euglenophyta et Dinophyta ont vu leur dénomination évoluer en une appellation faisant apparaître leur appartenance au règne animal (terminaison en -zoa). La frontière entre les espèces animales et végétales n'est effectivement pas nette et discutée selon les taxinomistes. En effet, certains taxons possèdent des caractéristiques des deux règnes et sont capables notamment d'hétérotrophie ou d'autotrophie.

Deux nouveaux embranchements apparaissent également par rapport aux versions antérieures : **Choanozoa** (genres principaux = *Salpingoeca* et *Stelexomonas*) et **Bigyra** (genre *Codomonas*), mais beaucoup plus rarement observés. *A contrario*, l'embranchement des **Rhodophyta** (algues rouges) intégré dans Phytobs n'est pas incorporé dans nos listes. En effet, ce groupe d'algues renferme surtout des algues marines et très exceptionnellement en eau douce (30 espèces très rares).

Au final, 13 groupes algaux sont désormais utilisés dans les listes détaillées en annexes. En revanche, les graphiques proposés sont simplifiés, les groupes sans effectifs n'étant pas représentés.

⁸ <http://hydrobio-dce.irstea.fr/nouvelle-version-de-loutil-de-comptage-du-phytoplancton-phytobs/>

⁹ L'Irstea a pris le parti de retenir la classification en vigueur selon le site Taxonomicon : <http://taxonomicon.taxonomy.nl/>

7.3. BIBLIOGRAPHIE

- Laplace-Treyture C., Barbe J., Dutartre A., Druart J.C., Rimet F., Anneville O., sept. 2009. Protocole standardisé d'échantillonnage, de conservation, d'observation et de dénombrement du phytoplancton en plan d'eau pour la mise en œuvre de la DCE – version 3.3.1.
- Wetzel, R.G., Lickens G.E., 2000. *Limnological Analyses*, 3rd ed. Springer Science and Business Media.
- NF EN 15204, décembre 2006. Qualité de l'eau, norme guide pour le dénombrement du phytoplancton par microscopie inversée (méthode Utermöhl), AFNOR. 39 p.
- NF T 90-117 « Dosage de la chlorophylle a et d'un indice phéopigments » Décembre 1999
- L'Indice Phytoplanctonique Lacustre IPLAC – Méthodologie d'application pour l'évaluation écologique des plans d'eau Mars 2011. Rapport d'avancement 2010.
- Baillot Sonia, 2013. UTILISATION DES GROUPES MORPHO-FONCTIONNELS DU PHYTOPLANKTON POUR LE DIAGNOSTIC ECOLOGIQUE DES PLANS D'EAU DU BASSIN LOIRE BRE-TAGNE. Sciences de l'environnement. 120 p.

7.4. DONNÉES EN PROFIL DU PH, DE LA TEMPÉRATURE DE L'EAU, DES TENEURS EN OXYGÈNE DISSOUS ET CONDUCTIVITÉ

