



HAL
open science

**Approche expérimentale sur les macro-invertébrés
comme bio-indicateurs des bassins routiers. Biodiversité
dans 4 bassins routiers et 3 mares de référence en
Lorraine. Cas de routes avec 10 000 et 27 000 véhicules
par jour**

Mazuer Pierre

► **To cite this version:**

Mazuer Pierre. Approche expérimentale sur les macro-invertébrés comme bio-indicateurs des bassins routiers. Biodiversité dans 4 bassins routiers et 3 mares de référence en Lorraine. Cas de routes avec 10 000 et 27 000 véhicules par jour. Cerema - Centre d'Etudes et d'Expertise sur les Risques, l'Environnement, la Mobilité et l'Aménagement. 2024, pp.120. hal-04813525

HAL Id: hal-04813525

<https://hal.science/hal-04813525v1>

Submitted on 2 Dec 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Approche expérimentale sur les macro-invertébrés comme bio-indicateurs des bassins routiers

Biodiversité dans 4 bassins routiers et 3 mares de référence en Lorraine.
Cas de routes avec 10 000 et 27 000 véhicules par jour



Rapport d'étude

Décembre 2024

Le Cerema l'expert public de l'adaptation des territoires au changement climatique

Le Cerema est un établissement public relevant du ministère du Partenariat avec les territoires et de la décentralisation, du ministère de la Transition écologique, de l'énergie, du climat et de la prévention des risques et du ministère du Logement et de la rénovation urbaine. Premier établissement à pilotage partagé entre l'Etat et les collectivités territoriales, il est présent partout en métropole et dans les Outre-mer grâce à ses 27 implantations et ses 2 500 agents. Détenteur d'une expertise nationale mutualisée, le Cerema accompagne l'État et les collectivités territoriales pour la transition écologique, l'adaptation au changement climatique et la cohésion des territoires par l'élaboration coopérative, le déploiement et l'évaluation de politiques publiques d'aménagement et de transport. Doté d'un fort potentiel d'innovation et de recherche incarné notamment par son institut Carnot Clim'adapt, le Cerema agit dans 6 domaines d'activités : Expertise & ingénierie territoriale, Bâtiment, Mobilités, Infrastructures de transport, Environnement & Risques, Mer & Littoral.

Site web : www.cerema.fr

Crédits photographiques de la page de couverture :

- Photo bassin de 'Metz-MagnyQ2' : Émilie BUSSON / Cerema
- Photos macro-invertébrés : Pierre MAZUER / Cerema

Approche expérimentale sur les macro-invertébrés comme bio-indicateurs des bassins routiers

**Biodiversité dans 4 bassins routiers et 3 mares de référence en
Lorraine. Cas de routes avec 10 000 et 27 000 véhicules par jour**

Mots clés : route, eaux pluviales, traitement, bassin routier, mare, plan d'eau, impact, évaluation, rejet, pollution, indice, cours d'eau, biologie, biodiversité, macro-invertébrés, méthode.

Historique des versions du document

Version	Date	Commentaire
v1	08/01/24	Établi par Pierre MAZUER, après prise en compte des relectures internes Cerema
V définitive	27/11/24	Après prise en compte des contributions des relecteurs (voir liste ci-dessous)

Affaire suivie par

Pierre MAZUER - Département TMI – Groupe Biodiversité, aménagement et nature en ville (BANV)
Tél. : 03 87 20 46 34
Courriel : pierre.mazuer@cerema.fr
Site de Metz : Cerema Est – Bâtiment C, Île du Saulcy, CS 30855, 57045 Metz Cedex 1 - Tél : +33 (0)3 87 20 43 00

Origine de la commande et références étude :

Proposition du Cerema à l'Agence de l'eau Rhin-Meuse (AERM). Référence Cerema : n° : NOVA : 21-ET-0429, Agence de l'eau Rhin-Meuse : AID-2021-02257.

Rapport	Nom	Date	Visa
Établi par	Pierre MAZUER, conception et réalisation (Cerema / DTMI, biodiversité), Julian PICHENOT, chapitre 6.4 et 7.3 (Cerema / DTMI, biodiversité)	08/01/2024	
Avec la participation de	Émilie BUSSON (prélèvements et relecture), Sylvain COLLON (collecte de données pour le choix des sites, cartes, prélèvements) (Cerema tous les deux)	–	
Relecture	Clémence RICOCHON (AERM) Nicolas VENANDET (AERM) Jérôme EHRHARD (DIR / CEI de Lunéville, exploitant RN4) Eric GARDAIS (Ministère / DGITM) Alexandre SERVIER (Cerema, assainissement routier) Quentin MORI (CEN, Programme régional d'actions Mares)	03/04/2024 19/09/2024 19/10/2024 14/11/2024 15/11/2024 22/11/2024	
Contrôlé par	Luc CHRETIEN (Cerema)		
Validé par	Luc CHRETIEN (Cerema)		

Conditions de diffusion : libre. Ce document peut être reproduit en totalité ou en partie sans autorisation expresse, en citant la source de la manière suivante / This document may be reproduced in whole or in part without express permission, quoting the source as follows :
« Cerema, Agence de l'eau Rhin-Meuse, 2024 - Approche expérimentale sur les macro-invertébrés comme bio-indicateurs des bassins routiers, Biodiversité dans 4 bassins routiers et 3 mares de référence en Lorraine. Cas de routes avec 10 000 et 27 000 véhicules par jour – Auteurs : Pierre MAZUER et Julian PICHENOT - Metz - 120 p »

Cette étude est capitalisée sur la plateforme documentaire [CeremaDoc](https://doc.cerema.fr/depot-rapport.aspx), via le dépôt de document : <https://doc.cerema.fr/depot-rapport.aspx>

Public ciblé par ce rapport : il s'adresse aux personnes intéressées par la gestion, le traitement des eaux pluviales routières et leurs impacts potentiels (gestionnaires des réseaux routiers, services de contrôle des pollutions, gestionnaires des écosystèmes aquatiques ...), ainsi que par la biodiversité. Il demande un niveau scientifique de base, notamment sur la pollution des eaux et la biologie. Certains abréviations et termes scientifiques sont définis dans le chapitre « Glossaire ». Il est rappelé que les définitions de tous les termes d'un rapport scientifique sont facilement accessibles sur Internet.

Remerciements : nous remercions a) les propriétaires privés des trois mares, ainsi que les CEI de la Dir-Est, de nous avoir permis de réaliser les prélèvements de faune macro-invertébrés, respectivement dans les mares et les bassins routiers ; b) la DIR-Est et les CEI pour les informations fournies sur les axes routiers et les systèmes de traitement ; c) les communes contactées et les chargés d'études de l'AERM pour les prises de contacts des différents organismes ; d) le CEN pour la couche géographique des mares de la région.

Photographies : les photographies fournies dans ce rapport, notamment celles de macro-invertébrés, sont des documents de travail, non retravaillés.

Résumé

Les bassins routiers sont des ouvrages de traitement des eaux de pluies routières. Ils peuvent être conçus, selon le guide technique du SETRA-2007, pour avoir une hauteur d'eau permanente d'au moins 40 cm. Ce sont des ouvrages techniques qui doivent faire l'objet d'un entretien régulier. Ils ne sont pas considérés comme des ouvrages de compensation environnementale en cas de destruction de milieux naturels.

Cependant, la lame d'eau permanente dans ces ouvrages les rend susceptibles d'accueillir une faune et une flore inféodée aux milieux aquatiques. Ces bassins sont à ce titre, du point de vu d'un biologiste, des milieux aquatiques artificiels assimilables à des mares.

L'objectif du présent travail est de savoir si les macro-invertébrés aquatiques peuvent être de bons indicateurs de la qualité biologique des bassins routiers, et notamment de leur biodiversité.

Pour cela, quatre bassins sont étudiés, équipant des routes supportant un trafic routier de 10 000 à 27 000 véhicules par jour.

Les communautés de macro-invertébrés de ces quatre bassins sont comparées à trois mares de référence. Dans les 129 échantillons élémentaires récoltés sur les 7 plans d'eau, nous trouvons 120 254 individus et 259 taxons différents, répartis dans 72 familles, 123 genres et 149 espèces. Les échantillons sont déterminés à l'espèce pour la majorité des groupes définis dans la norme AFNOR NF T90-388.

Les résultats peuvent surprendre. Les richesses taxonomiques des bassins routiers étudiés sont du même ordre de grandeur que celles de mares, considérées comme des références sans source de perturbation.

La richesse n'étant pas toujours proportionnelle à la qualité d'un milieu, des indices biologiques de qualité d'eau, basés sur la nature des espèces, sont ensuite utilisés (matière organique, salinité, toxicité).

Les communautés de macro-invertébrés des 7 plans d'eau sont marquées par une pollution organique nette mais modérée. La salinité ne semble pas impacter les communautés des bassins routiers par rapport à leur mare de référence. Les bassins routiers sont un peu plus marqués par une pollution de type toxique que les mares (excepté le bassin de Bénaménil-Est, préservé).

Globalement, même si les écarts de qualité sont relativement peu prononcés entre les bassins routiers et les mares, les indices biologiques donnent le classement de synthèse, du moins pollué au plus pollué, suivant : a) bassin routier de Bénaménil-Est et mare de Corny, b) les mares de Marainviller et Manonviller et le bassin routier de Bénaménil-Ouest, et enfin c) les deux bassins routiers de Metz-Magny (ces deux derniers bassins subissant la plus forte pollution routière).

Autant dans les bassins que leur mare de référence, la richesse est apportée principalement par les substrats 'vivants' (hélophytes, chevelus racinaires ...). Inversement, les substrats 'morts' (vases, limons ...), constituant en général la partie centrale des bassins et des mares, et la majeure partie du recouvrement du fond, ont une richesse extrêmement faible.

Ce rapport permet aussi d'apporter des réponses sur le choix de méthode d'échantillonnage. Par exemple, il est pertinent de faire deux campagnes de prélèvements pour une recherche de biodiversité, les communautés de macro-invertébrés d'avril et de juillet étant particulièrement différentes. Par contre, une seule campagne est suffisante pour faire un bilan de la qualité biologique de ces plans d'eau. La campagne d'avril est plus discriminante et la campagne de début juillet donne globalement un résultat plus sévère.

Des bio-indicateurs discriminants de qualité d'eau sont définis pour nos plans d'eau :

- pour la pollution organique : la proportion entre 'le nombre d'espèces ayant une affinité 'nulle à modérée' à la pollution organique' et 'le nombre total d'espèces' ;
- pour la pollution saline : la proportion entre 'le nombre d'espèces d'eau douce' et 'le nombre total d'espèces' ;
- pour la pollution toxique : la proportion entre 'le nombre d'espèces à risque' et 'le nombre total d'espèces' ou alors la proportion entre 'l'abondance des espèces à risque' et 'l'abondance totale'.

L'intérêt des bassins routiers pour le réseau des continuités écologiques de la Trame bleue (pour le groupe des macro-invertébrés) est démontré ici par des richesses taxonomiques proches de celles des mares de référence. Nos résultats, à relativiser par le faible effectif de nos plans d'eau, montrent une corrélation nette entre la richesse de chacun de nos 7 plans d'eau et l'importance des milieux aquatiques dans un rayon de 5 km. Sur notre secteur d'étude de la route N4, les bassins routiers sont séparés d'une distance médiane de 2,3 km. De manière plus générale, le chapelet de bassins routiers, avec niveau d'eau permanent, présent le long des routes, pourrait donc favoriser la biodiversité.

Bien qu'il n'y ait pas d'espèce protégée dans nos relevés, nous avons analysé la réglementation actuelle sur ce point.

Figure 1A - Larves aquatiques dans leur fourreau d'*Agraylea sexmaculata* (Insecte, trichoptère).

Bassin routier de Bénaménil-Est, juillet 2022. Longueur de 4 et 3 mm (photographie Pierre MAZUER / Cerema).



Abstract

Experimental approach to macroinvertebrates as bio-indicators of road basins.

Biodiversity in 4 road basins and 3 reference ponds in Lorraine. Roads with 10,000 and 27,000 vehicles per day.

Keywords : road, stormwater, treatment, road basin, ponds, lakes, impact, assessment, discharge, pollution, indicator, watercourse, biology, biodiversity, macroinvertebrates, method.

Road basins are structures for treating road rainwater. According to the SETRA-2007 technical guide, they can be designed to have a permanent water height of at least 40 cm. They are technical structures that require regular maintenance. They are not considered as environmental compensation works in the event of destruction of natural environments.

However, the permanent water level in these structures means that they are likely to be home to fauna and flora associated with aquatic environments. From a biologist's point of view, these basins are artificial aquatic environments similar to ponds.

The aim of the present study is to find out whether aquatic macro-invertebrates can be good indicators of the biological quality of road basins, and in particular of their biodiversity.

To achieve this, four basins were studied, on roads carrying between 10,000 and 27,000 vehicles a day.

The macroinvertebrate communities of these four ponds were compared with three reference ponds. In the 129 primary samples collected from the 7 bodies of water, we found 120,254 individuals and 259 different taxa, divided into 72 families, 123 genera and 149 species. The samples were determined by species for most of the groups defined in the AFNOR NF T90-388 standard.

The results may come as a surprise. The taxonomic richness of the road basins studied (which are likely to be affected by the pollution resulting from 10,000 to 27,000 vehicles per day) are of the same order of magnitude as those of ponds, considered as references with no source of disturbance.

As richness is not always proportional to the quality of an environment, biological indices of water quality, based on the nature of the species, are used (organic matter, salinity, toxicity).

The macroinvertebrate communities of the 7 water bodies are marked by clear but moderate organic pollution. Salinity does not seem to have an impact on the communities of the roadside ponds, compared with their reference pond. The road basins are slightly more affected by toxic pollution than the ponds (with the exception of the Bénaménil-Est basin, which is unaffected).

Overall, even if the differences in quality are relatively small between the road basins and ponds, the biological indices give the following summary ranking, from least polluted to most polluted: a) Bénaménil-Est road basin and Corny pond, b) Marainviller and Manonviller ponds and Bénaménil-Ouest road basin, and finally c) the two Metz-Magny road basins (these last two basins being the most heavily polluted).

Richness is mainly provided by 'living' substrates (helophytes, root systems, etc.). Conversely, 'dead' substrates (mud, silt, etc.), which generally constitute the central part of water bodies and most of the bottom cover, have an extremely low richness, both in the road basins and their reference ponds.

This report also provides answers on the choice of sampling method. For example, it makes sense to carry out two sampling campaigns for biodiversity research, as the macro-invertebrate communities in April and July are particularly different. On the other hand, a single sampling campaign is sufficient to assess the biological quality of these water bodies. The April campaign is more discriminating and the early July campaign gives a more severe overall result.

Discriminating water quality bio-indicators are defined for our water bodies:

- for organic pollution: the proportion between 'the number of species with "no to moderate" affinity to organic pollution' and 'the total number of species' ;
- for saline pollution : the proportion between 'the number of freshwater species' and 'the total number of species' ;
- for toxic pollution : the proportion between 'the number of species at risk' and 'the total number of species', or the proportion between 'the abundance of species at risk' and 'the total abundance'.

The interest of roadside ponds for the ecological continuity network of the "Trame Bleue" is demonstrated by taxonomic richness close to that of ponds. Our results, to be put into perspective by the small number of ponds, show a clear correlation between the richness of each of our 7 ponds and the importance of aquatic environments within a 5 km radius. In our N4 study area, the road basins are separated by a median distance of 2.3 km. In more general terms, the string of roadside ponds with permanent water levels present along the roads could therefore be conducive to biodiversity.

Although there are no protected species in our surveys, we have analyzed current regulations on this point.

Translated with www.DeepL.com/Translator (free version)

Figure 1B - Larve aquatique d'*Orthetrum albistylum*, tête et masque (Insecte, libellule).
Mare de Manonviller, avril 2022 (photographie Pierre MAZUER / Cerema).



SOMMAIRE

RÉSUMÉ.....	4
ABSTRACT.....	7
1 CONTEXTE, OBJET ET OBJECTIFS DE L'ÉTUDE.....	12
2 PROTOCOLE DE PRÉLÈVEMENT.....	14
3 PRÉSENTATION DES PLANS D'EAU.....	16
3.1 Choix des secteurs et des plans d'eau.....	16
3.1.1 Choix des critères.....	16
3.1.2 Déroulement de la recherche des secteurs.....	17
3.2 Présentation générale des trois secteurs.....	19
3.2.1 Géographie.....	19
3.2.2 Climatologie.....	21
3.2.3 Géologie.....	21
3.2.4 Hydrologie.....	22
3.2.5 Hydro-écorégions.....	22
3.3 Secteur 1 : bassin de Bénaménil-Ouest et mare de Marainviller.....	22
3.3.1 Tronçon routier de la RN4 associé au bassin.....	22
3.3.2 Caractéristiques du bassin de Bénaménil-Ouest sur la RN4.....	23
3.3.3 Caractéristiques de la mare de Marainviller.....	26
3.4 Secteur 2 : bassin de Bénaménil-Est et mare de Manonviller.....	26
3.4.1 Tronçon routier de la RN4 associé au bassin.....	26
3.4.2 Caractéristiques du bassin de Bénaménil-Est sur la RN4.....	27
3.4.3 Caractéristiques de la mare de Manonviller.....	27
3.5 Secteur 3 : bassins de Metz (Magny) et mare de Corny.....	28
3.5.1 Tronçon routier de la RN431 associé au bassin.....	28
3.5.2 Caractéristiques des deux bassins de Metz (Magny) sur la RN431.....	28
3.5.3 Caractéristiques de la mare de Corny.....	31
3.6 Comparaison des plans d'eau : synthèse.....	32
4 SITUATION DES ROUTES LORS DES CAMPAGNES DE PRÉLÈVEMENTS.....	36
5 PRÉLÈVEMENTS ET DÉTERMINATIONS TAXONOMIQUES.....	38
5.1 Prélèvements et observations de terrain.....	38
5.1.1 Dates de prélèvement et situation climatique.....	38
5.1.2 Méthode d'échantillonnages utilisée.....	41
5.1.3 Conditions d'application du protocole en 2022.....	41
5.1.4 Substrats prélevés.....	41
5.2 Déterminations taxonomiques.....	46

5.2.1 Norme et niveau de détermination.....	46
5.2.2 Difficulté de déterminations.....	48
5.3 Listes taxonomiques.....	48
6 EXPLOITATION DES DONNÉES MACRO-INVERTÉBRÉS.....	48
6.1 Richesse taxonomique.....	49
6.1.1 Richesse par plan d'eau.....	49
6.1.1.1 Introduction.....	49
6.1.1.2 Résultats pour les deux <i>campagnes</i> de prélèvement.....	50
6.1.1.3 Interprétation par campagne.....	51
6.1.1.4 Comparaison des résultats entre avril et juillet.....	56
6.1.1.5 Interprétation des richesses d'après les caractéristiques des plans d'eau.....	57
6.1.1.6 Intérêt des prélèvements supplémentaires par rapport au protocole de base.....	59
6.1.2 Comparaison des richesses taxonomiques par substrat.....	60
6.1.3 Qualité des sédiments fins et Chironomidae.....	65
6.2 Analyses sur la nature des taxons (à l'espèce).....	65
6.2.1 Taux d'espèces sensibles à la pollution organique par rapport à la référence.....	65
6.2.1.1 Définition de l'indice saprobique.....	65
6.2.1.2 Méthodologie pour le calcul du taux d'espèces sensibles.....	66
6.2.1.3 Taux d'espèces polluosensibles.....	68
6.2.1.4 Indice saprobique.....	73
6.2.1.5 Conclusion pour la pollution organique.....	73
6.2.2 Pollution saline.....	74
6.2.2.1 Indice de salinité d'après Freshwaterecologie.info.....	74
6.2.2.2 Sensibilité à la salinité d'après Piscart.....	76
6.2.2.3 Conclusion sur la salinité.....	76
6.2.3 Pollution toxique (indice SPEAR).....	77
6.2.3.1 Définition de l'indice SPEAR.....	77
6.2.3.2 Résultats.....	77
6.2.3.3 Conclusion pour la pollution toxique.....	80
6.2.4 Synthèse sur les indices de pollution.....	80
6.2.5 Espèces remarquables.....	82
6.2.5.1 Espèces UICN :.....	82
6.2.5.2 Espèces déterminantes ZNIEFF.....	83
6.2.5.3 Autres cas.....	84
6.2.5.4 Conclusion pour les espèces remarquables.....	87
6.2.6 Espèces exotiques.....	87
6.2.7 Cas des larves de moustiques.....	89
6.3 Comparaison entre plans d'eau pour le substrat Hélophytes.....	89
6.3.1 Présentation de l'indice de Jaccard.....	90
6.3.2 Comparaison des mares de référence entre elles.....	90

6.3.3 Comparaison des espèces présentes entre bassins routiers et mares de référence.....	91
6.3.4 Comparaison entre les résultats d'avril et de juillet par plan d'eau.....	92
6.4 Apport des bassins routiers à la Trame bleue pour le groupe des macro-invertébrés : influence des paramètres écologiques.....	94
6.4.1 Richesse et diversité des bassins.....	95
6.4.2 Influence des paramètres locaux et paysagers sur la richesse et la diversité des peuplements de macro-invertébrés.....	97
6.4.3 Interprétation et synthèse des résultats.....	102
7 RÉPONSES AUX QUESTIONS POSÉES AVANT L'ÉTUDE.....	103
7.1 Les bassins routiers peuvent-ils accueillir les mêmes communautés de macro-invertébrés que celles de mares naturelles fonctionnelles peu perturbées ?.....	103
7.2 La biodiversité en macro-invertébrés permet-elle de déduire des informations sur le niveau de pollution dans les bassins et à l'aval de leur rejet ?.....	104
7.3 La biodiversité en macro-invertébrés des bassins routiers est-elle intéressante pour la trame bleue, pour le groupe des macro-invertébrés ?.....	104
7.4 Quelles sont les conséquences réglementaires de la présence éventuelle d'espèces protégées ?.....	105
7.4.1 Principe.....	105
7.4.2 L'article L411-2 du CE.....	106
7.4.3 Discussion sur l'aspect juridique.....	106
7.4.4 Conclusion sur l'aspect juridique.....	107
7.5 Recommandations pour la conception et la gestion des bassins routiers.....	107
8 CONCLUSION.....	109
GLOSSAIRE :.....	111
LISTE DES FIGURES ET DES TABLEAUX :.....	113
BIBLIOGRAPHIE.....	117
ANNEXES (VOIR RAPPORTS SPÉCIFIQUES).....	119

1 Contexte, objet et objectifs de l'étude

Le nombre de bassins pluviaux routiers a fortement augmenté en France depuis la prise en compte systématique des pollutions routières dans le cadre de la loi sur l'eau de 1992 et de l'instauration d'objectifs de rejet à faible débit des eaux pluviales vers les exutoires.

Ces bassins ont comme rôle d'être des ouvrages de rétention et de traitement des eaux pluviales (rétention des eaux pluviales en cas d'orage, traitement de la pollution chronique par sédimentation, rétention d'une pollution accidentelle) provenant des plates-formes routières.

Il n'en constituent pas moins des écosystèmes aquatiques, s'ils conservent un volume d'eau de hauteur d'eau pérenne et minimale de 40 cm, appelé volume mort. Ce volume mort est recommandé par le Guide technique Pollution d'origine routière (GTPOR), publié par le SETRA en 2007.

Le Cerema a réalisé en 2020 une étude bibliographique : « *Quelle est la biodiversité dans les bassins routiers ? Quelles conséquences sur les milieux récepteurs ? - Étude bibliographique, première approche à partir des macro-invertébrés et note d'enjeux* ».

Les macro-invertébrés aquatiques, selon la norme AFNOR NF T90-388, sont les insectes, crustacés, vers, mollusques ... retenus dans un filet d'environ 0,5 mm de vide de maille, dont une partie au moins du cycle biologique est aquatique, qu'ils soient libres dans l'eau ou fixés au substrat. Ce groupe biologique est le plus représenté, en nombre d'espèces macroscopiques, en milieu aquatique.

De cette étude bibliographique, il ressort nettement que les bassins routiers étudiés avec volume mort présentent un intérêt pour accueillir la faune de macro-invertébrés, notamment si le milieu environnant est dégradé par des zones d'agricultures intensives ou des zones urbaines.

Note : les derniers travaux français à notre connaissance ont été réalisés par SCHER, 2005 (secteur méditerranée) et LE VIOL, 2009 (secteur ouest-France). Ce ne sont pas des études au niveau de l'espèce, mais du genre (SCHER) ou de la famille (LE VIOL).

La bibliographie montre aussi que les zones humides et notamment les mares subissent une forte régression. D'après le site Internet zone humide.org, « *au cours du siècle dernier, plus de la moitié des zones humides en Europe et dans le monde a disparu (CEE, 1995)* ». Cette régression touche de manière importante les communautés biologiques des mares et autres petits plans d'eau, dégradés pour de nombreuses raisons : pollutions de l'eau par nutriments ou biocides, comblement ou dégradation pour l'urbanisation, l'exploitation agricole ou forestière ...

Malgré cette bibliographie, des questions subsistent sur les communautés de macro-invertébrés dans les bassins routiers, car il y a peu de données communiquées dans ces études sur les caractéristiques des routes étudiées, leur réseau d'assainissement et le type de bassin (de dépollution, hydraulique ou mixte) et rarement une comparaison avec des mares de référence.

Ces questions sont les suivantes :

1- les bassins routiers peuvent-ils accueillir les mêmes communautés de macro-invertébrés que celles de mares naturelles fonctionnelles (peu perturbées) ou seulement des espèces ubiquistes ou peu à moyennement polluosensibles ?

2- la biodiversité en macro-invertébrés des bassins routiers est-elle intéressante pour la trame bleue (pour le groupe des macro-invertébrés), en termes de distribution ou de survie des espèces à l'échelle locale ?

3- peut-on déduire de la biodiversité en macro-invertébrés des bassins routiers des informations sur le niveau de pollution dans les bassins et à l'aval de leur rejet ?

4- quelles sont les conséquences réglementaires de la présence éventuelle d'espèces protégées, par exemple de libellules ?

5- Est-il possible de déduire de tous les points ci-dessus des recommandations pour la conception et la gestion de ces bassins ?

À ces questions s'ajoute celle sur l'utilité comme bio-indicateurs des macro-invertébrés, pour le cas des bassins routiers.

Le présent rapport a pour objectif d'apporter des éléments de réponses à ces interrogations.

Il permet une actualisation de données françaises anciennes sur les macro-invertébrés dans les bassins routiers. Elle est une première au niveau de l'espèce dans l'est de la France.

Ce travail fera l'objet d'un document de vulgarisation des résultats.

Nous invitons le lecteur à lire le sommaire avec attention pour comprendre la progression intellectuelle de ce rapport.

Autre élément de contexte :

La nouvelle conception de la gestion de l'eau pluviale vise la gestion de l'eau au plus près d'où elle tombe, y compris pour les voiries circulées. La réglementation nationale et locale - en particulier la loi sur l'eau et la doctrine régionale relative à l'article 2.1.5.0. de la nomenclature - amènent à favoriser les solutions fondées sur la nature comme les noues ou la perméabilisation des surfaces. Ces techniques permettent de piéger les polluants associés dans les couches supérieures du sol, pour réduire les rejets de micropolluants vers les milieux naturels. Ces solutions présentent d'autres aménités (nature en ville, recharge des nappes, économies..).

Ces nouvelles techniques sont à mettre en place avec des règles de conception (nature et épaisseur des sols, absence d'affleurement de nappe alluviale ...), permettant de limiter les risques de pollution dans les milieux naturels.

Pour les ouvrages routiers les plus importants, la question d'une évolution des pratiques pour la conception des bassins routiers, encore largement répandue, se pose, lors de la construction d'ouvrages neufs. Les ouvrages existants sont un patrimoine qui peut, comme le montre cette étude, présenter un intérêt en matière de biodiversité s'il est relié à une trame verte et bleue.

Informations complémentaires :

- Une deuxième étude du Cerema est liée à celle-ci, à la demande du Pôle assainissement routier du Cerema et en accord avec le Ministère / DGITM. Elle a pour objectif de définir les communautés éventuelles de larves de moustiques dans les bassins

routiers (et leur ouvrages de sortie). Elle est réalisée sur les bassins routiers de la présente étude et sur la même période. Des échantillons élémentaires spécifiques supplémentaires sont réalisés pour les moustiques lors des campagnes de prélèvements. Cette deuxième étude est disponible sous le titre : « Les communautés de moustiques dans 4 bassins routiers et 3 mares de référence situés en Lorraine (2022) ».

- le Cerema a actualisé en 2021 les connaissances sur les polluants dans les eaux pluviales routières, d'après les mesures en entrée de 3 bassins de traitement, ainsi qu'en sortie de traitement d'un bassin simple. Un tel travail n'avait pas été fait depuis de nombreuses années (voir la référence en bibliographie).

2 Protocole de prélèvement

Objectif : établir la liste des taxons de macro-invertébrés aquatiques des plans d'eau et évaluer l'abondance de chaque taxon, afin de les utiliser comme indicateurs de qualité.

Paramètre mesuré : abondance des taxons par type de substrat.

Localisation et critères de choix des secteurs : trois secteurs retenus : deux avec occupation des sols naturelle (Bénaménil-Ouest et Bénaménil-Est) et un avec occupation des sols artificialisée (Metz-Magny).

Dates et durée du suivi : deux campagnes de prélèvements : avril et juillet 2022.

Conditions des prélèvements : situation climatique avant le prélèvement : environ 10 jours sans pluie significative (pour éviter un effet ponctue : par exemple remise en suspension des vases ...).

Matériel de prélèvement : Surber avec cadre d'échantillonnage 1/20 m² et haveneau (vide de maille de 0,5 mm), selon les méthodes d'échantillonnage de la norme AFNOR NF T90-333.

Protocole d'échantillonnage spécifique à la présente étude :

L'objectif est de réaliser 12 (ou au minimum 5) échantillons élémentaires en priorité dans les substrats les plus hospitaliers. Les types de substrats à identifier figurent sur la grille de prélèvement du Cerema (voir annexe A), elle-même basée sur la grille de prélèvement de la norme AFNOR NF T90-333. Les types de substrats et leur sous-types éventuels pouvant être trouvés en milieux aquatiques sont définis en Annexe A de cette norme.

Ce protocole comprend deux parties : 1) la première, dite « de base », consistant à prélever des substrats prioritaires, réputés hospitaliers, puis éventuellement des substrats non prioritaires, réputés peu hospitaliers (phases a à c ci-dessous) et 2) la deuxième, dite « expérimentale », consistant à prélever des substrats supplémentaires (phase d) :

Phase a : prélever 7 substrats prioritaires, surlignés en bleu sur la grille d'échantillonnage. Si ces substrats sont absents, prélever les substrats de remplacement associés, surlignés en jaune dans le tableau 1 ci-dessous.

Phase b : compléter à 12 échantillons élémentaires, en prélevant une deuxième fois ces substrats prioritaires, dans l'ordre décroissant de leur pourcentage de recouvrement.

Phase c : s'il y a moins de 12 échantillons élémentaires déjà prélevés et que tous les substrats prioritaires ont été doublés, ou alors s'il n'y a aucun substrat prioritaire, prélever les substrats NON prioritaires (maximum 5 cas), surlignés en marron sur la

grille de prélèvement, une seule fois. Si ces substrats sont absents, prélever les substrats de remplacement associés, surlignés en jaune.

Phase d : prélever des échantillons supplémentaires éventuels, pour une approche expérimentale, suivants : pleustophytes (= végétaux non fixés, s'ils sont présents) et « chasses » (= substrats à définir sur le terrain, s'il semble que des substrats importants n'ont pas encore été prélevés).

Tableau 1 - Protocole d'échantillonnage : liste des substrats pour les macro-invertébrés, prioritaires et non prioritaires :

N°	Nature du substrat (n°)	Substrat de remplacement (n°)
Substrats prioritaires (n° 11 à 4 de la norme)	Bryophytes (11)	–
	Hydrophytes, y compris algues Characées (10) *	–
	Litières (9)	–
	Chevelus racinaires libres dans l'eau (8a)	Branchages, racines ligneuses (8b)
	Éléments minéraux de 25 à 250 mm - pierres (7)	Sédiment de 2 à 25 mm (graviers) (5)
	Blocs facilement déplaçables (>250 mm) (6)	–
	Hélophytes (4)	–
Substrats NON prioritaires (n° 3 à 0 de la norme)	Vases (3)	–
	Sables (2a)	Limons (2b)
	Algues hors Characées (1a) *	Bactéries et champignons filamenteux (1b)
	Surfaces uniformes dures naturelles ou artificielles (0)	–

*Légende : surligné en bleu : substrat prioritaire ; en marron : substrat NON prioritaire ; en jaune : substrat de remplacement. Les n° des substrats entre parenthèses sont ceux de la norme NF T90-333. * les algues Characées sont incluses dans le substrat algues (1a) dans la norme NT T90-333, pour des raisons de difficulté de détermination en raison du colmatage sur le terrain (les Characées ressemblent à certains hydrophytes).*

Dans le cas d'un bassin routier, il convient d'ignorer les substrats dans un rayon suffisant autour de l'arrivée des eaux pluviales, pour éviter d'intégrer l'impact hydraulique et éventuellement de substrats non représentatifs ou pollués.

En conclusion, le protocole de prélèvement ci-dessus permet d'étudier la biodiversité présente par plan d'eau, en optimisant le temps de traitement des échantillons. Ce protocole a pour conséquence un nombre d'échantillons élémentaires différent par plan d'eau.

Note : ce protocole a prouvé sa performance lors de cette étude. Le volume de travail est néanmoins encore important. Une réflexion pour sa simplification pourrait être entreprise pour ce type d'étude.

Figure 2-1 - Prélèvements de macro-invertébrés avec échantillonneurs Surber et haveneau.
(photographies : Émilie BUSSON, et Sylvain COLLON / Cerema)



Légende : à gauche : Surber (mare de Marainviller), à droite : haveneau (bassin routier de Metz-MagnyQ100).

3 Présentation des plans d'eau

Les bassins et mares sont appelés « plans d'eau ». Un secteur désigne un couple constitué d'un bassin routier associé à une mare de référence. Trois secteurs sont étudiés.

3.1 Choix des secteurs et des plans d'eau

3.1.1 Choix des critères

Une phase importante de cette étude est de choisir des plans d'eau adaptés aux questions posées.

La méthode de travail consiste à trouver en priorité des secteurs ayant les caractéristiques suivantes :

Pour le contexte paysager :

1) pour deux secteurs : paysage naturel, favorable à la biodiversité, de type prairie ou bocage, pour prendre en compte, si possible, uniquement l'impact de la pollution routière et non d'une pollution éventuelle agricole, industrielle ou urbaine à proximité des bassins (par exemple, épandage à proximité de biocides agricoles, dépôt de fumées industrielles ou provenant de la pollution de l'air urbain ...). Cet environnement est pris en compte dans un rayon de 5 km (sélectionné par couche SIG). La présence de source de pollution proche est contrôlée par une visite de terrain dans un rayon de 300 mètres. De plus, pour ne pas avoir trop de critères naturels divergents et éviter des difficultés d'interprétation des résultats (bassin colmaté par des feuilles), nous avons choisi des sites en dehors de contexte forestier ;

2) pour un secteur supplémentaire : paysage plus banalisé, moins favorable à la biodiversité, correspondant à une situation courante sur le bassin Rhin-Meuse (présence de cultures et de zones urbaines). L'absence d'autres perturbations est néanmoins contrôlée dans un rayon de 300 mètres, par une visite de terrain.

Pour le type de bassin routier, les conditions favorables à la biodiversité aquatique suivantes :

1) bassins avec volume mort de 40 cm minimum et absence d'assec estival ;

2) bassins ayant un fond constitué de substrats accueillants pour les macro-invertébrés. Un bassin possédant un fond en surface uniforme dure de type béton ou géomembrane à nu, non colonisée par des hélophytes et sans couche sédimentaire, est donc éliminé. En effet, ces surfaces apportent peu de biodiversité : ce substrat étant l'un des plus pauvres et classé à ce titre en bas de l'échelle dans les tableaux de priorités de prélèvement des macro-invertébrés des normes AFNOR (IBGN, NF T90-333, NF T90-733). En outre, l'entretien doit être suffisant pour éviter un atterrissement, par dépôt de sédiments et sa colonisation par de la végétation herbacée terrestre et/ou ligneuse ;

3) traitement des eaux pluviales routières avec deux bassins en série, appelé aussi bassin double (c'est-à-dire placés l'un à la suite de l'autre) et donc avec deux fonctions séparées : la première de dépollution (par décantation des matières en suspension), en général dimensionné pour une pluie de fréquence de retour biennal (Q2), et la deuxième de rétention hydraulique, pouvant être dimensionnée pour une pluie décennale (Q10) ou plus. La pollution particulaire est censée être retenue dans le bassin de traitement de la pollution, laissant une meilleure potentialité pour la biodiversité dans le bassin hydraulique à l'aval ;

3bis) Sinon : bassin mixte (avec les deux fonctions dans le même bassin) de grande dimension (Q10 ou plus), permettant une meilleure dilution de la pollution, par rapport à un plus petit bassin de pollution (Q2).

Pour l'axe routier :

Axe de circulation important, supérieur à 20 000 véh/jour. Par défaut, une circulation inférieure, mais au minimum entre 10 000 et 20 000 véh/jour.

Pour la mare de référence :

1) mare de référence à proximité du bassin routier (la plus proche possible) ;

2) sans pollution, dégradation ou perturbation notable (dans un rayon de 5 km, environnement globalement favorable et dans les 300 m : pas d'agriculture intensive à proximité, pas de grandes zones urbaines, mare non dégradée morphologiquement, pas de loisirs intensifs...);

3) caractéristiques physiques proches de celles des bassins routiers retenus (superficie et profondeur proches, mare située en dehors d'un contexte forestier ...).

3.1.2 Déroulement de la recherche des secteurs

Des cartes SIG sont produites, comportant les couches suivantes (l'ordre des 4 points ci-dessous est celui de sélection progressive des sites) :

1- les axes routiers principaux, gérés par la DIR-Est, ayant les plus fortes circulations routières (d'après l'Observatoire des trafics de la DIR, 2019) ;

2- l'occupation des sols, en utilisant l'outil Théia (2020). Les 23 classes de Théia sont d'abord regroupées en six types principaux d'occupation des sols (bâti, route, culture, zone peu anthropisée, forêt, eau). Finalement, deux zones principales sont créées : zone respectivement plus favorable et moins favorable à la biodiversité (tableau 2). Cette potentialité est estimée en fonction de l'émission potentielle de polluants par la zone. Deux secteurs d'étude sont recherchés dans la première zone et un secteur dans la deuxième.

Tableau 2 - Zones d'occupation des sols potentiellement les plus et les moins favorables à la biodiversité :

Type d'occupation des sols sur nos cartes SIG	Classe de Théia (oso, 2020)	Couleur sur nos cartes SIG	Zone finale
Prairie, vergers et pelouses	13, 14 et 18	vert clair	Zone potentiellement plus favorable à la biodiversité
Forêt	16 et 17	vert foncé	
Eau	23	bleu	
Route	4	rouge	Zone potentiellement moins favorable à la biodiversité
Bâti dense, bâti diffus, zone d'activités commerciales	1, 2 et 3	gris	
Culture	5 à 12 et 15	jaune	

3- les bassins routiers en contrôlant, dans la mesure du possible, le type (mixte ou en série), par photo aérienne ;

4- les cours d'eau et plans d'eau situés à proximité des secteurs sélectionnés, d'après la couche « BD topage », ainsi que les mares, en utilisant la couche du Programme régional d'Actions Mares (PRAM) Grand Est, fourni par le CEN Lorraine.

Les 19 secteurs pressentis sont sur les axes routiers suivants : Contournement Sud-Est de Metz (N431), Axe Nancy-Epinal (N57), Axe Remiremont – St-Nabord (N66), Axe Epinal – Vesoul (N57), Axe Lunéville – St-Dié (N59), Axe Lunéville – Sarrebourg (N4) ; Axe : de l'A4 vers Sarreguemines (2x2 voies).

Un premier tri est réalisé en calculant les pourcentages des zones potentiellement favorables et moins favorables autour des axes routiers, dans un rayon de 5 et 10 km.

Les secteurs sont classés par ordre de priorité pour organiser les visites de terrain.

Après contrôle des secteurs à partir des photos aériennes, une visite de terrain est ensuite réalisée dans les secteurs pressentis pour relever les informations supplémentaires suivantes (voir fiche de reconnaissance d'un bassin et d'une mare, en annexes B1 et B2) :

1- pour les bassins : type de bassin (double, mixte, présence d'un volume mort, absence de curage récent), nature du fond et des berges, occupation des sols dans les 300 m),... ;

2- pour les mares : autorisation du propriétaire, type d'accès, nature du fond et des berges naturelles, absence de curage récent, occupation des sols dans les 300 m, usages, taille proche de celle du bassin routier associé...

Treize secteurs sont visités les 24 février, 1er, 10 et 16 mars 2022, dans l'ordre de priorité de visite, jusqu'à ce que les 3 secteurs soient trouvés.

Nous n'avons pas eu de « cas idéal » par rapport à tous nos critères (voir Annexe C1 et C2, Tableau 5) :

- peu de bassins doubles (excepté celui de « Metz-Magny–Pouilly », Plombières (N57), et Rupt-sur-Moselle (N66), les deux derniers respectivement à sec et avec un fond bétonné ;
- la majorité des secteurs ont été éliminés pour diverses raisons : bassin à sec, fond bétonné sans aucun autre substrat ...

Les trois secteurs retenus sont présentés dans les chapitres suivants (voir le détail en annexe A).

3.2 Présentation générale des trois secteurs

Note : la synthèse de ce chapitre est dans le Tableau 5.

3.2.1 Géographie

Les trois secteurs sont en Lorraine.

Les secteurs 1 et 2 (Bénaménil) se situent au fond de la vallée de la Vezouze (affluent de la Meurthe) à l'amont de Lunéville et le secteur 3 (Metz) sur les côtes de Moselle, au sud immédiat de Metz (voir Figure 3-1).

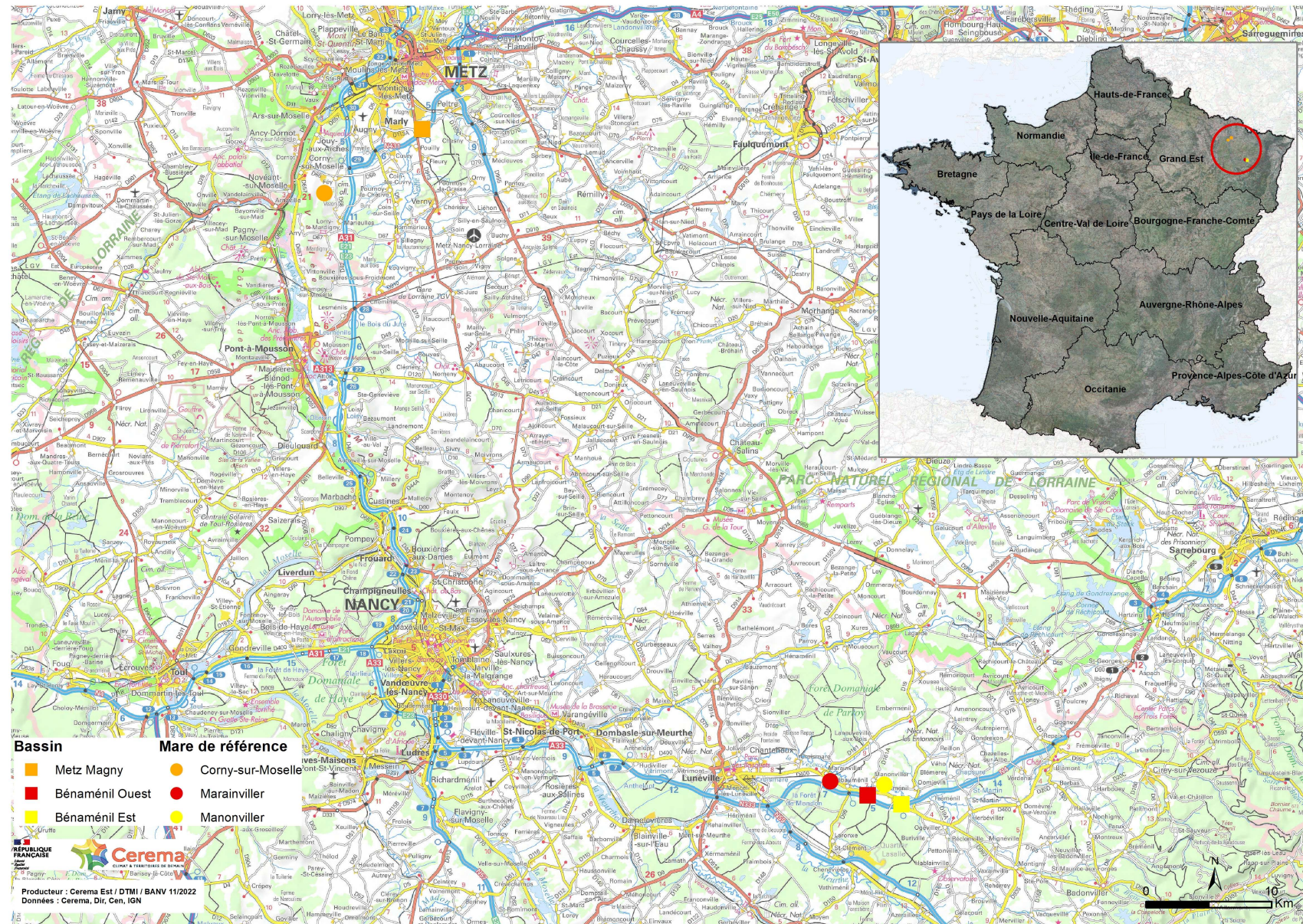
Note : les secteurs 1 et 2 sont proches géographiquement (environ 3 km) mais ont des caractéristiques morphologiques différentes, qui ont justifié leur choix.

Page suivante :

Figure 3-1 - Localisation des trois secteurs d'études, constitués chacun d'un bassin routier et de sa mare de référence.

Légende : carré = bassin pluvial routier, cercle = mare de référence, Secteur 1 : rouge pour Bénaménil-Ouest et Marainviller, Secteur 2 : jaune pour Bénaménil-Est et Manonviller et Secteur 3 : orange pour Metz et Corny.

Figure 3-1 - Localisation des trois secteurs d'études, constitués chacun d'un bassin routier et de sa mare de référence.



3.2.2 Climatologie

Nancy, au centre de nos 3 secteurs d'études, est située à 48°69'Nord. Les secteurs 1 et 2 ont une altitude d'environ 240 m et le secteur 3 de 190 m pour le bassin de Metz-Magny (230 m pour la mare de Corny).

Le climat est de type océanique atténué à influence continentale. Les saisons sont contrastées et bien marquées. En fonction des vents dominants peuvent se succéder des périodes de précipitations (influence océanique) ou de fortes amplitudes thermiques (influence continentale). A Metz-Frescaty (Tableau 3), la température moyenne du mois le plus chaud (juillet) atteint 20,1 °C. Celle du mois le plus froid (janvier) est de 2,7 °C. Les précipitations sont régulières toute l'année (de 45 mm en avril à 77 mm en décembre).

Tableau 3 - Relevés météorologiques à la station de Metz-Frescaty :

Mois	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juillet	août	sept	oct	nov	déc	Année
Température interannuelle moyenne 1991- 2020 (en °C)	2.7	3.6	7	10.5	14.5	17.9	20.1	19.7	15.7	11.3	6.5	3.5	11.1
Température moyenne année 2022 (TMM)	3.0	6.1	7.2	9.8	16.3	19.7	21.8	22.5	15.0	13.9	8.6	4.1	12,3
Précipitation cumulée interannuelle moyenne 1991- 2020 (en mm)	61.9	56	51.1	45.1	56.9	56.1	59.8	59.3	61.5	64.8	64.5	76.5	713,5
Précipitation année 2022 (RR_ME)	57,2	46,1	28,6	63	22,6	57,3	9,9	22,8	68	92,3	67,2	51,2	586,2

Légende : d'après les données de Météo-France. TMM : température moyenne mensuelle des températures moyennes quotidiennes (en °C et 1/10) ; RR_ME : cumul mensuel estimé des hauteurs de précipitation (en mm et 1/10). Les valeurs des moyennes interannuelles les plus humides ou froides sont surlignées en bleu, celles sèches ou chaudes en jaune. Les valeurs de température de 2022 de plus de 2°C au-dessus des valeurs interannuelles sont surlignées en orange. Les valeurs de précipitation de 2022 d'au moins 30 % sous les valeurs interannuelles sont surlignées en orange.

Les valeurs de 2022 sont commentées au chapitre 5.1.1 .

3.2.3 Géologie

Les secteurs 1 et 2, dans la vallée de la Vezouze, sont sur un fond d'alluvions, entourés de côtes d'argilites (annexe D, figure 1). Ce dernier substrat est imperméable (Agence de l'eau Rhin-Meuse, Zumsteim, 1989).

Le secteur n°3 est situé au sud immédiat de Metz et à l'est de la vallée de la Moselle, sur les côtes de Moselle (Annexe D, figure 2). Le terrain est argileux (imperméable) au droit du bassin routier et limoneux (peu perméable) pour la mare. Sur les sommets de crêtes dominant les couches calcaires.

3.2.4 Hydrologie

Les trois secteurs sont situés dans un réseau dense de mares et de linéaires de cours d'eau dans un rayon de 5 km. Cette densité est nettement plus importante pour les secteurs 1 et 2 (de 45 à 99 mares et 120 km de cours d'eau) que pour le secteur 3 (de 30 à 40 mares et 90 à 100 km de cours d'eau) (Tableau 5). Cette densité est particulièrement favorable à la biodiversité aquatique dans les mares et bassins routiers.

3.2.5 Hydro-écorégions

L'arrêté ministériel du 12 janvier 2010 découpe la France en hydro-écorégions, prenant en compte le climat et la géologie.

Nos 3 secteurs se situent dans l'hydro-écorégion de niveau 1 « Côtes calcaires de l'est » (HER10), et la sous-hydro-écorégion de niveau 2 n°25 (plateau lorrain) ayant les caractéristiques présentées dans le Tableau 4.

Le site n°3 de Metz est seulement à, environ, 2,5 km à l'est de l'hydro-écorégion de niveau 2 n°53 (HER10/53), « Côtes calcaires » (voir carte annexe E).

Tableau 4 - Description des hydro-écorégions de niveau 1 et 2 concernées par le périmètre d'étude :

Hydro-écorégions de niveau 1 (code) et description:	Hydro-écorégions de niveau 2 (code) et description :	Stations correspondantes
Côtes calcaires de l'Est (HER10) : relief de côtes disposées en auréoles concentriques à l'est du bassin parisien, dû à l'alternance des couches sédimentaires de marnes et calcaires durs. Reliefs entre 200 et 400m. Formes hétérogènes entre plaines argileuses humides et plateaux calcaires à vallées sèches. Précipitations plus abondantes que sur les Tables calcaires à l'ouest (HER 9)	« Plateau lorrain » (HER10/25) : (délimité à l'ouest par les côtes de Moselle et à l'est par les Vosges gréseuses), formations marneuses et carbonatées. Zone de plaines entrecoupées de quelques collines aux altitudes limitées (< 500m). Le substrat à dominante marneuse induit une forte densité du réseau hydrographique et la présence de plans d'eau. Certains secteurs sont concernés par la présence de gypses et de sels. Pente faible, climat océanique »	Secteurs 1, 2 et 3
		Nombreuses autres HER de niveau 2

Légende : d'après Wasson, 2002

Tous nos plans d'eau sont dans la même hydro-écorégion et sont donc comparables pour cette typologie.

3.3 Secteur 1 : bassin de Bénaménil-Ouest et mare de Marainviller

3.3.1 Tronçon routier de la RN4 associé au bassin

Les éléments de description figurent sur la fiche de renseignement en annexe A.

Ce tronçon de la route RN4 est une 2x2 voies inter-urbaine mise en service en 2006, à circulation fluide de 10 000 véhicules/jours actuellement, dont 31 % de poids lourds. Des glissières en zinc sont présentes. Les abords sont ouverts (vallée de la Vezouze) et la chaussée est non-drainante.

3.3.2 Caractéristiques du bassin de Bénaménil-Ouest sur la RN4

Mis en service en 2006, il est conçu pour traiter la pollution et retenir les eaux jusqu'à la Q10 (bassin mixte). La chaussée collectée est de 4,6 ha (surface active). La superficie au miroir du bassin est d'environ 1 600 m², pour une profondeur faible de 0,35 m (valeur pour avril 2022). Il présente la particularité d'avoir une couche de graviers au-dessus de l'argile. Les raisons de la présence de graviers sont inconnues mais cela peut avoir un effet favorable sur la biodiversité, par rapport à un fond bétonné par exemple.

Près de 70 % du fond du bassin est colonisé par des hélophytes (voir tableaux 10 et 11), le reste, principalement par 25 % de vases noires, désoxygénées, recouvrant notamment la couche de graviers. La diversité en substrats pour les macro-invertébrés est donc faible.

Une ripisylve basse s'est développée sur 50 % du linéaire de berges mais elle apporte un ombrage modeste, de l'ordre de 5 %.

Il n'y a pas eu de curage des vases ou des herbiers d'hydrophytes depuis les 10 dernières années.

Ce bassin est dans un contexte d'occupation des sols particulièrement favorable, notamment dans un rayon de 0,3 km (90 % de zones naturelles). Dans un rayon de 5 km, ce taux atteint encore 59 %.

Il ne semble pas y avoir de poissons.

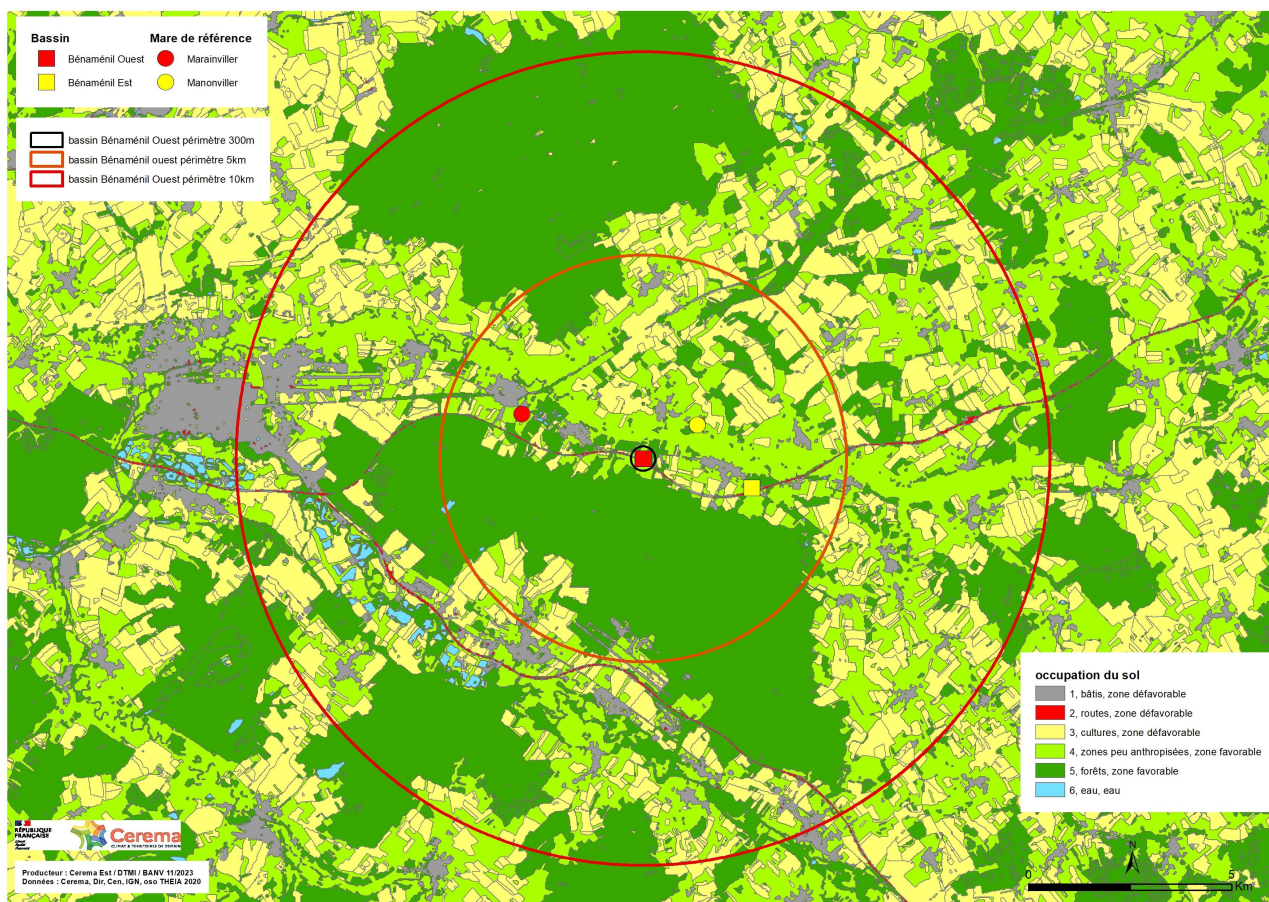
Ce bassin est situé à 3,1 km de sa mare de référence, située à Marainviller (à l'ouest).

Figure 3-2 - Larve aquatique de Chironomidae, tête sortant du fourreau (Insecte, diptère).

Bassin de Bénaménil-Ouest, juillet 2022 Longueur 2 mm (photographie Pierre MAZUER / Cerema).



Figure 3-3 - Occupation des sols autour du secteur de Bénaménil-Ouest et sa mare de référence de Marainviller, sur un rayon de 5 et 10 km :



Légende : la carte est centrée sur le bassin routier de Bénaménil-Ouest. Le bassin de Bénaménil-Est est visible à 2 km à l'est.

Figure 3-4 - Adulte de *Hydrovatus cuspidatus* (Insecte, coléoptère).

Bassin routier de Bénaménil-Est, juillet 2022. Longueur 2 mm (photographie Pierre MAZUER / Cerema).



Figure 3-5 - Occupation des sols autour des secteurs 1 et 2 (rayon de 300 mètres) :

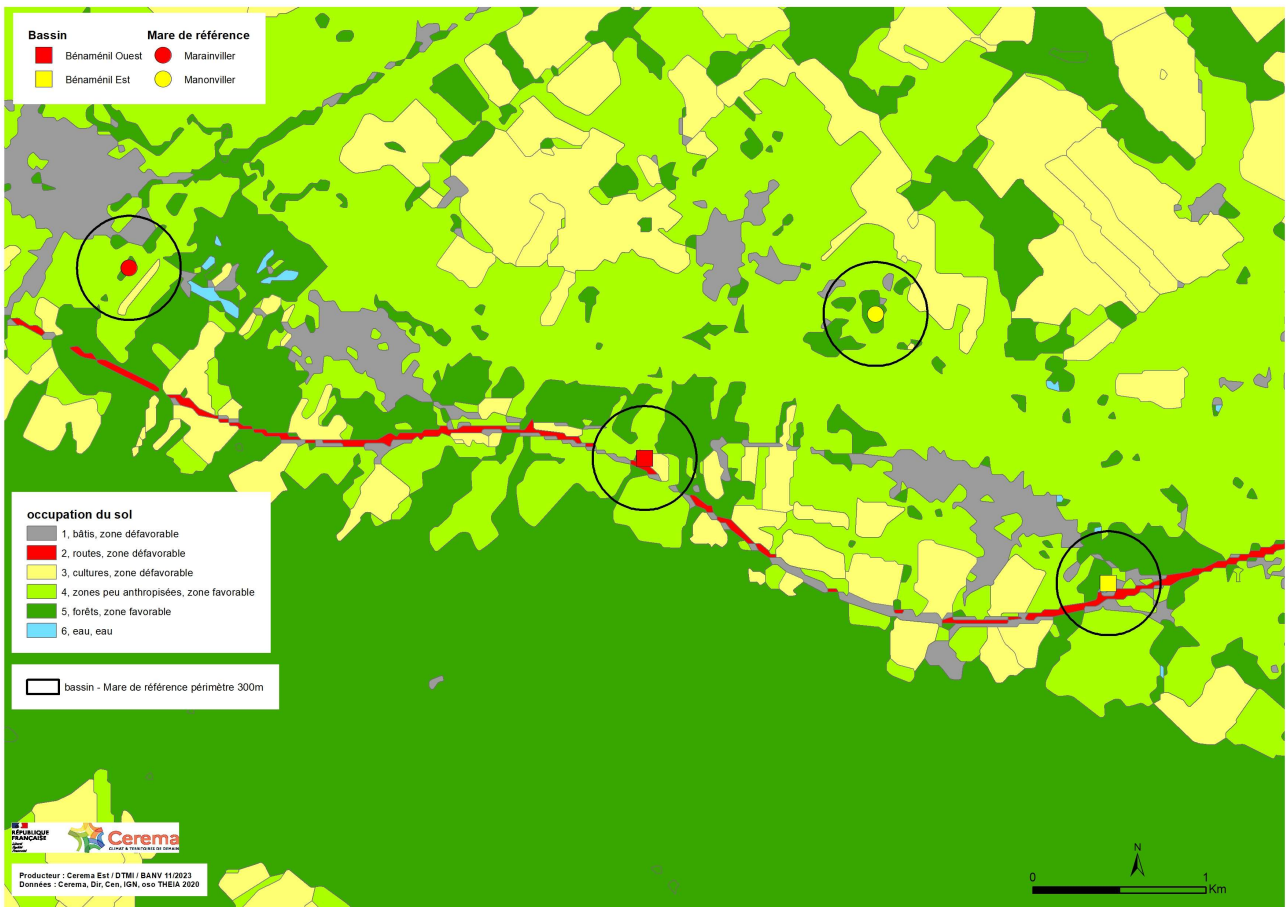


Figure 3-6 - Bassin routier de Bénaménil-Ouest

(photographies, à gauche, avril 2022 Émilie BUSSON / et à droite, juillet 2022 Pierre MAZUER / Cerema) :



3.3.3 Caractéristiques de la mare de Marainviller

Cette mare est ancienne (plus de 20 ans ?) mais sa date de création n'est pas connue. Sa superficie est d'environ 1 080 m² au miroir, pour une profondeur moyenne de 0,9 m (mesure d'avril 2022). Elle est conçue pour l'agrément.

Le débit d'un ruisseau amont est détourné vers la mare. Ce point n'avait pas été vu le jour de la reconnaissance de terrain et doit être pris en compte dans l'interprétation des résultats. Son débit est de l'ordre de 0,2 L/s le 21 avril 2022 et nul le 4 juillet.

Elle est entourée d'une ceinture arborée de hautes tiges, en retrait de quelques mètres de la berge, apportant un ombrage significatif de l'ordre de 25 à 50 %.

Le fond comporte de nombreux substrats favorables à la biodiversité : environ 50 % d'herbiers hydrophytes diversifiés en espèces, 20 % d'hélophytes, et autant de limons non vaseux en avril, ces derniers remplacés par des litières d'hélophytes et de feuillus en juillet (voir tableaux 10 et 11).

Il est probable qu'il y ait des poissons, vu la profondeur et la permanence de l'eau.

Figure 3-7 - Mare de Marainviller, avril 2022

(Photographies Pierre MAZUER / Cerema)



3.4 Secteur 2 : bassin de Bénaménil-Est et mare de Manonviller

3.4.1 Tronçon routier de la RN4 associé au bassin

Voir le chapitre 3.3.1 .

3.4.2 Caractéristiques du bassin de Bénaménil-Est sur la RN4

Il a été construit en même temps que celui de Bénaménil-Ouest et sur les mêmes bases de dimensionnement (bassin mixte). La surface collectée étant nettement plus grande (7,8 ha), sa superficie est de 4 800 m² au miroir, avec une profondeur moyenne du volume mort de l'ordre de 1,5 m, voire probablement supérieure (valeur d'avril 2022). Les berges sont trop abruptes pour permettre l'installation significative d'une ceinture d'hélophytes.

Le fond argileux est recouvert à environ 95 % de limons non vaseux, les autres substrats sont présents en berges et apporte une belle diversité : hydrophytes, chevelus racinaires d'arbres, branchages, pierres, hélophytes, et en juillet, litières (voir tableaux 10 et 11).

Une ripisylve basse est peu développée. Elle apporte un ombrage négligeable en superficie. La majorité des habitats de berges sont par contre liés à cette ripisylve.

Il n'y a pas eu de curage des vases depuis les 10 dernières années.

Ce bassin est dans un contexte d'occupation des sols particulièrement favorable et très proche de celui de Bénaménil-Ouest.

Les agents de la DIR nous ont signalé une forte richesse en espèces et abondances de poissons.

Ce bassin est situé à 2 km de sa mare de référence, située à Manonviller (au nord-ouest).

Figure 3-8 - Occupation des sols du site de Bénaménil-Est et Manonviller

Le bassin de Bénaménil-Est est à 2,8 km de celui de Bénaménil-Ouest. L'occupation des sols autour du bassin et la mare est donc visible sur la Figure 3-3.

Figure 3-9 - Bassin routier de Bénaménil-Est

(avril et juillet 2022 ; photographies Pierre MAZUER / Cerema)



3.4.3 Caractéristiques de la mare de Manonviller

Créée dans les années 1970, elle a été agrandie en 2015. Elle mesure aujourd'hui environ 4 200 m² au miroir pour une profondeur moyenne de probablement 2 m ou plus. Les berges sont abruptes avec peu d'hélophytes en berge.

Le fond est recouvert d'environ 85 % de limons, accompagnés en berges de substrats hospitaliers mais peu abondants : litières, chevelus racinaires d'arbres, branchages, hélrophytes. La ripisylve ne couvre que 5 % des berges (voir tableaux 10 et 11).

Une habitation, occupée, rejette ses eaux usées après épuration par une fosse septique. Des poissons sont présents.

Figure 3-10 - Mare de Manonviller

(avril 2022, photographies Pierre MAZUER / Cerema)



3.5 Secteur 3 : bassins de Metz (Magny) et mare de Corny

3.5.1 Tronçon routier de la RN431 associé au bassin

Les éléments de description figurent sur la fiche de renseignement en annexe A. Ce tronçon de la route RN431 est une 2x2 voies péri-urbaine à circulation fluide sur le secteur d'étude, mise en service en 2004. Des glissières en zinc sont présentes. Les abords sont ouverts et la chaussée est non-drainante. Le trafic actuel est de 27 000 véh./j, dont 14 % de poids lourds.

3.5.2 Caractéristiques des deux bassins de Metz (Magny) sur la RN431

Mis en service fin décembre 2004 avec un seul bassin, il a été remanié en décembre 2016 et comporte aujourd'hui deux bassins en série. La surface de la chaussée collectée est de 4,8 ha.

Le premier bassin (de pollution) :

Créé en 2016, il traite la pollution et est dimensionné pour la Q2. Sa superficie au miroir est de 800 m² (arrondi) pour une profondeur de 0,4 m (valeurs avril 2022). Son fond et ses berges sont bétonnés.

La partie prélevée pour les macro-invertébrés est derrière la 2^e digue, définissant le 3^e compartiment du 1^{er} bassin, avant le rejet dans le 2^e bassin (voir Figure 3-13).

Sur ce 3^e compartiment du bassin, même si le fond et les berges sont bétonnés, des habitats aquatiques hospitaliers recouvrent aujourd'hui le béton : 45 à 65 % d'hydrophytes (selon la saison), environ de 15 à 30 % d'hélophytes et leurs chevelus racinaires (deux substrats difficiles à différencier sur le terrain) enracinés dans la vase ou flottant et 15 % d'algues filamenteuses en avril. Ces substrats sont accompagnés de litières d'hélophytes, de vases et de surfaces dures (voir tableaux 10 et 11). Cependant, le fond est recouvert, sous les végétaux (hydrophytes, hélophytes et algues filamenteuses), de vases très noires, traduisant un milieu désoxygéné et donc peu hospitalier pour la faune.

La présence de poissons (non vus sur le terrain malgré la faible profondeur) semble peu probable.

Le second bassin (hydraulique) :

Il date de décembre 2004 et seuls des chenaux ont été recréés par curage en 2016. Il est conçu pour retenir les eaux jusqu'à la Q100. La pollution est donc cumulée depuis la création. Sa superficie est de 1 040 m² au miroir pour une profondeur faible de 0,4 m (valeur avril 2022). Le fond est argileux (forte épaisseur géologique). Des zones d'atterrissement plus ou moins humides, colonisées par des hélophytes, couvrent plus de 90 % de la superficie du bassin. Une faible partie des hydrophytes (5 % de la superficie totale) est en eau en permanence et prélevable pour les macro-invertébrés aquatiques.

Les prélèvements macro-invertébrés sont concentrés sur le chenal contre la digue séparant les deux bassins et le chenal menant vers la sortie du 2^e bassin. Les chenaux présentent des habitats peu variés : 50 à 65 % de litières d'hélophytes, 5 à 10 % d'hélophytes et 5 à 7 % de vases. Le reste du recouvrement varie entre avril (25 % de limons, fluides et non vaseux, c'est-à-dire non désoxygénés comme dans le premier bassin) et juillet (35 % d'hydrophytes).

Il n'y a pas eu de curage des vases ou des herbiers d'hydrophytes depuis les 10 dernières années.

La présence de poissons (non vus sur le terrain malgré la faible profondeur) semble peu probable.

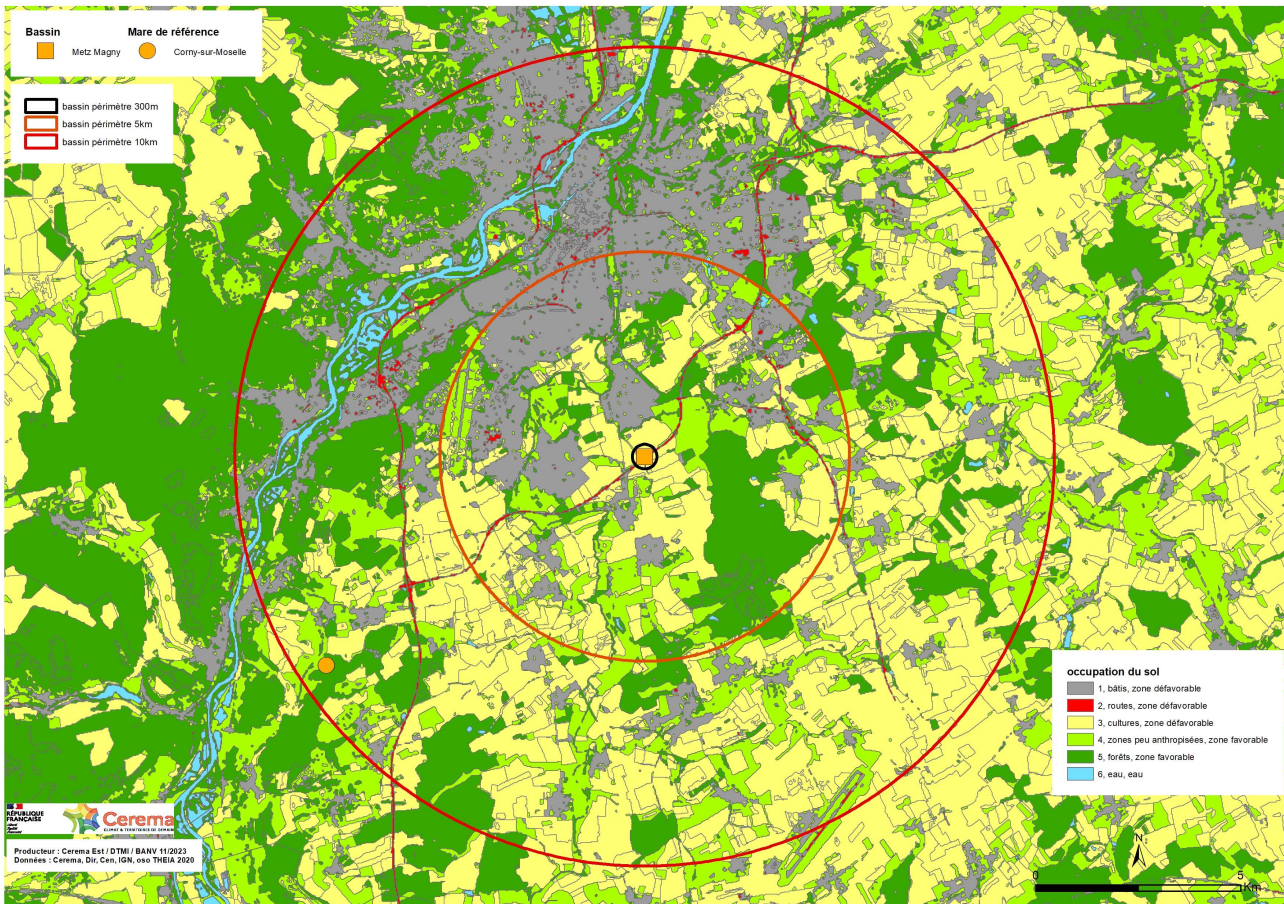
Pour les deux bassins :

L'occupation des sols dans un rayon de 5 km est anthropisée, estimée en majorité « défavorable », à 59 % (répartie environ à parts égales entre culture intensive et zone urbaine). Les zones favorables sont constituées à 41 % de prairies et forêts. Dans un rayon de 0,3 km, les conditions défavorables sont encore plus marquées : culture intensive à 90 % et prairie à 10 %.

Ces bassins en série sont situés à 9,2 km de la mare de référence de Corny-sur-Moselle.

En conclusion, ces bassins sont dans une situation paysagère beaucoup plus dégradée que les deux bassins précédents.

Figure 3-11 - Occupation des sols du secteur de Metz-Magny et sa mare de référence Corny, sur un rayon de 5 et 10 km



Légende : la carte est centrée sur le bassin routier de Metz-Magny.

Figure 3-12 - Occupation des sols autour du bassin de Metz-Magny (à gauche) et sa mare de Corny, à droite (rayon de 300 mètres) :

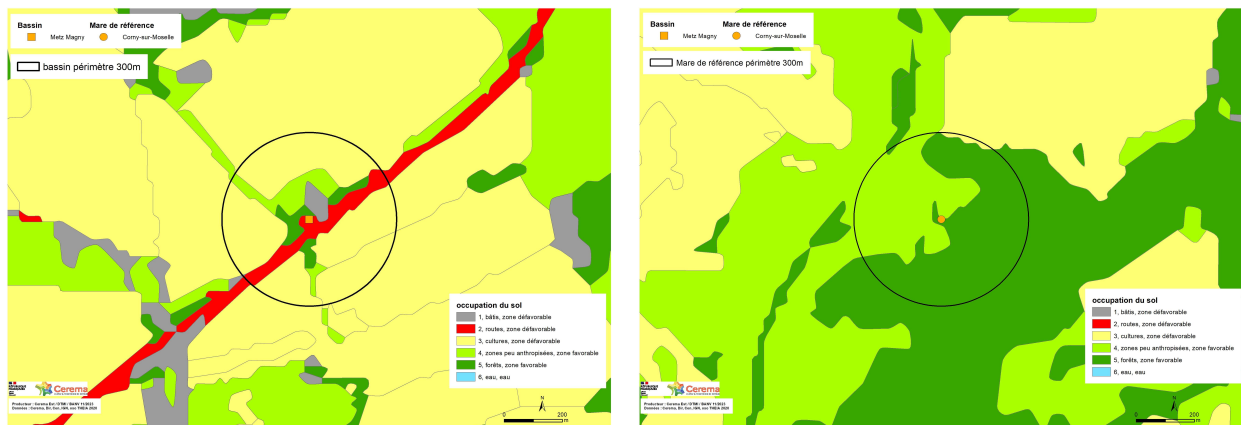


Figure 3-13 - Bassin routier de Metz-MagnyQ2, avril 2022

(à gauche : vue depuis l'ouvrage de sortie vers l'amont. A droite : amont de la sortie. (photographies, gauche d'Émilie BUSSON et droite Pierre MAZUER / Cerema)



Légende : au premier plan, l'aval de la 2^e digue, étudié avec les macro-invertébrés.

Figure 3-14 - Bassin routier de Metz-MagnyQ100, avril 2022

A gauche : vue depuis l'ouvrage de sortie de Metz-MagnyQ2, qui est aussi l'ouvrage d'entrée de Metz-MagnyQ100. Chenal allant de ce dernier ouvrage à l'ouvrage de sortie de Metz-MagnyQ100. A droite : vue du bassin de Metz-MagnyQ100 depuis l'ouvrage d'entrée (Photographies Émilie BUSSON / Cerema)



Légende : voir aussi Figure 2-1, photographie de droite.

3.5.3 Caractéristiques de la mare de Corny

Elle a été créée en 2000 pour l'agrément. Elle mesure 870 m² pour une profondeur moyenne probable de 2,5 m (d'après le propriétaire). Les berges sont de substrats naturels, verticales, avec une végétation herbacée à 95 %, et ligneuse à 5 %. L'ombrage est faible (5 %).

Elle est alimentée par un ruisseau temporaire (~ 1 L/s le 20 avril, débit nul le 6 juillet) provenant de la forêt, n'apportant pas de pollution.

Le fond est recouvert d'environ 85 % de limons, accompagnés en berges de substrats hospitaliers mais peu abondants : bryophytes lâches accrochées aux racines, litières d'arbres et d'hélophytes, chevelus racinaires d'arbres, branchages, hélophytes, ... (voir tableaux 10 et 11).

La ripisylve ne couvre que 5 % des berges.

Le propriétaire a introduit des poissons : gardon, tanche, carpe. Le poisson rouge s'est installé « seul ».

Il n'y a pas de source de pollution proche. Les cultures sont à 270 m, derrière un écran de forêt.

Figure 3-15 - Mare de Corny, juillet 2022

(photographies Sylvain COLLON / Cerema)



Légende : la couleur chocolat de l'eau en juillet traduit probablement une perturbation.

3.6 Comparaison des plans d'eau : synthèse

Le Tableau 5 permet de résumer les principales différences entre les plans d'eau. Il doit être complété par les tableaux 10 à 12 de descriptions des habitats. Il est néanmoins indispensable de se reporter au texte du chapitre précédent pour une bonne interprétation des données biologiques du chapitre 6.

Il est à noter que les secteurs 1 et 2 à Bénaménil sont proches (2,8 km entre les deux bassins routiers). Le secteur 3 est plus éloigné : environ 62 km entre le bassin de Metz-Magny et celui de Bénaménil-Ouest, le plus proche.

En complément à ce tableau, pour tous les bassins routiers, les abords des tronçons sont ouverts (ils ne s'opposent pas à la dispersion des polluants), les enrobés sont non drainants et la pente des tronçons routiers est faible.

Tableau 5 - Principales caractéristiques des bassins routiers et des mares retenus pour l'étude (avril et juillet 2022) :

Caractéristique	Bassin de Bénaménil-Ouest	Mare de Marainviller	Bassin de Bénaménil-Est	Mare de Manonviller	Bassin de Metz (Magny) Q2	Bassin de Metz (Magny) Q100	Mare de Corny
Type de route	2x2 inter-urbaine fluide	Sans objet	2x2 inter-urbaine fluide	Sans objet	2x2 péri-urbaine, fluide		Sans objet
Mise en service	2006	Inconnu mais ancien	2006	1970 environ, 2015 extension au sud-ouest	Déc 2016	Déc 2004, modifié en déc 2016	2000
Chaussée collectée (ha)	4,6 (surface active)	Sans objet	7,8 (surface active)	Sans objet	4,8 (surface chaussée)		Sans objet
Fond du réseau de collecte des eaux pluviales	Enherbé		Enherbé		Bétonné		
Trafic véh/j (et % de poids lourds), 2019	10 000 (31 %)		10 000 (31 %)		27 000 (14 %)		
Pluie de dimensionnement	Q10		Q10		Q2	Q100	
Superficie au miroir (m ²)	1600 (y compris les atterrissements (1))	1080	4800	4200	800	1040 (y compris les atterrissements (1))	870
Profondeur moyenne au miroir (m)	0,4	0,9	1,5 estimé	> 2 ?	0,4	0,4	> 2,5 ?
Fond et berge du bassin	Couche de graviers sur argiles	argile	argile	argile	béton	argile	argile
Présence de poissons	Faible	FORTE (probable)	FORTE	FORTE	Faible	Faible	FORTE

Occupation des sols, rayon de 0,3 km	Naturelle 90 % : (60 % prairies, 30 % forêts) Anthropisée : 10 % (5 % bâti, 5 % culture)	Naturelle : 83 % (70 % prairies, 13 % forêts), Anthropisée : 17 % (12 % bâti, 5 % cultures)	Naturelle : 78 % (40 % prairies, 36 % forêts, 2 % eau) Anthropisée : 22 % (bâti)	Naturelle : 91 % (69 % prairies, 22 % forêts) Anthropisée : 9 % (5 % cultures, 4 % bâti)	Anthropisée : 85 % (72 % culture et 13 % bâti) Naturelle 15 % (9 % prairies, 6 % forêts)		Naturelle : 99 % (59 % forêt, 40 % prairies) Anthropisée : 1 % (cultures)
Occupation des sols, rayon de 5 km	Naturelle : 75 % (49 % de forêts et 26 % de prairies) Anthropisée : 25 % (20 % cultures et 4 % bâti)	Proche Bénaménil-Ouest	Proche Bénaménil-Ouest	Proche Bénaménil-Ouest	Anthropisée : 59 % (33 % cultures, 26 % bâti) Naturelle : 41 % (21 % forêts, 20 % prairies)		Naturelle : 63 % (39 % forêts, 21 % prairies, 3 % eau) Anthropisée : 37 % (30 % cultures, 7 % bâti)
Nombre de mares (2) + bassins routiers, rayon 5 km	61 + 4	93 + 6	40 + 5	52 + 8	34 + 6		28 + 2
Longueur (km) de cours d'eau, rayon 5 km	120	130	130	130	100		91
Alimentation autre que eaux pluviales	NON	Ruisseau temporaire venant du sud (à sec en juillet)	Drainage de nappe	sources	Source captée par le drainage routier	Bassin amont de Metz (Magny) Q2	Cours d'eau temporaire (octobre à mai)
Principale sources de perturbation, autre que Eaux pluviales	Néant	Apport possible par le ruisseau d'intrants agricoles. Cultures à 30 m au nord et au sud, derrière une ligne d'arbre	Poissons	Rejet du système d'assainissement d'une maison. Poissons	Culture intensive	Culture intensive	Poissons
Distance bassin et mare de référence (km)	3,1		2		9,2		

Légende : le rayon pris en compte pour certaines caractéristiques est autour du plan d'eau considéré. Occupation des sols naturelle (=forêt, prairies, eau), et anthropique (=culture, bâti dense et lâche, zones d'activités commerciales, route) ; (1) Les hélophytes couvrent une grande partie de la superficie du bassin dont une part variable en eau en permanence. Pour Metz-Magny, il n'est estimé que 5 % en eau en permanence ; (2) données du CEN.

En conclusion du Tableau 5, les différences suivantes entre les plans d'eau sont mises en évidence et il convient de voir si elles impliquent des impacts sur les communautés de macro-invertébrés (chapitre 6) :

- 1) Le trafic routier est 2,7 fois plus important sur l'impluvium du bassin routier de Metz-MagnyQ2 par rapport à celui des impluviums des deux bassins de Bénaménil. Inversement, le bassin de MetzQ100 est censé subir la moins forte pression de pollution des 3 bassins, car il reçoit les eaux épurées du bassin de MetzQ2.
- 2) Le bassin de MetzQ2 est relativement récent (4 ans) par rapport aux autres plans d'eau.
- 3) Les plans d'eau du couple Bénaménil-Est - Manonviller sont 3 à 5 fois plus étendus que les autres plans d'eau.
- 4) Les plans d'eau du couple Bénaménil-Est - Manonviller et la mare de Corny sont nettement plus profonds que les autres plans d'eau.
- 5) le recouvrement d'hélophytes (traduisant la profondeur, notamment en berge) est important Bénaménil-Ouest et Metz-MagnyQ100.
- 6) Ces deux mêmes bassins ont un nombre de substrat différents plus faibles que les autres.
- 7) la présence de poissons est significative dans les plans d'eau de Bénaménil-Est, Manonviller et la mare de Corny. Elle est probable dans la mare de Marainviller.
- 8) en termes d'occupation des sols, seuls les deux bassins de Metz-Magny sont considérés dans un secteur fortement anthropisé (culture intensive, zone péri-urbaine)
- 9) deux facteurs peuvent perturber l'interprétation : l'alimentation par un ruisseau temporaire de Marainviller et de Corny.

Ces 9 points sont analysés dans le chapitre 6.1.1.5 .

Note : tous les bassins routiers sont entourés dans nombre significatif de mares, de bassins routiers et de cours d'eau.

Nous pouvons faire dans le Tableau 6 un classement supposé (d'après la synthèse du Tableau 5) de la qualité des plans d'eau sur la base suivante, du moins pollué au plus pollué :

Tableau 6 - Classement supposé de la qualité de l'eau des 7 plans d'eau :

Classement, du moins au plus pollué (théorie)	Plan d'eau	Sources de perturbation identifiées
1	Mare de Corny	Poissons
2	Mare de Marainviller	apport d'un ruisseau temporaire venant d'une zone de culture
3	Mare de Manonviller	rejet historique d'une habitation. Poissons
4	Bassin routier de Bénaménil-Est sur la N4	Rejet routier, 10 000 véh/j. Poissons
5	Bassin routier de Bénaménil-Ouest sur la N4	Rejet routier, 10 000 véh/j. Aspect plus pollué que le précédent (vases noires)
6	Bassin routier de Metz (Magny) Q100 sur la RN431	Rejet routier, 27 000 véh/j mais épuration préalable par 1 ^{er} bassin, de Metz-MagnyQ2 ci-dessous. Occupation du sol anthropisée.
7	Bassin routier de Metz (Magny) Q2 sur la RN431	Rejet routier, 27 000 véh/j. Occupation du sol anthropisée.

Nous comparons ce classement, avec ceux des analyses biologiques dans le chapitre 6 .

4 Situation des routes lors des campagnes de prélèvements

Les données concernant les accidents routiers et les fondants hivernaux avant et pendant nos campagnes de prélèvements, du 20 au 21 avril et du 4 au 7 juillet, sont dans les tableaux 7 et 8 ci-dessous. Les données sont fournies par les Centres d'exploitation et d'intervention (CEI) de la DIR.

Tableau 7 - Accidents routiers et fondants hivernaux sur la RN4 au niveau du secteur de Bénaménil, au premier semestre 2022 :

Type de données	Données
Accidents routiers (et déversement)	<u>Aucun déversement</u> n'a été porté à la connaissance de la Direction interdépartementale des routes, depuis la création des bassins
Fondant routier utilisé l'hiver (Tonne, type)	Hiver 2021-2022 : 7 T de sel NaCl / km (1) Dates des salages : 50 sorties du 5/11/21 au 26/03/22.

Légende : (1) : source : CEI de Lunéville : détail du calcul : 50 tours de salage de 7 mètres de large à une moyenne de 20 grammes au mètre carré, soit 7 tonnes de sel au kilomètre

Les bassins de Bénaménil-Ouest et Est ont dû recevoir de l'ordre de 0,8 et 1,2 T de NaCl pour l'ensemble de l'hiver. Le dernier traitement s'est fait tardivement, le 26 mars 2022. Ce

sel a dû ruisseler vers le bassin routier principalement lors de l'événement hydrologique du 8 avril 2022 (voir Figure 3-5) soit 12 jours avant notre première campagne de prélèvement.

Tableau 8 - Accidents routiers et fondants hivernaux sur la RN431 au niveau du secteur de Metz-Magny, au premier semestre 2022 :

Type de données	Données
Accidents routiers (et déversement)	<u>Aucun déversement</u> n'a été porté à la connaissance de la Direction interdépartementale des routes, depuis la création des bassins
Fondant routier utilisé l'hiver (Tonne, type)	<p>Hiver 2021-2022 : 790 T de sel NaCl (1)</p> <p>Comparaison avec années antérieures : 2014-2015 : 940 T ; 2015-2016 : 510 T , 2016-2017 : 760 T ; 2017-2018 : 810 T ; 2018-2019 : 530 T ; 2019-2020 : 630 T ; 2020-2021 : 850 T, <u>moyenne de ces 7 hivers : 719 T</u>.</p> <p>Dates des salages hiver 2021-2022 : Novembre : 24 et 29 ; décembre : 3/10/21/22 ; janvier : 2/3/6/8/10/11/12/14/15/16/17/19/24/26/27 ; février : 3/4/9/10/25/26/27 (dernier passage)</p> <p>soit 28 sorties</p>

Légende : (1) : source : CEI de Pouilly : valeur pour tout le linéaire géré par le Centre d'exploitation et d'intervention et non pas seulement le tronçon étudié.

Les données fournies par le CEI de Pouilly concernent l'ensemble du linéaire de voies gérées par ce CEI. Le bassin de Metz-Magny a dû aussi recevoir de l'ordre de 1 T de NaCl pour l'ensemble de l'hiver (en comparant les surfaces de chaussée alimentant Metz-Magny avec celles des deux bassins de Bénaménil, et sachant que les pratiques de traitement entre les deux CEI sont proches). Le salage de l'hiver 2021-2022 est environ 10 % supérieur à la moyenne des hivers précédant mais inférieur à l'hiver 2019-2020.

Le dernier traitement est du 27 février 2022. L'impact de la salinité dans le bassin routier a probablement dû se faire sentir jusqu'à l'événement météorologique du 8 avril (voir Figure 5-2). Ce point est favorable pour voir l'impact éventuel de la salinité.

En conclusion,

- aucun déversement lors d'un accident routier n'a été porté à la connaissance de la Direction interdépartementale des routes depuis la création des bassins.
- au cours de l'hiver 2021 – 2022, les quatre bassins ont dû recevoir une quantité de sel comparable, de l'ordre de 1 T de NaCl pour l'ensemble de l'hiver. L'impact éventuel de la salinité pourrait se voir sur la campagne d'avril (voir chapitre 6.2.2).

5 Prélèvements et déterminations taxonomiques

5.1 Prélèvements et observations de terrain

5.1.1 Dates de prélèvement et situation climatique

Les prélèvements de macro-invertébrés sont réalisés sur chaque bassin routier et mare de référence.

Il a été fait le choix de réaliser deux campagnes de prélèvement :

1^{ère} campagne du 20 au 22 avril. Elle permet la récolte de larves d'insectes matures, avant les envols printaniers de certaines espèces. C'est une bonne période pour estimer la biodiversité et notamment celle de taxons bio-indicateurs de la qualité des eaux, que sont les trichoptères et les éphéméroptères. Elle permet aussi de voir l'impact résiduel de la salinisation par traitement des chaussées, dont les derniers traitements sont en général vers le mois de février en Lorraine ;

2^e campagne du 4 au 7 juillet. Elle permet la récolte des larves d'insectes matures, avant les envols estivaux de nombreuses espèces.

Nous n'avons pas fait de campagne de fin d'été (fin août, début sept), pour limiter le volume de travail. Elle aurait permis de voir la biodiversité dans la période la plus critique (eaux chaudes, moins bien oxygénées). Cette saison n'a pas été retenue pour deux raisons principales : 1) risque d'assec des bassins ou des mares, 2) connaissance de la biodiversité réduite en raison de la présence de beaucoup de larvules à cette saison, non déterminables à l'espèce, ni même au genre.

Dates des prélèvements :

L'objectif, atteint, est de réaliser les prélèvements à des dates proches à l'intérieur d'un secteur (bassin routier et sa mare de référence) et entre les trois secteurs (Tableau 9).

Tableau 9 - Dates de prélèvement des macro-invertébrés

Plan d'eau	Campagne d'avril	Campagne de juillet
Bassin routier de Bénaménil-Ouest sur la N4	21/04/22	04/07/22
Mare de Marainviller		
Bassin routier de Bénaménil-Est sur la N4	22/04/22	05/07/22
Mare de Manonviller		
Bassin routier de Metz (Magny) Q2 sur la RN431	20/04/22	07/07/22
Bassin routier de Metz (Magny) Q100 sur la RN431		
Mare de Corny		06/07/22

La situation climatique peut avoir un impact sur les communautés de macro-invertébrés. Elle est analysée selon les critères suivants (voir Tableau 3, Figure 5-2 et Figure 5-1) :

1) températures des deux mois avant le prélèvement : les valeurs mensuelles sont-elles proches des moyennes interannuelles ou alors exceptionnelles ?

Pour les deux campagnes de prélèvement d'avril et juillet, l'écart entre les valeurs mensuelles et les valeurs interannuelles est modeste. La situation n'est pas pénalisante pour les macro-invertébrés.

2) conditions pluviométriques avant et pendant le prélèvement :

a) les valeurs mensuelles sont-elles proches des moyennes mensuelles ou alors exceptionnelles ?

Pour les deux campagnes de prélèvement, la pluviosité reste proche des valeurs interannuelles, avec une réduction en mars et mai, compensée en avril et en juin. La situation n'est pas pénalisante pour les macro-invertébrés.

b) la présence d'une forte pluie est-elle pénalisante, par exemple, en augmentant fortement et brusquement la concentration en polluants ?

Note : des pluies qui ne sont pas trop importantes sont favorables à l'objet de l'étude : elles entraînent des ruissellements vers les mares et les réalimentent. Elles apportent de la pollution dans les bassins (sels, hydrocarbures ...)

Analyse des pluies à la station de St-Maurice-aux-Forges (référence pour les secteurs 1 et 2 de Bénaménil) :

- une pluie moyenne, proche de 27 mm, le 8 avril, soit 12 jours avant les prélèvements du 21 avril.

- des pluies modestes, 9,6 mm le 26 juin et 6,8 mm le 30 juin, soit 4 jours avant le premier prélèvement du 4 juillet.

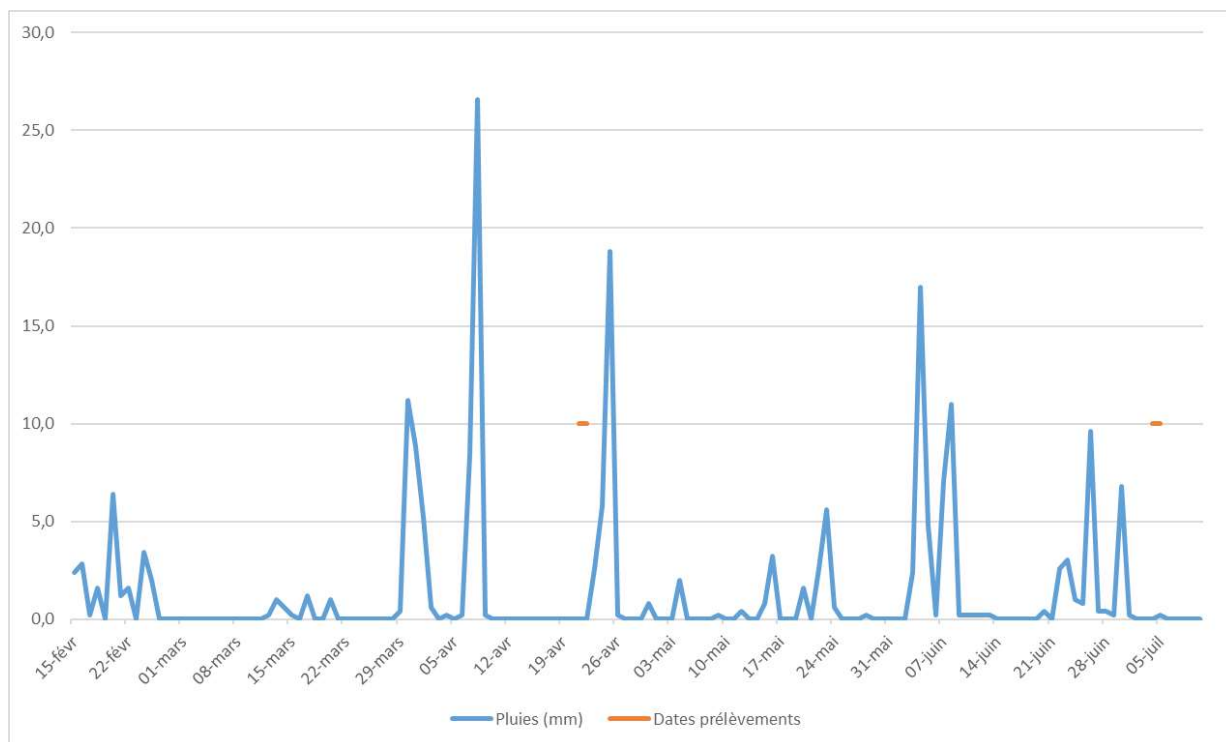
Analyse des pluies à la station de Metz-Frescaty (référence pour le secteur 3 de Metz) :

- une pluie significative proche de 46 mm, le 8 avril, soit 11 jours avant les prélèvements du 20 avril.

- une pluie de près de 20 mm, le 24 juin, soit 12 jours avant les prélèvements du 6 et 7 juillet.

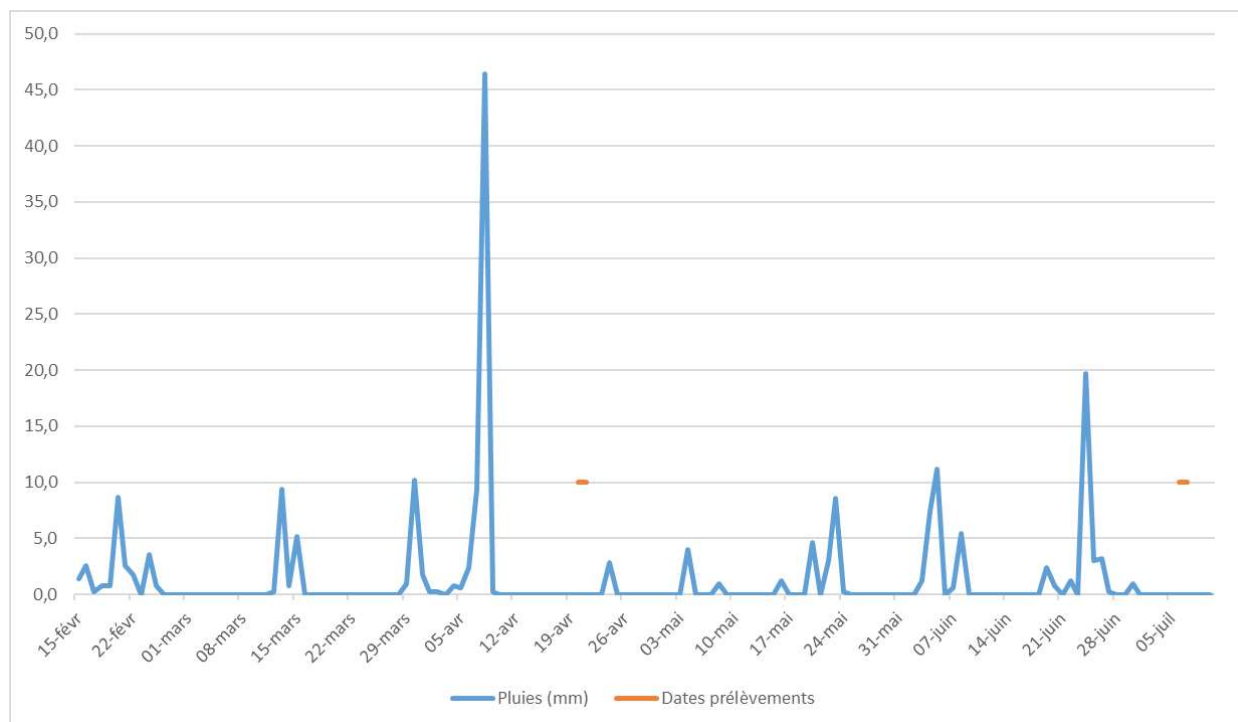
Ces conditions pluviométriques (avant et pendant le prélèvement) ne sont pas pénalisantes pour les macro-invertébrés en terme de quantité, car les bassins ont un fort pouvoir tampon, du fait de leur capacité hydraulique et du débit de fuite régulé par la vanne de sortie. L'impact éventuel de la pollution entrant avec les eaux pluviales est étudié dans la suite du rapport.

Figure 5-1: Pluviométrie sur la station de Saint-Maurice-aux-Forges lors de la période d'étude :



Légende : station à 15 km de Bénaménil. Données Météofrance, de janvier à début juillet 2022. Principaux pics de pluies : 20 février, 30 et 31 mars, 8 et 25 avril, 23 mai, 4, 7, 8, 26 et 30 juin.

Figure 5-2: Pluviométrie sur la station de Metz-Frescaty lors de la période d'étude :



Légende : Données Météofrance, de janvier à début juillet 2022. Principaux pics de pluies : 20 février, 13 et 30 mars, 8 avril, 23 mai, 5 et 24 juin.

5.1.2 Méthode d'échantillonnages utilisée

Le protocole est celui défini dans le rapport du Cerema, 2020. Il a été affiné au cours de la présente étude (voir le chapitre 2 et l'annexe A).

5.1.3 Conditions d'application du protocole en 2022

Pour tous les plans d'eau et les deux campagnes, les conditions d'accès et de prélèvement sont globalement bonnes.

Les mares et les bassins routiers sont trop turbides et / ou profonds pour voir les substrats du fond, excepté en berge. Cependant, grâce à notre expérience, nous estimons que la prospection réalisée donne une bonne idée de la biodiversité en substrat de chaque plan d'eau.

5.1.4 Substrats prélevés

La connaissance de la nature des substrats présents est essentielle pour expliquer la biodiversité en macro-invertébrés observée.

Les substrats, selon la définition de la norme AFNOR NF T90-333, prélevés lors des campagnes d'avril et de juillet sont indiqués dans le Tableau 10 et le Tableau 11.

L'effort d'échantillonnage et de traitement des échantillons est important, portant sur 129 échantillons élémentaires, chacun d'un volume de 400 ml (selon la norme NF T90-333), pour l'ensemble des 7 plans d'eau et des deux campagnes de prélèvement.

Ce total se décompose en 122 échantillons d'après notre protocole de prélèvement de base, auxquels se rajoutent 7 échantillons supplémentaires (« chasse » et pleustophytes).

Note : Le bassin Metz-MagnyQ2 présente 3 compartiments séparés par deux digues. Nous choisissons d'étudier dans cette étude uniquement le 3^e compartiment, derrière la 2^e digue, pour avoir une réponse homogène sur les résultats, la situation de qualité d'eau pouvant être différente dans les trois compartiments.

Le prélèvement sur le bassin de Metz-MagnyQ100 est réparti sur les 2 chenaux principaux, en eau, les prélèvements sont en majorité proches du regard d'entrée.

L'échantillonnage dans les bassins de Bénaménil-Ouest et Bénaménil-Est a pu se faire en général dans le 1/3 aval du bassin.

Même si les bassins routiers et leur mare de référence sont choisis pour avoir un contexte typologique proche (voir les chapitres précédents), des différences importantes apparaissent sur les substrats présents (Tableau 10 et Tableau 11) :

- le bassin routier de Bénaménil-Ouest est un bassin à fort développement d'hélophytes (70%) alors que sa mare de référence Marainviller comporte un mélange d'hydrophytes (53%) et d'hélophytes (20%). Bénaménil-Ouest est colmaté au centre par des vases et ne possède que 3 substrats différents, alors que Marainviller est colmaté par des limons non vaseux et possède 6 substrats différents ;

- le bassin routier de Bénaménil-Est et la mare de Manonviller (les deux plus grands plans d'eau de notre étude) sont relativement semblables pour le substrat principal, de l'ordre de 90-95 % de limons, mais varient pour la nature des habitats secondaires, limités à une fine ceinture en berge, restant diversifiés dans les deux cas ;

- les bassins routiers de Metz-MagnyQ2, Metz-MagnyQ100 et leur mare de référence de Corny sont différents. Les substrats sont variés pour MetzQ2, dominés par les hydrophytes, peu variés par MetzQ100, dominés par les litières d'hydrophytes (les hydrophytes hors eau n'ont pas été comptées dans ces pourcentages). Ils sont variés et dominés par les limons à Corny.

La relation entre la richesse en substrats et la richesse taxonomique est discutée dans le chapitre 6.1.1.5 et la figure 6-5.

Figure 5-3 - *Hippeutis complanata*, jeunes individus (Mollusque, Gastéropode).

Longueur 3 ou 4 mm. Mare de Marainviller, avril 2022 (photographie Pierre MAZUER / Cerema).



Tableau 10 - Substrats présents dans les plans d'eau étudiés en avril 2022 :

Substrats (1)	Bassin de Bénaménil-Ouest		Mare de Marainviller		Bassin de Bénaménil-Est		Mare de Manonviller		Bassin de Metz (Magny) Q2		Bassin de Metz (Magny) Q100		Mare de Corny	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	% (3)	N	%
11_Bryophytes													1	1
10_Hydrophytes (2)			2	53	1	1			2	45			1	1
9_Litières	2	5	2	5			2	2	2	5	2	64	2	10
8a_Chevelus racinaires					2	1	2	1	2	15				
8b_Branchages			2	1				1					2	4
7_Pierres					2	2								
6_Blocs facilement déplaçables														
5_Graviers														
4_Hélophytes	2	70	2	20	2	1	2	5	2	14	2	5	2	5
3_Vases	1	25							1	5				
2a_Sables														
2b_Limons			1	20	1	94	1	90			1	30	1	79
1_Algues (2)									1	15				
0_Surfaces dures			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
Nbre substrats prélevés, hors SS	5	100	10	100	9	100	8	100	11	100	6	100	9	100
Nbre substrats <u>différents</u> , hors SS (4)	3	–	6	–	6	–	5	–	7	–	4	–	6	–
Substrat supplémentaire et % recouvrement si connu	1	Graviers sous vases (% inconnu)	1	Tuiles et planches (< 1%)	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Nbre substrats différents, SS inclus (5)	4		7		6		5		7		4		6	

Légende : Les substrats d'au moins 6 % de recouvrement sont surlignés en bleu. Un pourcentage de moins de 1 % est arbitrairement fixé à 1 %. **N** = Nombre d'échantillons prélevés (voir le protocole d'échantillonnage). **SS** = substrat supplémentaire : « chasse » et pleustophytes. **%** = pourcentage de recouvrement du fond ; (1) Les types de substrats sont définis dans la norme AFNOR NF T90-333. Attention, ils sont le plus souvent mélangés avec un substrat secondaire. (2) les algues Characées sont classées dans les hydrophytes pour notre étude. (3) pour la partie en eau en permanence ; (4) ces valeurs indiquent la diversité des substrats ; (5) ces valeurs sont à relier aux listes faunistiques, qui ont été exploitées avec les substrats supplémentaires.

Tableau 11 - Idem **juillet** 2022 :

Substrats (1)	Bassin de Bénaménil-Ouest		Mare de Marainviller		Bassin de Bénaménil-Est		Mare de Manonviller		Bassin de Metz (Magny) Q2		Bassin de Metz (Magny) Q100		Mare de Corny	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	% (3)	N	%
11_Bryophytes													1	1
10_Hydrophytes (2)			2	50	2	1			2	65	2	35		
9_Litières	2	5	2	31	2	1	2	2	2	1	2	47		
8a_Chevelus racinaires					2	1	2	1	2	2			2	1
8b_Branchages			2	1				1						1
7_Pierres					2	2	2	5					1	1
6_Blocs facilement déplaçables													1	1
5_Graviers														
4_Hélophytes	2	70	2	15	2	1	2	7	2	26	2	10	2	5
3_Vases	1	24							1	4	1	7		
2a_Sables														
2b_Limons			1	3	1	92	1	83					1	90
1_Algues (2)	1	1				1			1	1				
0_Surfaces dures					1	1	1	1	1	1	1	1		
Nbre substrats prélevés, hors SS	6	100	9	100	12	100	10	100	11	100	8	100	8	100
Nbre substrats <u>différents</u> , hors SS (4)	4	-	6	-	7	-	6	-	7	-	5	-	6	-
Substrat supplémentaire et % recouvrement si connu	1	Graviers sous vases (% inconnu)	2	Tuiles (% inconnu) et Pleustophytes (lentilles d'eau, 80 % en surface)	-	-	-	-	-	-	1	Pierres sous limons-vases (% inconnu)	1	Branchages (< 1 %) + <i>Anodonta</i> dans limons
Nbre substrats différents, SS inclus (5)	5		8		7		6		7		6		7	Hors recherche <i>Anodonta</i>

Légende : idem tableau précédent

Tableau 12 - Synthèse sur la diversité de substrats présents dans les plans d'eau étudiés (valeurs pour avril et juillet) :

Caractéristique	Bassin de Bénaménil-Ouest	Mare de Marainviller	Bassin de Bénaménil-Est	Mare de Manonviller	Bassin de Metz (Magny) Q2	Bassin de Metz (Magny) Q100	Mare de Corny
Recouvrement d'hélophytes %	70 et 70 (3)	20 et 15	1 et 1	5 et 7	14 et 26	(90 %) dont 5 et 10 % en eau (3)	5 et 5
Recouvrement de végétaux (6) %	70 et 71	73 et 65	3 et 4	6 et 8	89 et 92	5 et 45	7 et 7
Recouvrement de vases et / ou limons %	25 et 24	20 et 3	94 et 92	90 et 83	5 et 4	30 et 7	79 et 90
Nombre de substrats aquatiques différents, hors SS (4)	3 et 4	6 et 6	6 et 7	5 et 6	7 et 7	4 et 5	6 et 6
Nombre de substrats aquatiques différents, SS inclus (5)	4 et 5	7 et 8	6 et 7	5 et 6	7 et 7	4 et 6	6 et 7

Légende : idem tableau précédent + (6) végétaux = hélophytes, hydrophytes, bryophytes, chevelu racinaire. Le premier chiffre est celui d'avril et le deuxième de juillet.

5.2 Déterminations taxonomiques

5.2.1 Norme et niveau de détermination

Norme :

La détermination taxonomique des macro-invertébrés est réalisée selon la norme AFNOR, NF T90-388 – *Analyse d'échantillons contenant des macro-invertébrés de cours d'eau, canaux et plans d'eau*.

Les options choisies sont les plus poussées :

Option E : établissement d'une liste taxonomique par échantillon élémentaire (c'est-à-dire ici par substrat),

Option B : détermination au niveau B (en général le genre), poussée dans le cadre de cette étude à l'espèce (voir Tableau 13 ci-dessous) ;

Option 2 : estimation des abondances par taxon.

Les échantillons sont récupérés sur un tamis de maille de 0,5 mm et les invertébrés sont comptés ou estimés sur la base de 20 ou 40 individus (selon les familles) par fraction triée.

Selon les indications de la norme, des individus sont extraits et la détermination taxonomique est réalisée. Des échantillons-témoins et des photographies sont conservées pour contrôle ou vérification des déterminations.

Nature des taxons pris en compte :

Les taxons déterminés incluent les taxons aquatiques vivants à l'intérieur d'un substrat (par exemple oligochètes dans les vases) ou à sa surface (par exemple mollusques sur hydrophytes), mais aussi dans la pleine eau (Cladocères ...) ou sous sa surface (larves de moustiques ...).

Lors de l'échantillonnage d'un substrat de fond défini par la norme de prélèvement NF T90-333 (par exemple Limons), des macro-invertébrés de la pleine eau ou de sa surface sont aussi souvent récoltés, essentiellement les Cladocères, Copépodes, Ostracodes, et plus rarement les diptères *Chaoborus* et les larves de moustiques. Il aurait pu être intéressant de différencier l'impact éventuel de la pollution particulaire, colmatant les substrats, de la pollution dissoute, en traitant à part ces taxons de pleine eau. Néanmoins, cela n'est pas possible, car les déterminations taxonomiques ont été faites au niveau du groupe pour les Cladocères, Copépodes, Ostracodes, conformément à la norme AFNOR NF T90-388, et non au niveau de l'espèce. L'information sur la polluosensibilité n'est pas assez précise au niveau d'un tel groupe d'espèces.

Niveau de détermination :

Lorsque cela a été possible (état et âge des individus, clé de détermination disponible, difficulté de détermination), la détermination est poussée pour la majorité des groupes taxonomiques cités dans la norme selon les limites listées dans le Tableau 13 ci-dessous.

Une détermination à l'espèce permet d'avoir des informations sur un milieu aquatique, par exemple l'importance d'un niveau de pollution, beaucoup plus précises qu'une détermination au niveau taxonomique du genre (regroupant des espèces différentes) ou de la famille (regroupant des genres différents).

Tableau 13 - Niveau de détermination recherché pour la présente étude :

Groupe taxonomique de la norme AFNOR NF T90-388	Niveau B (1) de détermination de la norme NF T90-388	Niveau de détermination pour la présente étude
Tous les ordres d'insectes sauf Diptera et Hymenoptera	Genre (rarement sous-famille, ou famille)	Espèce, excepté certains genres (par exemple <i>Hydraena</i> , <i>Elodes</i> ...)
Diptera	Famille	Selon les clés disponibles et les difficultés : famille, Genre, espèce pour quelques familles : Culicidae, Chaoboridae ...
Crustacea - Malacostraca	Genre	Espèce
Mollusques : Bivalvia et Gastropoda	Famille ou genre	Espèce, excepté certains genres
Sangsues : Achaeta – Hirudinea et Vers plats : Turbellaria - Tricladida	Famille	Espèce
Autres taxons	variable	Celui de la norme

Légende : (1) niveau B : le plus précis de la norme AFNOR NF T90-388

Nous nous sommes basés sur les principaux ouvrages disponibles actuellement. Une détermination au niveau de l'espèce est parfois difficile. Une erreur est possible, soit en raison de l'absence d'un ouvrage de taxonomie adapté, soit en raison de l'état d'un individu (larve jeune ou abîmée), surtout si un seul individu de l'espèce est trouvé, soit en raison d'une incompréhension de l'ouvrage utilisé.

Enfin, par souci de simplification des listes taxonomiques dans la liste de synthèse (annexe G) et après l'analyse de l'ensemble des listes :

- toutes les éphémères Baetidae trop jeunes pour être déterminés à l'espèce ont été classés en *Cloeon dipterum* car les nombreux individus identifiés sont de cette espèce dans la présente étude ;
- tous les trichoptères Polycentropodiae trop jeunes pour être déterminés au genre sont classés en *Holocentropus*, car tous les individus identifiés sont de ce genre dans la présente étude ;
- tous les vers plats triclades non déterminables en raison de l'alcoolisation et des yeux non visibles ont été classés en *Dugesia polychroa* dans la mare de Manonviller et en *Dugesia tigrina* dans les bassins routiers quand tous les individus déjà identifiés sont de cette espèce sur le plan d'eau considéré. En cas de doute (individu trop dégradé), le taxon « triclade » est laissé.

Enfin, dans nos calculs de biodiversité, nous avons laissé dans nos listes :

- les coléoptères *Donacia* adultes (même si seules les larves sont aquatiques) ;
- les mollusques Succineidae, courants dans nos prélèvements (même s'ils sont considérés comme ripicoles et non strictement aquatiques).

5.2.2 Difficulté de déterminations

Les difficultés de détermination, les ouvrages utilisés et les choix taxonomiques effectués pour certains taxons sont décrits en annexe F.

5.3 Listes taxonomiques

Même si les listes faunistiques sont l'élément de base du rapport, elles sont trop longues pour figurer dans le rapport principal. Elles sont placées en annexes suivantes :

- annexe A : listes taxonomiques (et abondances) par prélèvement élémentaire de chaque bassin routier et mare de référence (ainsi que les fiches de description de ces plans d'eau et des opérations de prélèvement).
- annexe G : listes faunistiques de synthèse, tous substrats confondus, pour l'ensemble des bassins et mares.

Dans nos listes taxonomiques, la séparation entre larvules, larves, nymphes et adultes (le cas échéant) n'a pas été faite. Néanmoins, nous avons constaté la présence de larvules ou larves en nombres significatifs, y compris dans les bassins routiers, nous laissant supposer que la reproduction se fait normalement.

6 Exploitation des données macro-invertébrés

L'effort de détermination est important : environ 120 000 individus sont comptés ou estimés selon la méthode de traitement des échantillons de la norme AFNOR NF T90 388, pour l'ensemble des 7 plans d'eau et des deux campagnes de prélèvement.

Le jeu de données est donc pertinent et « robuste » pour analyser les communautés de macro-invertébrés des 4 bassins routiers et des 3 mares de référence.

Deux types d'exploitation sont faits. Le premier sur la richesse, en se basant sur le nombre de genres ou de familles par plans d'eau, car il y a plus de genres ou de familles déterminées que d'espèces. Le deuxième sur la nature des espèces présentes en calculant des indices de polluosensibilité (le niveau espèce étant plus précis, au niveau de l'information écologique, que le genre).

6.1 Richesse taxonomique

6.1.1 Richesse par plan d'eau

6.1.1.1 Introduction

Rappel d'éléments d'écologie sur la richesse :

A) La richesse est le nombre de familles, genres ou espèces trouvés dans un habitat. Elle est proportionnelle à plusieurs critères. Certains sont naturels (augmentation de la richesse en fonction de l'âge d'un habitat, du nombre d'habitats de même nature connectés, de sa taille ...). D'autres sont liés à l'action anthropique (dégradation de la diversité des habitats, forte dégradation de la qualité de l'eau ...). La richesse est donc un indicateur complexe à analyser.

Les éléments suivants sont à retenir pour l'interprétation de nos données, d'après les chapitres précédents :

Facteurs naturels. Aucun des plans d'eau étudiés n'est pénalisé : a) âge : les plans d'eau sont anciens. Même le bassin de Metz-MagnyQ2 a pu être recolonisé rapidement par le contact direct avec le bassin de 2004 (aujourd'hui, réduit au bassin de Metz-MagnyQ100) ; b) milieux aquatiques connectés : le réseau est dense (voir Tableau 5). c) taille : les plans d'eau sont de dimensions suffisantes. Les mares de référence ont les mêmes caractéristiques morphologiques que les bassins étudiés.

Facteurs anthropiques : a) diversité d'habitats : elle est satisfaisante pour les 7 plans d'eau ; b) pollution : ce point est à étudier dans la suite du rapport. Notons en introduction la particularité de la pollution organique : la richesse augmente avec une pollution organique modérée, mais diminue en cas de forte pollution. Au contraire, une pollution de type toxique provoque une baisse proportionnelle à la concentration de l'élément polluant.

B) La richesse en taxons n'indique pas forcément la qualité d'un écosystème. Par exemple, un milieu aquatique de référence (non perturbé et en bon état) peut avoir une richesse en taxons polluosensibles bien moindre qu'un milieu en situation d'hypertrophie (trop « nourri » par des rejets), ce dernier avec beaucoup de taxons ubiquistes à faible polluosensibilité.

C) Un nombre de taxons ne constitue pas une valeur absolue, car il dépend de l'effort de détermination propre aux objectifs d'une étude, aux ouvrages de détermination taxonomique disponibles à un moment donné, à la taille des individus, à leur état après les manipulations de terrain et de laboratoire ... Les richesses peuvent difficilement être comparées d'une étude à l'autre mais peuvent l'être au sein d'une même étude.

Ces réserves émises, la richesse en taxons est une des premières approches de la biodiversité d'un milieu. Mais elle doit être complétée par une analyse de la nature des taxons présents (voir chapitre 6.2).

Richesse taxonomique prise en compte (voir chapitre 2) :

Elle est celle obtenue avec un protocole d'échantillonnage dépendant de la richesse en substrats du plan d'eau. Le nombre d'échantillons élémentaires est variable selon les plans d'eau. Notre richesse est donc représentative de la nature des substrats présents dans chaque plan d'eau.

Les listes faunistiques des échantillons « Pleustophytes » et « chasses » sont incluses dans les richesses totales des plans d'eau, pour la présente étude. Cela a peu de conséquence sur l'interprétation des résultats (voir Annexe I).

6.1.1.2 Résultats pour les deux campagnes de prélèvement

Pour l'ensemble des plans d'eau (bassins routiers et mares de référence) et pour les deux campagnes de prélèvements (avril et juillet), nous obtenons 259 taxons différents, répartis dans 72 familles, 123 genres et 149 espèces, pour l'effort de détermination réalisé dans cette étude.

Note 1 : le nombre de familles, de genres ou d'espèces comptabilisés dans un échantillon est celui dont la détermination taxonomique a pu être faite (qui est inférieur aux nombres présents).

Note 2 : le nombre de familles, genres ou espèces ne peuvent être comparés simplement. Par exemple, il peut y avoir plusieurs espèces pour certains genres et inversement, pour d'autres genres, les espèces ne peuvent pas être déterminées.

Figure 6-1 - *Cloeon dipterum* (Insecte, éphéméroptère).

Longueur 10 mm sans les cerques. Mare de Marainviller, avril 2022 (photographie Pierre MAZUER / Cerema).



Quatre premières conclusions s'imposent (voir figures et tableaux ci-dessous) :

- 1) au vu du nombre de taxons dans les bassins routiers par rapport à leur mare de référence, l'impact de la pollution routière semble se vérifier pour deux secteurs (ceux de Bénaménil) sur les trois,
- 2) le nombre de taxons d'un bassin routier n'est pas négligeable par rapport à celui de sa mare de référence,
- 3) le bassin de Metz-MagnyQ2, qui est potentiellement le plus pollué (plus forte circulation routière et plus petit bassin relatif) est celui qui a la plus forte richesse des 4 bassins

routiers, et du même ordre de grandeur que la richesse des mares de référence de Marainviller et Manonviller - voir ci-dessous pour le cas de la mare de Corny.

4) la mare de référence de Corny a une richesse particulièrement faible, nettement inférieure à celle des deux autres mares de référence. Ce point peut paraître surprenant vu le contexte particulièrement favorable de cette mare : occupation naturelle des sols, absence de pollution.

Au niveau de ces 4 conclusions, il faut bien retenir que la richesse n'est pas forcément liée à un degré de perturbation anthropique. Le chapitre 6.2 (exploitation des données à partir de la nature des taxons présents) apportent une vision parfois inverse. Par exemple, il est remarquable que Corny et Bénaménil-Est, ayant les plus faibles richesses, ont les meilleures qualités d'eau d'après les bio-indicateurs définis dans le chapitre 6.2 .

6.1.1.3 Interprétation par campagne

Situation en avril :

La comparaison du nombre de genres entre les bassins routiers et leur mare de référence donne un résultat opposé selon les couples « Bassin - mare de référence » (Tableau 14 et Figure 6-2) :

- a) la richesse taxonomique du bassin de Bénaménil-Ouest est inférieure (environ de 30 %) à celle de la mare de référence de Marainviller ;
- b) celle de Bénaménil-Est est nettement inférieure (environ la moitié) à celle de la mare de Manonviller.
- c) celle de Metz-Q2 est nettement supérieure à celle de sa mare de référence à Corny (environ +80 %) ;
- d) celle du bassin de Metz-Q100 est proche de celle de Corny.

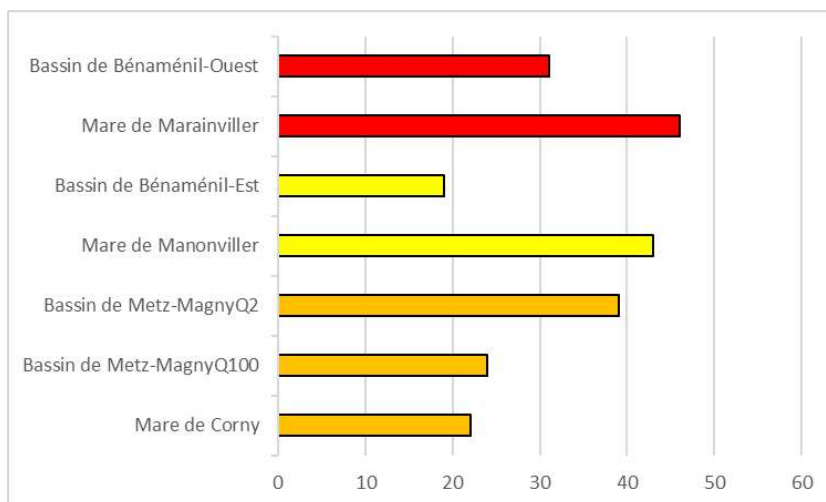
Tableau 14 - Nombre de taxons déterminés dans les bassins routiers et mares, tous substrats confondus, y compris « chasse »_avril 2022 :

Plan d'eau	Taxons (1)	Famille	Genre	Espèce
Bassin routier de Bénaménil-Ouest sur la N4	63	26	31	30
Mare de Marainviller	86	35	46	39
Bassin routier de Bénaménil-Est sur la N4	37	17	19	13
Mare de Manonviller	71	38	43	33
Bassin routier de Metz (Magny) Q2 sur la RN431	79	34	39	39
Bassin routier de Metz (Magny) Q100 sur la RN431	45	26	24	19
Mare de Corny	44	19	22	24

Légende : (1) Nombre de lignes d'une liste taxonomique. Il peut y avoir double compte si un même taxon est déterminé sur un même site à des niveaux différents en fonction du stade larvaire ou de la taille, par exemple : Asellidae et Asellus.

Pour une représentation graphique du Tableau 14, en prenant uniquement les genres (taxons plus nombreux par plan d'eau que les familles ou les espèces), nous obtenons la Figure 6-2 ci-dessous :

Figure 6-2: Nombre de genres déterminés dans les bassins routiers et mares_avril 2022 :



Le Tableau 15 complète ce diagnostic et montre pour chaque couple 'bassin – plan d'eau' que certains taxons ne sont présents soit que dans une mare, soit que dans un bassin routier ou alors sont communs au deux types de milieu. La répartition de ces taxons, pour ceux ayant une abondance d'au moins 3 individus, est distribuée en approximativement trois tiers (voir les 3 colonnes, « abondance forte »). Les espèces avec des abondances de moins de 3 individus ne sont pas reportées dans ce tableau mais des informations sont sans doute intéressantes dans certains cas, par exemple pour les prédateurs en faible abondance (voir annexe H). Les différences de communautés de macro-invertébrés sont donc bien marquées, au niveau de l'espèce, entre les bassins routiers et les mares.

Note : cette conclusion n'est valable qu'au niveau de l'espèce mais pas au niveau du genre (par exemple pour les éphémères *Caenis*, les demoiselles *Coenagrion*, les mollusques *Pisidium* et *Gyraulus* ..., car des espèces d'un même genre se retrouvent dans des colonnes différentes – voir annexe H).

Dans ce tableau, un taxon en gras est caractéristique soit des mares, soit des bassins routiers, en prenant en compte les deux saisons. Celui en police normale indique qu'il n'est pas retrouvé à une autre saison ou alors qu'il figure dans une colonne 'faible abondance' à une autre saison. Un surlignage indique un décalage entre saisons, qui passe toujours de 'uniquement en mare' ou 'uniquement en bassin' à 'commun'. Nous n'avons pas le cas d'un passage à 'uniquement en mare' à 'uniquement en bassin routier'.

Tableau 15 - Nombre de taxons déterminés, caractéristiques des bassins routiers ou des mares_ **avril** :

Plan d'eau	Espèces uniquement dans les 3 mares		Espèces communes mares et bassins routiers		Espèces uniquement dans les quatre bassins routiers		Autres cas (2)
	forte	faible	forte	faible	forte	faible	
Abondance (1)							–
Nbre d'sp sur 111 espèces déterminées	14	22	16	6	17	24	12
Espèces concernées (3)	<p><i>Athripsodes aterrimus</i> <i>Leptocerus interruptus</i> <i>Limnephilus flavicornis</i> <i>Gerris lacustris</i> <i>Hyphydrus ovatus</i> <i>Cryptopleurum minutum</i> <i>Chaoborus flavicans</i> <i>Chaoborus pallidus</i> <i>Coenagrion pulchellum</i> <i>Synurella ambulans</i> <i>Pisidium conventus</i> <i>Gyraulus albus</i> <i>Hemicleptis marginata</i> <i>Dugesia polychroa</i></p>	Voir annexe H	<p><i>Ecnomus tenellus</i> <i>Limnephilus lunatus</i> <i>Cloeon dipterum</i> <i>Caenis horaria</i> <i>Noterus clavicornis</i> <i>Palpomyia lineata</i> <i>Palpomyia tibialis</i> <i>Phaenobezzia rubiginosa</i> <i>Coenagrion puella</i> <i>Platycnemis pennipes</i> <i>Asellus aquaticus</i> <i>Proasellus meridianus</i> <i>Gyraulus crista</i> <i>Hippeutis complanatus</i> <i>Glossiphonia complanata</i> <i>Helobdella stagnalis</i></p>	Voir annexe H	<p><i>Agraylea sexmaculata</i> <i>Caenis luctuosa</i> <i>Cymatia coleoprata</i> <i>Sigara lateralis</i> <i>Hydrovatus cuspidatus</i> <i>Haliphus immaculatus</i> <i>Noterus crassicornis</i> <i>Orthetrum cancellatum</i> <i>Gammarus pulex</i> <i>Musculium lacustre</i> <i>Pisidium nitidum</i> <i>Pisidium tenuilineatum</i> <i>Potamopyrgus antipodarum</i> <i>Physella heterostropha</i> <i>Alboglossiphonia heteroclita</i> <i>Dugesia tigrina</i> <i>Polycelis nigra</i></p>	Voir annexe H	<p><i>Holocentropus picicornis</i> (BR) <i>Caenis robusta</i> (BR) <i>Ilyocoris cimicoides</i> (BR) <i>Plea minutissima</i> (BR) <i>Hydroglyphus geminus</i> (BR) <i>Chaoborus crystallinus</i> (mares) <i>Orthetrum albistylum</i> (BR) <i>Ischnura elegans</i> (mares) <i>Pisidium milium</i> (mares) <i>Ferrissia californica</i> (mares)</p>

Légende : (1) forte : au moins 3 individus dans les plans d'eau où l'espèce est présente, faible : 1 à 2 individus dans les plans d'eau où l'espèce est présente. (2) autre cas : soit taxons d'eau courante, soit taxons avec une distribution autre, comme « Abondance forte en mare et abondance faible en BR (bassin routiers) ». Le nom du taxon est alors suivi de mare ou BR. (3) taxons dans l'ordre de la norme AFNOR NF T90-388. En gras : taxon ayant le même classement les deux saisons ; surligné bleu : taxon classé en espèce 'mare' en à l'autre saison ; surligné jaune : espèce classée en 'commune' à l'autre saison ; surligné rouge : classé en BR à l'autre saison, surligné violet: classé 'autres cas' à l'autre saison.

Tableau 16 - *Idem* **juillet** :

Plan d'eau	Espèces uniquement en mare		Espèces communes mares et bassins routiers		Espèces uniquement en bassins routiers		Autres cas (2)
	forte	faible	forte	faible	forte	faible	
Abondance (1)							–
Nbre d'sp sur 101 espèces déterminées	12	21	16	6	14	18	14
Espèces concernées (3)	<p><i>Oecetis ochracea</i> <i>Caenis horaria</i> <i>Haliphus fulvus</i> <i>Chaoborus pallidus</i> <i>Culex impudicus</i> <i>Somatochlora metallica</i> <i>Ischnura elegans</i> <i>Synurella ambulans</i> <i>Pisidium subtruncatum</i> <i>Gyraulus albus</i> <i>Piscicola geometra</i> <i>Dugesia polychroa</i></p>	Voir annexe H	<p><i>Ecnomus tenellus</i> <i>Cloeon dipterum</i> <i>Micronecta scholtzi</i> <i>Plea minutissima</i> <i>Helophorus granularis</i> <i>Nilobezzia posticata</i> <i>Phaenobezzia rubiginosa</i> <i>Chaoborus crystallinus</i> <i>Chaoborus flavicans</i> <i>Sialis lutaria</i> <i>Asellus aquaticus</i> <i>Musculium lacustre</i> <i>Ferrissia californica</i> <i>Gyraulus crista</i> <i>Hippeutis complanatus</i> <i>Helobdella stagnalis</i></p>	Voir annexe H	<p><i>Agraylea sexmaculata</i> <i>Cymatia coleoprata</i> <i>Naucoris maculatus</i> <i>Hydrovatus cuspidatus</i> <i>Haliphus confinis</i> <i>Haliphus immaculatus</i> <i>Palpomyia lineata</i> <i>Libellula quadrimaculata</i> <i>Proasellus meridianus</i> <i>Pisidium milium</i> <i>Potamopyrgus antipodarum</i> <i>Physella heterostropha</i> <i>Alboglossiphonia heteroclita</i> <i>Dugesia tigrina</i></p>	Voir annexe H	<p><i>Holocentropus picicornis</i> (BR) <i>Caenis robusta</i> (mares) <i>Hyphydrus ovatus</i> (mares) <i>Noterus clavicornis</i> (BR) <i>Sympecma fusca</i> (BR) <i>Platycnemis pennipes</i> (mares)</p>

Légende : *idem* figure précédente.

Situation en juillet :

Les résultats de la campagne de juillet sont présentés dans le Tableau 17 et la Figure 6-3. La comparaison des richesses donne des résultats proches de ceux d'avril.

L'écart se réduit entre Bénaménil-Ouest, en raison de la baisse de genres dans la mare de Marainviller.

L'écart est identique entre Bénaménil-Est et sa mare de référence, augmentant tous les deux d'une dizaine de taxons.

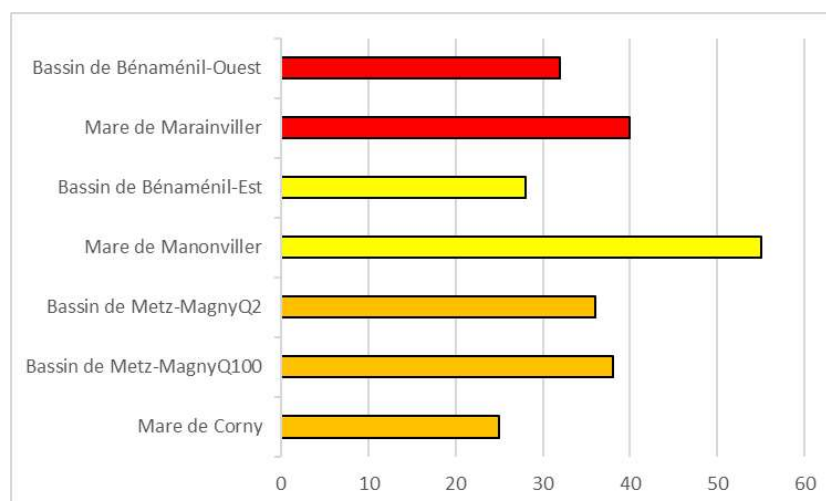
La différence la plus notable est la forte hausse relative du nombre de genres pour le bassin de Metz-MagnyQ100.

Tableau 17 - Nombre de taxons déterminés dans les bassins routiers et mares_tous substrats confondus, y compris « chasse », juillet 2022 :

Plan d'eau	Taxons (1)	Famille	Genre	Espèce
Bassin routier de Bénaménil-Ouest sur la N4	61	27	32	25
Mare de Marainviller	72	31	40	39
Bassin routier de Bénaménil-Est sur la N4	59	30	28	22
Mare de Manonviller	98	46	55	43
Bassin routier de Metz (Magny) Q2 sur la RN431	61	31	36	33
Bassin routier de Metz (Magny) Q100 sur la RN431	71	34	38	32
Mare de Corny	44	25	25	20

Légende : *idem* Tableau 14

Figure 6-3: Nombre de genres déterminés dans les bassins routiers et mares_juillet 2022 :



6.1.1.4 Comparaison des résultats entre avril et juillet

Les deux campagnes sont réalisées pour avoir une « photographie » de la communauté en macro-invertébrés à deux saisons. Néanmoins, l'année 2022 est particulièrement chaude et il est probable qu'il y ait un décalage des communautés (notamment émergence précoce des insectes).

Entre avril et juillet (Tableau 18), le nombre de genres baisse significativement à Marainviller et à l'inverse augmente à Manonviller et Corny. La situation est variable pour les bassins routiers (peu de variation à Bénaménil-Ouest et Metz-MagnyQ2, forte augmentation à Bénaménil-Est et Metz-MagnyQ100). La tendance est plutôt une augmentation de la richesse en genre. Ce résultat ne préjuge pas de la nature et de la polluosensibilité des taxons présents.

Tableau 18 - Comparaison entre le nombre de genres des plans d'eau_avril et juillet 2022 :

Plan d'eau	Avril – Nombre de genres	Juillet – Nombre de genres
Bassin routier de Bénaménil-Ouest sur la N4	31	32
Mare de Marainviller	46	40
Bassin routier de Bénaménil-Est sur la N4	19	28
Mare de Manonviller	43	55
Bassin routier de Metz (Magny) Q2 sur la RN431	39	36
Bassin routier de Metz (Magny) Q100 sur la RN431	24	38
Mare de Corny	22	25
Moyenne	32	36

Nous avons 109 espèces déterminées (sur 182 taxons) en avril et 102 (sur 187 taxons) en juillet. Un nombre important d'espèces (81 sur 148, soit un peu plus de la moitié) ne sont déterminables qu'à une seule saison (Tableau 19). Ce résultat justifie le choix de deux saisons minimum pour une analyse de la biodiversité d'un plan d'eau.

Par contre, le nombre d'espèces déterminées est suffisant, pour chacune des deux saisons, pour calculer des indices de qualité (voir chapitre suivant).

Tableau 19 - Nombre de taxons caractéristiques par saison, pour tous les plans d'eau, avril et juillet :

Pour tous les plans d'eau	Espèces uniquement en avril			Espèces uniquement en juillet		
	Forte	forte ou faible	Faible	forte	forte ou faible	faible
Abondance (1) →						
Nbre d'sp sur 148 espèces déterminées	13	4	29	7	2	26
Espèces concernées	<i>Athripsodes aterrimus</i> <i>Leptocerus interruptus</i> <i>Limnephilus flavicornis</i> <i>Limnephilus lunatus</i> <i>Caenis luctuosa</i> <i>Sigara lateralis</i> <i>Gerris lacustris</i> <i>Cryptopleurum minutum</i> <i>Noterus crassicornis</i> <i>Pisidium nitidum</i> <i>Pisidium tenuilineatum</i> <i>Glossiphonia complanata</i> <i>Polycelis nigra</i>	<i>Ilyocoris cimicoides</i> <i>Orthetrum albistylum</i> <i>Coenagrion pulchellum</i> <i>Pisidium conventus</i>	Voir annexe G	<i>Micronecta scholtzi</i> <i>Naucoris maculatus</i> <i>Haliplus fulvus</i> <i>Culex impudicus</i> <i>Libellula quadrimaculata</i> <i>Pisidium subtruncatum</i> <i>Piscicola geometra</i>	<i>Coenagrion scitulum</i> <i>Sympecma fusca</i>	Voir annexe G

Légende : (1) **forte** : au moins 3 individus sur les plans d'eau où l'espèce est présente, **faible** : 1 à 2 individus sur les plans d'eau où l'espèce est présente.

6.1.1.5 Interprétation des richesses d'après les caractéristiques des plans d'eau

En mettant en parallèle les tableaux de richesses ci-dessus et le Tableau 5 de description des plans d'eau, plusieurs conclusions semblent apparaître (en reprenant l'ordre de description des bassins du chapitre 3.6) :

1) « *Le trafic routier est 2,7 fois plus important sur l'impluvium du bassin routier de Metz-MagnyQ2 par rapport à celui des impluviums des deux bassins de Bénaménil. Inversement, le bassin de MetzQ100 est censé subir la moins forte pression de pollution des 3 bassins, car il reçoit les eaux épurées du bassin de MetzQ2* » :

→ l'impact de la pollution semble se vérifier pour deux secteurs (ceux de Bénaménil) sur les trois. Le cas des bassins de Mez-Magny est différent. Le bassin Q2 est nettement plus riche en avril, que le bassin Q100 et même que sa mare de référence de Corny. En juillet, les deux bassins ont la même richesse, qui reste nettement supérieure à celle de Corny. Deux bassins routiers sur les 4 (Bénaménil-Est et MetzQ100) ont une richesse nettement plus faible en avril (pollution saline?). Aucun bassin routier n'a une richesse nettement plus faible en juillet.

Note : Le chapitre 6.2 montre que Corny et Bénaménil-Est possèdent les taxons les plus polluosensibles.

2) « *Le bassin de MetzQ2 est relativement récent (4 ans) par rapport aux autres plans d'eau* ».

→ la jeunesse de ce bassin n'a aucun impact négatif sur la richesse. Une colonisation rapide a donc pu se faire, probablement parce qu'une partie de l'ancien bassin de ce site a été conservée.

3) « *Les plans d'eau du couple Bénaménil-Est - Manonviller sont 3 à 5 fois plus étendus que les autres plans d'eau* ».

→ la mare de référence de Manonviller a en effet la meilleure richesse. L'augmentation de la superficie d'un plan d'eau pourrait avoir un impact sur l'augmentation de la richesse en genres (ce point serait à confirmer par une étude complémentaire).

4) « *Les plans d'eau du couple Bénaménil-Est - Manonviller et la mare de Corny sont nettement plus profonds que les autres plans d'eau* ».

→ cet aspect ne semble pas avoir d'impact (probablement parce que la large majorité de la richesse se trouve dans les hélophytes de berge – voir chapitre suivant).

5) « *le recouvrement d'hélophytes est important à Bénaménil-Ouest et Metz-MagnyQ100* ».

→ cet aspect ne semble pas avoir un impact sur la richesse, positif ou négatif, par rapport aux autres bassins routiers (voir notamment la dispersion des valeurs sur la figure 6-4).

6) « *Ces deux mêmes bassins ont un nombre de substrats différents plus faibles que les plans d'eau* ».

→ Bénaménil-Ouest et Metz-MagnyQ100, malgré leur faible diversité en substrats, ont une meilleure richesse que Bénaménil-Est et Corny, ayant plus de substrats. Et une moins bonne richesse que les 3 autres plans d'eau, plus riches en substrats. Plus globalement, la figure 6-5 ci-dessous montre un léger impact positif du nombre de substrats (à confirmer sur un plus grand nombre d'échantillons).

7) « *la présence de poissons est significative dans Bénaménil-Est, Manonviller et la mare de Corny. Elle est probable dans la mare de Marainviller* ».

→ les poissons ne semblent pas avoir d'impact négatif sur la richesse en macro-invertébrés, en raison de la belle richesse de Manonviller et, dans une moindre mesure, de Marainviller.

8) « *en terme d'occupation des sols, seuls les deux bassins de Metz-Magny sont considérés dans un secteur fortement anthropisé (culture intensive, zone péri-urbaine)* »

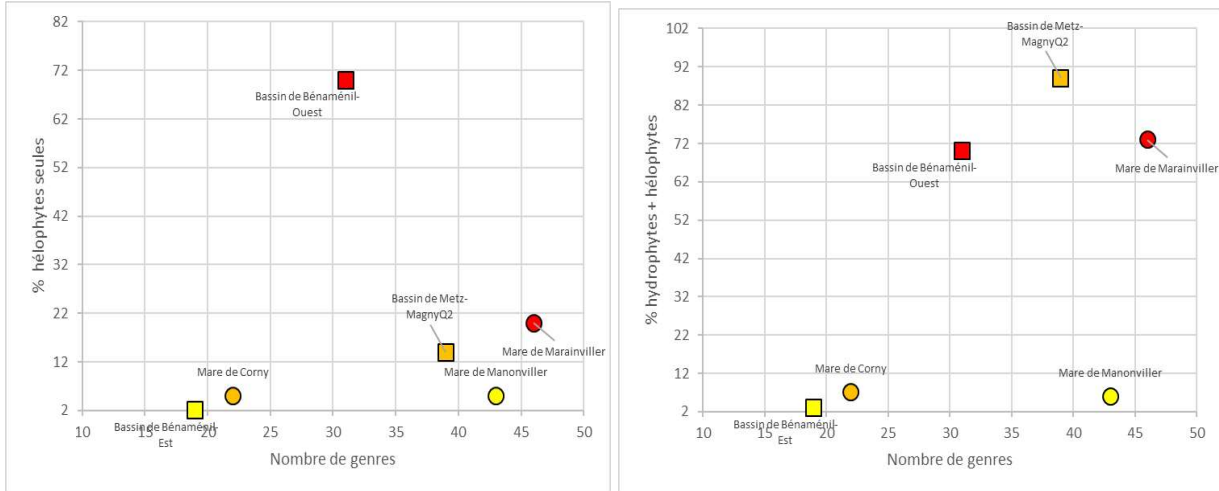
→ ce point ne semble pas avoir un impact négatif, par rapport à la richesse des autres bassins routiers. La richesse du bassin de Metz-MagnyQ2 est supérieure à celle des autres bassins routiers, ces derniers avec une occupation de sols plus naturelle.

9) « *deux facteurs peuvent perturber l'interprétation : l'alimentation par un ruisseau temporaire de Marainviller et de Corny* »

→ ce facteur peut être potentiellement positif (apport d'eau de bonne qualité, renouvellement de l'eau, circulation facilitée d'espèce ..) ou négatif (apport d'eau de mauvaise qualité). Il n'est pas possible de voir ici une tendance : Marainviller a les meilleures richesses et Corny les plus mauvaises.

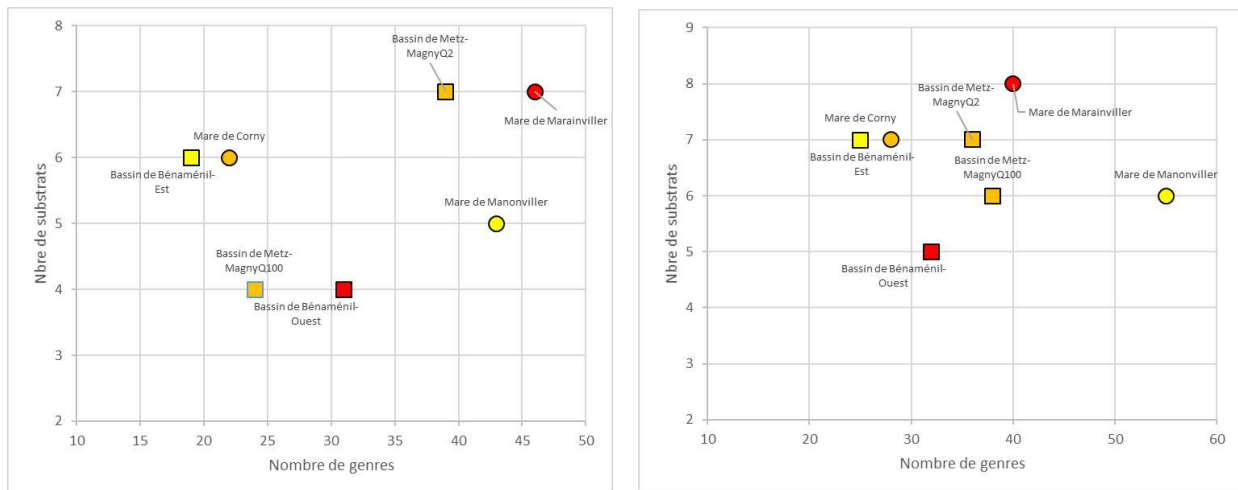
Figure 6-4 - Comparaison entre le nombre de genres et le pourcentage d'hélophytes et hydrophytes dans le plan d'eau (avril) :

Pourcentage de recouvrement par les hélrophytes seules (gauche) et des hydrophytes et hélrophytes (droite)



Légende : Metz-MagnyQ100 n'est pas pris en compte en raison des atterrissements (difficulté pour estimer le pourcentage du fond en eau).

Figure 6-5 - Comparaison entre le nombre de genres et le nombre de substrats différents prélevés : Avril (gauche) et juillet (droite)



Légende : les substrats supplémentaires (voir protocole) sont pris en compte.

6.1.1.6 Intérêt des prélèvements supplémentaires par rapport au protocole de base

Ce point est traité en annexe I.

Pour les Pleustophytes : il est difficile de trancher sur l'intérêt de ce substrat car un seul prélèvement de ce type est réalisé pour l'ensemble de l'étude (Marainviller, juillet). L'apport est faible en nombre de taxons.

Pour les « Chasses » : six substrats sont prélevés. Le nombre de taxons apporté est limité.

6.1.2 Comparaison des richesses taxonomiques par substrat

L'objectif du protocole d'échantillonnage, vu l'effort important de traitement des échantillons (volume de tri) et de détermination à l'espèce, est de doubler les prélèvements élémentaires pour les substrats hospitaliers et de ne prélever qu'une fois les substrats peu hospitaliers. Le gain de temps de tri est important, pour une perte d'information estimée négligeable.

La pertinence de ce choix est vérifiée par la comparaison du nombre de taxons par prélèvements élémentaires dans les deux tableaux ci-dessous.

La conclusion est nette : les substrats de sédiments fins (limons, vases) ou de dépôt (litières fortement décomposées), apportent peu de richesse taxonomique (Tableau 20 et Tableau 21) et peu de taxons spécifiques (voir listes taxonomiques en Annexe A).

Ce résultat est important pour notre étude : les substrats de dépôts de sédiments fins apportent peu à la biodiversité des bassins routiers, ni à leur mare de référence, dans les limites de détermination taxonomique de notre étude.

Note : nous avons pris pour la comparaison le niveau taxonomique de la famille, car c'est le niveau taxonomique déterminé pour les taxons présents dans les limons et les vases (diptères Chironomidae ...).

Ces tableaux montrent que la richesse taxonomique d'un plan d'eau, autant les bassins routiers que les mares de référence, est apportée principalement par les hélophytes de berges et les herbiers d'hydrophytes, ainsi que par les chevelus racinaires (de ligneux ou d'hélophytes), donc par les substrats vivants. Les autres substrats prioritaires 'non vivants', dont nous avons doublés les prélèvements élémentaires (branchages, litières, pierres ...) apportent un nombre limité de taxons.

Le Tableau 22 permet de chiffrer l'apport par les hélophytes en familles de macro-invertébrés. L'apport dépasse 50 % et même est de l'ordre de 80 % et plus dans la majorité des cas.

L'étude du substrat hélophytes fait l'objet du chapitre 6.3 .

Cas des substrats sédimentaires limons et vases :

Le substrat du centre du plan d'eau, en général des sédiments fins, de type limons, vases ou litières, représente une part d'autant plus importante que le plan d'eau a une plus grande superficie et une forte profondeur. Il aurait pu être intéressant de faire une comparaison des plans d'eau sur ces substrats.

Hélas, cela n'est pas possible pour les raisons suivantes :

- beaucoup de taxons de ces substrats ne sont pas liés aux milieux sédimentaires et sont récoltés parce qu'ils sont mobiles (l'éphémère *Cloeon dipterum*,...) ou planctonique (Crustacés Cladocères, Ostracodes, Copépodes...), prélevés involontairement au moment du déplacement du filet préleveur.

- les taxons dominants (moucheons Chironomidae, vers Oligochètes) ne sont pas déterminés ni à l'espèce, ni au genre avec les méthodes de traitement des échantillons classiques, selon la norme NF T90-388.
- le nombre de taxons spécifiques à ces substrats est particulièrement faible et il n'est pas possible de voir une différence significative entre bassins routiers et mares (Tableau 20 et Tableau 21).

Figure 6-6 - Adulte femelle d'*Acilius sulcatus* (Insecte, coléoptère).

Mare de Manonviller, juillet 2022. Longueur de 15 mm (photographie Pierre MAZUER / Cerema).



Tableau 20 - Nombre de familles (dès le premier individu) par substrat présent dans les plans d'eau_avril 2022 :

Substrats	Bassin de Bénaménil-Ouest 26 familles			Mare de Marainviller 35 familles			Bassin de Bénaménil-Est 17 familles			Mare de Manonviller 37 familles			Bassin de Metz (Magny) Q2 34 familles			Bassin de Metz (Magny) Q100 26 familles			Mare de Corny 19 familles		
	RichFam	N	%Fd	RichFam	N	%Fd	RichFam	N	%Fd	RichFam	N	%Fd	RichFam	N	%Fd	RichFam	N	%Fd	RichFam	N	%Fd
11_Bryophytes																			10	1	1
10_Hydrophytes (1)				18	2	53	2	1	1				19	2	45				12	1	1
9_Litières	13	2	5	9	2	5				16	2	2	12	2	5	14	2	64	6	2	10
8a_Chevelus racinaires							10	2	1	14	2	1	27	2	15						
8b_Branchages				12	2	1					1								8	2	4
7_Pierres							3	2	2												
6_Blocs facilement déplaçables																					
5_Graviers																					
4_Hélophytes	25	2	70	28	2	20	15	2	1	30	2	5	27	2	14	22	2	5	10	2	5
3_Vases	8	1	25										12	1	5						
2a_Sables																					
2b_Limons				7	1	20	6	1	94	4	1	90				7	1	30	1	1	79
1_Algues (filamenteuses) (1)													13	1	15						
0_Surfaces dures minérale				15	1	1	4	1	1	12	1	1	11	1	1	5	1	1			
Total Nbre substrats prélevés hors SS	_	5	100	_	10	100		9	100	_	8	100	_	11	100	_	6	100	_	9	100
Total Nbre substrats <u>différents</u> hors SS	_	3	_	_	6	_	_	6	_	_	5	_	_	7	_	_	4	_	_	6	_
SS : Graviers sous vase	8	1	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_
SS : tuiles	_	_	_	6	1	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_

Légende : RichFam : richesse taxonomique en famille (dès le 1^{er} individu) ; **N** : Nbre d'échantillons prélevés (voir le protocole d'échantillonnage). **SS** : substrat supplémentaire ; **%Fd** : pourcentage de recouvrement du fond ; (1) : inclus dans cette méthode les algues Characées. Les richesses taxonomiques en police rouge sont nettement plus importantes que les autres, pour chaque plan d'eau. Les substrats d'au moins 6 % de recouvrement sont surlignés en bleu. Un pourcentage de recouvrement du fond de moins de 1 % est arbitrairement fixé à 1 %.

Tableau 21 - Idem_juillet 2022 :

Substrats	Bassin de Bénaménil-Ouest 27 familles			Mare de Marainviller 31 familles			Bassin de Bénaménil-Est 30 familles			Mare de Manonviller 46 familles			Bassin de Metz (Magny) Q2 31 familles			Bassin de Metz (Magny) Q100 34 familles			Mare de Corny 25 familles		
	RichFam	N	%Fd	RichFam	N	%Fd	RichFam	N	%Fd	RichFam	N	%Fd	RichFam	N	%Fd	RichFam	N	%Fd	RichFam	N	%Fd
11_Bryophytes																			8	1	1
10_Hydrophytes (1)				17	2	50		2	1				17	2	65	18	2	35			
9_Litières	18	2	5	9	2	31	8	2	1	16	2	2	14	2	1	12	2	47			
8a_Chevelus racinaires							19	2	1	25	2	1	14	2	2				11	2	1
8b_Branchages				13	2	1					1										1
7_Pierres							11	2	2	7	2	5							9	1	1
6_Blocs facilement déplaçables																			11	1	1
5_Graviers																					
4_Hélophytes	23	2	70	18	2	15	24	2	1	38	2	7	20	2	26	27	2	10	17	2	5
3_Vases	8	1	24											1	4	8	1	7			
2a_Sables																					
2b_Limons				9	1	3	3	1	92	1	1	83							1	1	90
1_Algues (filamenteuses)	9	1	1						1				18	1	1						
0_Surfaces dures minérale							3	1	1	12	1	1	5	1	1	4	1	1			
Total Nbre substrats prélevés hors SS	–	6	100	–	9	100	–	12	100	–	10	100	–	11	100	–	8	100	–	8	100
Total Nbre substrats différents hors SS	–	4	–	–	6	–	–	7	–	–	6	–	–	7	–	–	5	–	–	6	–
SS : Pleustophytes	–	–	–	12	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
SS : Graviers sous vase	6	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
SS : Pierres sous limons	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	19	1	–	–	–	–
SS : tuiles	–	–	–	6	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
SS : branchages	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	9	1	–

Légende : idem tableau précédent

Tableau 22 - Nombre de familles (dès le premier individu) apportées par les héliophytes (2 échantillons élémentaires de 1/20 m² chacun)_avril et juillet 2022 :

Substrats (avril)	Bassin de Bénaménil-Ouest 26 familles			Mare de Marainviller 35 familles			Bassin de Bénaménil-Est 17 familles			Mare de Manonviller 37 familles			Bassin de Metz (Magny) Q2 34 familles			Bassin de Metz (Magny) Q100 26 familles			Mare de Corny 19 familles		
	RichFam	N	%Fd	RichFam	N	%Fd	RichFam	N	%Fd	RichFam	N	%Fd	RichFam	N	%Fd	RichFam	N	%Fd	RichFam	N	%Fd
4_Héliophytes	25	2	70	28	2	20	15	2	1	30	2	5	27	2	14	22	2	5	10	2	5
% (2)	96			80			88			81			79			85			53		

Substrats (juillet)	Bassin de Bénaménil-Ouest 27 familles			Mare de Marainviller 31 familles			Bassin de Bénaménil-Est 30 familles			Mare de Manonviller 46 familles			Bassin de Metz (Magny) Q2 31 familles			Bassin de Metz (Magny) Q100 34 familles			Mare de Corny 25 familles		
	RichFam	N	%Fd	RichFam	N	%Fd	RichFam	N	%Fd	RichFam	N	%Fd	RichFam	N	%Fd	RichFam	N	%Fd	RichFam	N	%Fd
4_Héliophytes	23	2	70	18	2	15	24	2	1	38	2	7	20	2	26	27	2	10	17	2	5
% (2)	85			58			80			83			65			79			68		

Légende : idem tableau précédent, avec ajout de (2) : '% de la richesse des héliophytes / richesse totale'. Les valeurs de 75 % et plus sont en police rouge

Conclusion : pour une recherche de biodiversité, les prélèvements dans les substrats peu hospitaliers ne sont pas utiles, car ils apportent peu de taxons pour un effort de traitement d'échantillons important. À l'inverse, les substrats « vivants » (végétaux) apportent la majeure partie de la biodiversité.

6.1.3 Qualité des sédiments fins et Chironomidae

Les richesses apportées par substrats vases et limons, sont particulièrement faibles autant pour les bassins routiers que pour les mares, pour le niveau de détermination taxonomique atteint. Nous avons essentiellement des Chironomidae (pour la fraction intérieure à ces substrats), pour lesquels nous ne pouvons pas aller à l'espèce avec notre matériel de détermination. Une détermination poussée à la sous-famille pour les Chironomidae est testée. Il n'y a aucune tendance de présence, entre les différents types de plans d'eau, entre les prédateurs Tanypodinae et les autres sous-familles (en majorité mangeurs de sédiments fins, broyeurs, filtreurs).

La qualité biologique des sédiments fins, permettant notamment d'évaluer le risque d'impact de substances toxiques accumulées, n'est donc pas évaluée avec précision.

6.2 Analyses sur la nature des taxons (à l'espèce)

Elles sont faites pour trois pollutions potentielles, dont la polluosensibilité des taxons est connue : pollution organique, salinité et toxicité. La thermie n'a pas été utilisée en raison d'un trop faible nombre d'espèces disposant d'une valeur de sensibilité sur le site internet Freshwaterecology.info.

Les méthodes d'analyses au niveau de l'espèce, utilisées dans ce chapitre, ont été développées par le Cerema au cours d'études antérieures (notamment Cerema, 2022 et MAZUER, 2022)

6.2.1 Taux d'espèces sensibles à la pollution organique par rapport à la référence

Ce chapitre étant technique, il est possible d'aller directement à la conclusion sur la pollution organique au chapitre 6.2.1.5 .

6.2.1.1 Définition de l'indice saprobique

Il traduit la sensibilité de taxons à la pollution organique.

L'indice saprobique IS correspond à la moyenne pour toutes les espèces i de $IS(i)$:

$$IS(i) = \text{somme } (X \times G \times H) / \text{somme } (H \times G)$$

avec

X : valence saprobique de l'espèce i (polluosensibilité, voir Tableau 23) ;

G : poids de sa valeur indicatrice (seules les espèces de poids 4, 8 et 16 sont utilisées, et non celles de poids 1 et 2) ;

H : abondance de l'espèce i .

Les niveaux saprobiques et leurs valeurs sont dans le Tableau 23.

Tableau 23 - Méthode des saprobies, niveaux et valeurs :

Niveau saprobique	Niveau de pollution	Valeur de X ou de SI (pour la méthode allemande)
Xénosaprobe	nul	0
Oligosaprobe	faible	1
Béta-mésosaprobe	modéré	2
Alpha-mésosaprobe	fort	3
Polysaprobe	Très fort	4

Légende : X : valence saprobique de l'espèce *i* (polluosensibilité) ; IS : indice saprobique pour une communauté de macro-invertébrés.

Note 1 : pour que ce type d'exploitation soit reproductible, les données à l'espèce (valeurs utilisées en Allemagne pour la valence saprobique X et la valeur indicatrice G) ont été entièrement récupérées sur le site Internet européen Freshwaterecology.info. En cas d'absence de données pour l'Allemagne, les valeurs sont reprises du pays le plus proche de notre région : Autriche, puis Tchéquie. Dans le cas où les valeurs de G sont différentes entre l'Allemagne et l'Autriche, la valeur de l'Allemagne, proche du secteur d'étude, sont conservées.

6.2.1.2 Méthodologie pour le calcul du taux d'espèces sensibles

Ce test se base sur le nombre d'espèces polluosensibles par bassin routier, selon la valence saprobique, comparée à la mare de référence.

Pour utiliser ce type d'indice, les conditions suivantes sont importantes pour mettre en évidence une perturbation de la communauté de macro-invertébrés dans les bassins pluviaux routiers :

1) la station servant de référence pour la comparaison est en (très) bon état écologique. En effet, une station de référence déjà perturbée masque l'impact éventuel d'une perturbation.

Nos mares de référence répondent à ce critère, au moins pour nos critères de recherche de secteurs (voir chapitres 3.3 à 3.5).

2) la station de référence a les mêmes caractéristiques, dans les mêmes ordres de grandeur, que la station testée, excepté celles impactées par la perturbation à mettre en évidence. Ces caractéristiques sont la typologie, la géologie, la climatologie, les caractéristiques morphologiques (surface au miroir, profondeur ...) ...

Nos mares de référence répondent à ce critère.

3) le protocole de prélèvement et de traitement des échantillons sont similaires pour toutes les stations.

C'est le cas dans notre étude. Idéalement, il aurait été souhaitable que les prélèvements élémentaires dans la mare de référence et le bassin testé soient réalisés dans les mêmes substrats et en même nombre. Cela n'a pas été possible malgré nos efforts de recherche de sites d'étude. Néanmoins, il est raisonnable d'estimer que, pour ce type de tests, la polluosensibilité des taxons n'est pas influencée par la nature des substrats.

4) le niveau taxonomique est celui de l'espèce. En effet, les niveaux supérieurs (genre, famille ...) masquent un remplacement éventuel d'espèces à l'intérieur d'un même niveau taxonomique, pouvant avoir des exigences écologiques différentes (voir par exemple la

sensibilité particulièrement variable de la salinité entre les espèces du genre de crustacés *Gammarus*). Les taxons de niveaux taxonomiques élevés sont souvent trop ubiquistes pour ce type d'analyse.

Notre protocole d'étude au niveau de l'espèce respecte ce critère. Pour information, le niveau taxonomique utilisé dans les méthodes françaises actuelles est le genre (voir notamment la méthode « plan d'eau DCE », Dedieu et Verneaux, 2017). Notre analyse est donc plus précise sur cet aspect.

Seul le taux du nombre d'espèces polluosensibles sur le nombre total d'espèces est calculé dans ce chapitre.

L'abondance des espèces polluosensibles à la pollution organique n'est pas exploité dans ce rapport en raison :

- de la réaction variable à cette pollution, même pour une espèce donnée. Beaucoup d'espèces ont d'abord une abondance stimulée par l'apport de nutriments, et ensuite une abondance diminuée en cas de forte pollution. Cette diminution est souvent due à des effets indirects, comme la désoxygénation du milieu ;
- de l'absence de données sur le volume organique de chaque taxon. En effet, la prise en compte de l'abondance seule donne plus d'importance aux espèces proliférantes en raison de la pollution organique. Elles correspondent aux espèces de stratégie de type 'r', qui produisent un grand nombre de jeunes, le plus tôt possible, avec ordinairement une mortalité très élevée. C'est une adaptation aux milieux instables et imprévisibles. A l'inverse, les espèces dites de stratégie de reproduction 'K' sont moins prise compte. Elles sont caractérisées par une reproduction rare et tardive, une durée de vie longue. Elles sont adaptées aux milieux stables. De plus, la prise en compte de l'abondance privilégie les espèces de bas volume organique par rapport à celle d'un fort volume ;
- du choix d'un protocole d'échantillonnage basé sur un nombre d'échantillons élémentaires variables sur les plans d'eau.

Par exemple, pour nos espèces, les nombreux petits vers planaires *Dugesia tigrina*, polluo-résistants, ont une bien plus forte abondance que les peu nombreux et gros trichoptères *Limnephilus lunatus*, nettement plus polluosensibles.

En l'absence dans nos plans d'eau d'espèces xenosaprobies, oligosaprobies et polysaprobies, nos calculs de disparition progressive des espèces polluosensibles est faite en créant des classes intermédiaires (en italique et grisé dans le Tableau 24) pour être plus discriminant :

Tableau 24 - Saprobies, niveaux et valeurs retenues pour le traitement des données :

Niveau de saprobie	Degré de pollution	Valeur de X ou de SI (pour la méthode allemande)	Valeur X retenue pour cette étude	Abréviation retenue dans le texte de ce rapport
Xénosaprobe	nulle	0	Sans objet	Sans objet
Oligosaprobe	faible	1	Sans objet	Sans objet
<i>Intermédiaire 'oligo-béta'</i>	<i>Faible à modérée</i>	-	<i>1,3 à 1,7</i>	<i>'Oligo-béta'</i>
Béta-mésosaprobe	modérée	2	1,8 à 2,2	'béta'
<i>Intermédiaire 'béta-alpha'</i>	<i>Modérée à forte</i>	-	<i>2,3 à 2,7</i>	<i>'béta-alpha'</i>
Alpha-	forte	3	2,8 à 3,2	'alpha'

mésosaprobe				
Polysaprobe	Très forte	4	Sans objet	Sans objet

Légende : en italique et grisé : ajout des niveaux intermédiaires

6.2.1.3 Taux d'espèces polluosensibles

Le Tableau 25 et le Tableau 26 ci-dessous montrent la situation des bassins en fonction de l'affinité des communautés de macro-invertébrés à la pollution organique. Le plan d'eau est d'autant de meilleure qualité qu'il y a de taxons classés dans les colonnes de gauche.

Tous les plans d'eau, autant les bassins routiers que leur mare de référence, sont bêta-mésosaprobés (pollution organique modérée), avec une tendance plus ou moins forte vers l'alpha-mésosaprobie (pollution forte). Peu de taxons sont alpha-mésosaprobés.

La colonne 'Cumul du % d'sp avec $X \leq 2,2$ ' nous semble un bon indicateur pour exprimer la pollution organique, dans le cas de nos plans d'eau.

Figure 6-7 - Adulte d'*Hyphydrus ovatus* (Insecte, coléoptère).

Mare de Marainviller, avril 2022. Longueur de 4,5 mm (photographie Pierre MAZUER / Cerema).



Tableau 25 - Nombre et taux d'espèces sensibles à la pollution organique dans les bassins routiers et mares_avril 2022 :

Plan d'eau	N	Nbre d'sp avec valence X (1)	Nbre d'sp avec X ≤ 1,7	Idem % d'sp	Nbre d'sp 'béta' (X = 1,8 à 2,2)	Idem % d'sp	Cumul Nbre d'sp 'béta' ≤ 2,2	<i>Cumul du % d'sp avec X ≤ à 2,2</i>	Nbre d'sp avec X de 2,3 à 2,7	Idem % d'sp (2)	Cumul Nbre d'sp Béta-mésosaprobe ≤ 2,7	<i>Cumul % d'sp ≤ 2,7</i>	Nbre d'sp avec X ≥ 2,8 ('alpha')
BR de Bénaménil-Ouest	30	20	2	10	10	50	12	60	6	30	18	90	2
Mare de Marainviller	39	27	2	7	15	56	17	63	7	26	24	89	3
BR de Bénaménil-Est	13	11	1	9	8	73	9	82	2	18	11	100	0
Mare de Manonviller	33	22	0	0	13	59	13	59	7	32	20	91	2
BR de Metz (Magny) Q2	39	19	0	0	8	42	8	42	9	47	17	89	2
BR de Metz (Magny) Q100	19	14	0	0	4	29	4	29	8	57	12	86	2
Mare de Corny	24	12	0	0	9	75	9	75	3	25	12	100	0

Légende : BR : bassin routier. N : nombre d'espèces ; Sp : espèce. En italique : cumul de classes de saprobie. Couleurs de la première ligne : vert, jaune, orange clair et foncé : niveau de pollution croissant. En gras : colonne la plus pertinente pour évaluer la pollution organique. En surligné bleu : valeurs pour les plans d'eau les moins pollués, en surligné rouge : valeurs pour les plus pollués ; (1) certaines espèces n'ont pas un indice attribué.

Tableau 26 - Idem **juillet** 2022 :

Plan d'eau	N	Nbe d'sp avec valence X (1)	Nbre d'sp avec X ≤ 1,7	Idem % d'sp	Nbre d'sp 'béta' (X = 1,8 à 2,2)	Idem % d'sp	Cumul Nbre d'sp 'béta' ≤ 2,2	Cumul du % d'sp avec X ≤ à 2,2	Nbre d'sp avec X de 2,3 à 2,7	Idem % d'sp (2)	Cumul Nbre d'sp Béta-mésosaprobe ≤ 2,7	Cumul % d'sp ≤ 2,7	Nbre d'sp avec X ≥ 2,8 ('alpha')
BR de Bénaménil-Ouest	25	14	1	7	7	50	8	57	5	38	13	93	1
Mare de Marainviller	39	23	3	13	9	39	12	52	8	35	20	87	3
BR de Bénaménil-Est	22	13	2	15	5	38	7	54	5	38	12	92	1
Mare de Manonviller	43	30	1	3	15	50	16	53	11	37	27	90	3
BR de Metz (Magny) Q2	33	19	2	11	4	21	6	32	12	63	18	95	1
BR de Metz (Magny) Q100	32	21	3	14	8	38	11	52	9	43	20	95	1
Mare de Corny	20	14	1	7	6	43	8	57	6	43	14	100	0

Légende : idem tableau précédent.

Situation en avril :

Tous les plans d'eau présentent une pollution nette mais modérée. Le bassin routier de Bénaménil-Est et la mare de Corny sont les moins dégradés (pollution organique modérée). Les autres plans d'eau ont aussi une majorité de taxons dans cette classe mais avec un pourcentage de taxons intermédiaires vers la pollution forte non négligeable (25 à 32 %).

Deux plans d'eau apparaissent plus pollués : les bassins de Metz-MagnyQ2 (42 % de taxons intermédiaires) et Metz-MagnyQ100 avec une majorité (57%) de taxons intermédiaires vers la pollution forte.

En termes d'espèces présentes, les communautés sont représentées par les espèces suivantes (plans d'eau classés dans l'ordre de pollution croissante) :

Bénaménil-Est contient essentiellement des espèces 'bêta' comme le vers planaire *Dugesia tigrina*, le trichoptère *Ecnomus tenellus* et la demoiselle *Plactycnemis pennipes*.

La mare de Corny est presque au même niveau saprobique avec les espèces différentes : l'éphémère *Caenis horaria*, ainsi que les demoiselles *Ischnura elegans* et *Plactycnemis pennipes*. L'espèce d'éphémères 'bêta-alpha' *Cloen dipterum* est bien représentée en abondance.

Bénaménil-Ouest possède encore une majorité d'espèces 'bêta' (coléoptères *Hydrovatus cuspidatus*, *Halipilus immaculatus*, gastéropodes *Hippeutis complanatus* ...) mais aussi des espèces de milieux plus pollués (par exemple les sangsues *Glossiphonia complanata* ou *Helobdella stagnalis*).

Marainviller est de qualité comparable avec une faune de 'bêta' (crustacé *Synurella ambulans*, gastéropodes *Hippeutis complanatus* et *Gyraulus crista*), associée à des espèces «'bêta-alpha' : *Cloen dipterum*, des coléoptères Dytiscidae ...), ainsi que les espèces 'alpha' (de pollution forte) comme le crustacé *Asellus aquaticus*.

Manonviller possède autant d'espèces 'bêta' que d'espèces 'bêta-alpha', mais avec une forte abondance d'*Asellus aquaticus*.

Metz-MagnyQ2 a une communauté dominée par les espèces 'bêta-alpha', notamment *Cloen dipterum*. Metz-MagnyQ100 voit diminuer encore la proportion d'espèce 'bêta' mais toujours avec la dominance de *Cloen dipterum*.

Situation en juillet :

La pollution saprobique est toujours nette, mais modérée. La situation entre les plans d'eau est plus uniformisée : les écarts sont peu significatifs, sauf pour Metz-MagnyQ2, qui apparaît plus dégradé que les autres plans d'eau, avec une large dominance d'espèces 'bêta-alpha'.

Comparaison en avril et juillet :

Le niveau saprobique par bassins est très proche entre les deux saisons, mais avec une dégradation plus forte en juillet, sauf pour le bassin de Metz-MagnyQ100.

Les plans d'eau peuvent être classés en avril et juillet du moins pollué vers le plus pollué dans le Tableau 38, en fonction du pourcentage d'espèces dans chaque classe de qualité. Le résultat est nettement différent du classement réalisé *a priori* dans le Tableau 6 de synthèse.

Comparaison avec la mare de référence :

Si l'on compare, pour chaque bassin et sa mare de référence (Tableau 27 et Tableau 28), le pourcentage d'espèces polluosensibles dans deux cas (espèces entre oligosaprobies et béta-mésosaprobies avec $X \leq 1,7$) et espèces incluant les béta-mésosaprobies ($X \leq 2,2$), nous ne percevons pas une forte régression du 'taux du nombre d'espèces polluosensibles', excepté pour le bassin de Metz-MagnyQ100 en avril (et dans une moindre mesure le bassin de Metz-MagnyQ2 en avril et juillet).

Tableau 27 - Taux du nombre d'espèces polluosensibles des bassins routiers par rapport à leur mare de référence_avril 2022 :

Plan d'eau	Espèces à valence saprobique $\leq 1,7$		Espèces à valence saprobique $\leq 2,2$	
	% d'espèces	Taux	% d'espèces	Taux
Bassin routier de Bénaménil-Ouest sur la N4	10	100	60	95
Mare de Marainviller	7	Sans objet	63	Sans objet
Bassin routier de Bénaménil-Est sur la N4	9	Calcul non possible	82	100
Mare de Manonviller	0	Sans objet	59	Sans objet
Bassin routier de Metz (Magny) Q2 sur la RN431	0	Calcul non possible	42	56
Bassin routier de Metz (Magny) Q100 sur la RN431	0	Calcul non possible	29	39
Mare de Corny	0	Sans objet	75	Sans objet

Tableau 28 - *Idem* juillet 2022 :

Plan d'eau	Espèces à valence saprobique $\leq 1,7$		Espèces à valence saprobique $\leq 2,2$	
	% d'espèces	Taux	% d'espèces	Taux
Bassin routier de Bénaménil-Ouest sur la N4	8	62	57	100
Mare de Marainviller	13	Sans objet	52	Sans objet
Bassin routier de Bénaménil-Est sur la N4	15	100	54	100
Mare de Manonviller	3	Sans objet	53	Sans objet
Bassin routier de Metz (Magny) Q2 sur la RN431	11	100	32	56
Bassin routier de Metz (Magny) Q100 sur la RN431	14	100	52	91
Mare de Corny	7	Sans objet	57	Sans objet

6.2.1.4 Indice saprobique

Malgré le fait que le nombre d'échantillons élémentaires et les types de substrats ne sont pas identiques entre les plans d'eau, nous avons calculé l'indice saprobique, qui prend en compte les densités. Ce calcul n'a donc qu'une valeur informative. Notons que même dans le cas de l'application classique, une imprécision existe : la nature de substrats prélevés est différente selon les stations, ce qui influe fortement sur les abondances par station, car la proportion des densités peut changer selon les substrats.

Nous avons fait aussi le calcul en présence / absence (chiffre entre parenthèses dans le Tableau 29).

Il est rappelé qu'un indice faible traduit une meilleure qualité (Tableau 24).

Le résultat est moins discriminant que notre analyse précédente (colonne 'Cumul du % d'sp avec $X \leq 2,2$ '). Tous nos plans d'eau subissent une pollution organique modérée (milieu béta-mésosaprobe, indice de 1,8 à 2,2) ou intermédiaire 'pollution modérée à forte' (indice de 2,3 à 2,7).

Le classement est différent des chapitres précédents et nous semble beaucoup moins pertinent : par exemple la mare de Corny est au même niveau de pollution que le bassin de Bénaménil-Ouest, à l'inverse de tous les autres indices calculés dans ce rapport.

L'indice saprobique ne nous semble donc pas pertinent dans notre cas d'étude.

Tableau 29 - Indice Saprobique dans les bassins routiers et mares, avril et juillet :

Plan d'eau	Nombre d'espèces N	Indice saprobique Avril (1)	Indice saprobique juillet (1)
Bassin routier de Bénaménil-Ouest sur la N4	30	1,9 (2,2)	2,2 (2,1)
Mare de Marainviller	39	2,2 (2,2)	2,3 (2,2)
Bassin routier de Bénaménil-Est sur la N4	13	2,3 (2,0)	2,3 (2,2)
Mare de Manonviller	33	2,6 (2,3)	2,4 (2,2)
Bassin routier de Metz (Magny) Q2 sur la RN431	39	2,3 (2,3)	2,4 (2,3)
Bassin routier de Metz (Magny) Q100 sur la RN431	19	2,4 (2,4)	2,3 (2,2)
Mare de Corny	24	2,1 (2,2)	2,3 (2,2)

Légende : (1) : le chiffre entre parenthèses correspond à l'indice sans prise en compte des abondances (seulement la présence / absence)

6.2.1.5 Conclusion pour la pollution organique

Le taux d'espèces sensibles est le plus discriminant des indicateurs testés. Il montre le classement suivant en avril, des moins pollués au plus pollué : 1) le bassin routier de Bénaménil-Est, 2) les trois mares de référence et le bassin routier de Bénaménil-Ouest, et enfin 3) les deux bassins routiers de Metz-Magny, ces deux derniers bassins recevant un trafic routier de 27 000 véhicules par jour. Ce résultat est nettement différent de celui attendu, qui était des mares de référence moins polluées.

Le meilleur indicateur de pollution organique est le pourcentage d'espèces dont la valeur saprobique est inférieure ou égale à 2,2 (voir la colonne 'Cumul du % d'sp avec $X \leq 2,2$ ')

dans le Tableau 25).

Pour le mois de juillet, les communautés sont d'une qualité trop proche. Les écarts ne sont pas significatifs pour les indicateurs utilisés, excepté pour le bassin de Metz-MagnyQ2 qui apparaît plus dégradé.

6.2.2 Pollution saline

Ce chapitre étant technique, il est possible d'aller directement à la conclusion sur la pollution saline au chapitre 6.2.2.3 .

Deux outils peuvent être utilisés : l'indice de salinité « Salinity preference II » disponible sur le site Freshwaterecologie.info et les travaux de Piscart (2011) sur la salinité.

6.2.2.1 Indice de salinité d'après Freshwaterecologie.info

Les indices « Salinity preference II » (voir Tableau 30) par espèce sont disponibles sur : <https://www.freshwaterecology.info/>.

La dernière colonne du Tableau 30 indique l'indice par classe de salinité. La valeur de salinité attribuée à chaque espèce (Tableau 31) est le barycentre la distribution de sa présence dans les classes de salinité.

Tableau 30 - Indices de salinité, disponibles sur le site freshwaterecology.info (paramètre « Salinity preference II » :

Classe	Abréviation anglaise	Salinité	Indice retenue
Eau douce	salfr	Inférieure à 0.5‰	1
oligohaline	salol	Entre 0.5‰ et 5‰	2
mesohaline	salme	entre 5‰ et 18‰	3
polyhaline	salpo	entre 18‰ et 30‰	4
euhaline	saleu	Supérieure à 30‰	5

Le Tableau 31 montre que nous avons 9 à 23 espèces par plan d'eau disposant d'un indice de salinité. Nous avons retenu deux classes :

- 1) les espèces d'eau douce (indice de salinité de 1 à 1,2)
- 2) les espèces intermédiaires entre les eaux douces et des eaux oligohalines (indices de salinité de 1,2 à 1,6).

Ce tableau montre que :

- a) le pourcentage d'espèces d'eau douce stricte (classe 1) est variable selon les plans d'eau (de 20 à 60 %) ;
- b) le nombre d'espèces intermédiaires (classe 2) est important (40 à 80 %),
- c) il n'y a pas de tendance montrant une baisse du pourcentage d'espèces d'eau douce, entre les bassins routiers et leur mare de référence. En effet, ce pourcentage d'espèces d'eau douce est équivalent à celui de sa mare de référence pour le bassin de Bénaménil-

Ouest, supérieur à sa mare de référence pour Bénaménil-Est, et inférieur pour les bassins de Metz-Magny.

Tableau 31 - Nombre et taux d'espèces sensibles à la salinité dans les bassins routiers et mares, pour l'indice de « salinity II » et l'indice de Priscart_avril 2022 :

Plan d'eau	Nbre d'sp	Nbre d'sp avec indice de salinité (1)	Sp avec Indice de 1 à 1,2 (eau douce)	% (2)	Sp avec indice de 1,2 à 1,6 (intermédiaire eau douce et oligohaline)	Nbre d'sp avec indice de salinité de Piscart -CL50 (72h) (3)	Sp avec CL50 de 10 à 20	Sp avec CL50 de 20 à 30	Sp avec CL50 de 30 à 40	Sp avec CL50 de 40 à 50
BR de Béna-ouest	30	12	4	33	8	4	2	1	0	1
Mare de Marainviller	39	20	6	30	14	7	3	2	1	1
BR de Béna-est	13	((9	6	((67	4	4	1	0	0	3
Mare de Manonviller	33	23	11	48	12	6	2	1	0	3
BR de Metz (Magny) Q2	39	23	8	35	16	7	2	2	1	2
BR de Metz (Magny) Q100	19	15	3	20	12	4	1	1	1	1
Mare de Corny	24	14	7	50	7	3	0	0	0	3

Légende : certaines espèces n'ont pas un indice attribué (1) indice « Salinity préférence II » (disponibles sur : <https://www.freshwaterecology.info/>), (2) % d'espèces ayant un indice de salinité de 1 à 1,2. (3) L'indice de salinité des espèces est exprimé en mS/cm pour la CL50 (72h) d'après les travaux de Piscart (2004, 2011). Nombre précédé de ((: nombre insuffisant de taxons pour ce type d'analyse.

La colonne ' % Sp avec Indice de 1 à 1,2 (eau douce)' nous semble un bon indicateur pour exprimer la pollution saline, dans le cas de nos plans d'eau.

En traduisant sous forme d'indice par plan d'eau ces valeurs de salinité à l'espèce, en reprenant la formule de l'indice saprobique, nous obtenons des valeurs proches (Tableau 32), notamment sans écart significatif entre bassins routiers et mares de référence.

Tableau 32 - Indices de salinité « Salinity preference II » disponible sur le site Freshwaterecology.info dans les bassins routiers et mares, tous substrats confondus, y compris « chasse » :

Plan d'eau	Nombre d'espèces	Indice de salinité
Bassin routier de Bénaménil-Ouest sur la N4	12	1,2 (1,2)
Mare de Marainviller	20	1,3 (1,2)
Bassin routier de Bénaménil-Est sur la N4	((9	((1,1 (1,1)
Mare de Manonviller	23	1,3 (1,1)
Bassin routier de Metz (Magny) Q2 sur la RN431	23	1,3 (1,2)
Bassin routier de Metz (Magny) Q100 sur la RN431	15	1,3 (1,3)
Mare de Corny	14	1,2 (1,2)

Légende : (1) : le chiffre entre parenthèses correspond à l'indice sans prise en compte des abondances (seulement la présence / absence). Nombre précédé de ((: nombre insuffisant de taxons pour ce type d'analyse.

6.2.2.2 Sensibilité à la salinité d'après Piscart

Piscart (2011), après un travail sur la Meurthe aval (rejets des soudières) et une étude bibliographique, donne des valeurs de sensibilité à la salinité pour une 60^{aine} d'espèce de France, en prenant leur concentration létale pour la moitié des individus d'un échantillon en 72 heures, appelée CL50 (72h). La CL50 (72h) varie de 2,1 mS/cm pour une espèce sensible comme le trichoptère *Rhyacophila dorsalis*, à 46,9 mS/cm pour l'écrevisse américaine (*Orconectes limosus*), très peu sensible.

Parmi ces espèces, un faible nombre se retrouvent dans notre étude (3 à 7 espèces selon nos plans d'eau, Tableau 31). Ce qui est insuffisant pour ce type d'analyse. Pour information, nous avons réparti ces espèces selon 4 classes de CL50 (4 dernières colonnes du Tableau 31). Aucun écart de salinité ne se dégage entre les plans d'eau, et notamment entre bassins routiers et leur mare de référence.

Pour exprimer ces résultats sous forme d'indice par plan d'eau, nous avons repris la formule de l'indice saprobique (Tableau 33 ci-dessous). Les indices obtenus sont dans la même gamme de valeurs, comme nous le laissait supposer le Tableau 31. La valeur pour Corny n'est pas significative, l'indice est élevé par la présence de trois espèces de libellule, ayant un indice de tolérance au sel élevé.

Tableau 33 - Indices de salinité, adapté d'après Piscart dans les bassins routiers et mares, tous substrats confondus, y compris « chasse »_avril 2022 :

Plan d'eau	Nombre d'espèces	Indice de salinité (1)
Bassin routier de Bénaménil-Ouest sur la N4	((4	22 (23)
Mare de Marainviller	((7	24 (22)
Bassin routier de Bénaménil-Est sur la N4	((4	16 (39)
Mare de Manonviller	((6	23 (32)
Bassin routier de Metz (Magny) Q2 sur la RN431	((7	26 (28)
Bassin routier de Metz (Magny) Q100 sur la RN431	((4	24 (30)
Mare de Corny	((3	50 (47) voir commentaire

Légende : (1) Indice de salinité exprimé en mS/cm pour la CL50 (72h) d'après les travaux de Piscart (2004, 2011). Le chiffre entre parenthèses correspond à l'indice sans prise en compte des abondances (seulement la présence / absence). Nombre précédé de ((: nombre insuffisant de taxons pour ce type d'analyse.

6.2.2.3 Conclusion sur la salinité

En conclusion sur la salinité, il n'est pas constaté un impact de la salinité sur les bassins routiers sur nos listes taxonomiques. Le bassin routier de Bénaménil-Est semble le moins impacté. Inversement la mare de Marainviller, une des plus naturelles *a priori*, est plus impactée.

Le meilleur indicateur de la pollution saline nous semble être le paramètre 'Salinity preference II' (voir la colonne ' % Sp avec Indice de 1 à 1,2 (eau douce)' du Tableau 31), dans le cas de nos plans d'eau.

6.2.3 Pollution toxique (indice SPEAR)

Ce chapitre étant technique, il est possible d'aller directement à la conclusion sur la pollution toxique au chapitre 6.2.3.3 .

6.2.3.1 Définition de l'indice SPEAR

L'indice « SPEAR pesticide » est un indice conçu à l'origine pour évaluer la pollution par pesticides, mais l'usage est de considérer que cet indice peut être utilisé comme un indice de pollution de type toxique, en l'absence d'autres indices de toxicité. Il est défini de la manière suivante :

« Les taxons sont divisés en espèces sensibles ("SPECies At Risk", abrégé SPEAR) et non sensibles ("species not at risk"), en se basant sur leurs traits écologiques. Les traits écologiques utilisés sont : la sensibilité physiologique aux polluants organiques, la durée d'une génération, l'exposition dans l'eau pendant la période d'exposition maximum aux insecticides et capacité à migrer vers un refuge », d'après la publication de Liess (M), Von Der Ohe (PC), 2005.

Plus l'indice est élevé sur une station d'étude, plus il y a d'espèces sensibles à la pollution toxique (donc un milieu de bonne qualité), et inversement, plus l'indice est faible, plus il y a d'espèces peu sensibles (milieu dégradé)

Chaque espèce se voit attribuer l'indice 1 si elle est sensible à la pollution aux pesticides, sinon l'indice 0. La valeur attribuée à chaque espèce est donc peu précise et binaire (sensible / non sensible). La valeur pour chaque espèce est disponible sur : <https://www.freshwaterecology.info/>.

6.2.3.2 Résultats

Nous avons calculé le pourcentage du nombre d'espèces à risque (A) sur le nombre d'espèces disposant d'une valeur SPEAR (S) dans les tableaux 34 et 35.

Pour l'ensemble des bassins routiers et mares, les valeurs ne sont pas faciles à interpréter en valeur absolue, même s'il ressort que la mare de Corny est la moins dégradée, à l'inverse du bassin de Bénaménil-Ouest.

Note : en valeur absolue du nombre d'espèces SPEAR (tableaux 34 et 35), en retirant le cas particulier de Bénaménil-Est (voir le commentaire ci-dessous), les deux bassins recevant le plus fort trafic routier (MetzMagnyQ2 et Q100) et situés dans un paysage d'agriculture intensive ont un indice meilleur que celui recevant un trafic plus faible (Bénaménil-Ouest) et dans un paysage d'élevage, plus naturel. Ce résultat, opposé à celui attendu, pourrait être dû au fait que les deux bassins de Metz sont nettement plus récents et ont donc accumulé moins de toxiques.

Par contre, l'analyse montre que le nombre d'espèces à risque (indicateur d'une faible pollution de type toxique) est nettement, en pourcentage (A/S), plus faible dans les bassins routiers par rapport à leur mare de référence, excepté pour le bassin de

Bénaménil-Est. Ces bassins routiers peuvent donc être considérés comme plus pollués par une pollution de type toxique que les mares de référence.

Le bassin routier de Bénaménil-Est contient le plus d'espèces sensibles en avril (dont 5 espèces de trichoptères et 3 espèces de demoiselles). Mais ce résultat doit être relativisé car le nombre d'espèces déterminées est faible, comparé à celui des 6 autres plans d'eau.

La mare de Corny apparaît comme le plan d'eau avec le plus d'espèces sensibles, suivi des mares de Manonviller et Marainviller.

Tableau 34 - Pourcentage du nombre des espèces SPEAR, de 0 (mauvais) à 100 (bon), dans les bassins routiers et mares_avril 2022 :

Plan d'eau	Nombre d'espèces	S Nombre d'espèces avec indice SPEAR	A Nombre d'espèces à risque	Rapport A / S en %
Bassin routier de Bénaménil-Ouest sur la N4	30	28	2	7
Mare de Marainviller	39	37	8	22
Bassin routier de Bénaménil-Est sur la N4	13	13	10	77 (1)
Mare de Manonviller	33	29	9	31
Bassin routier de Metz (Magny) Q2 sur la RN431	39	37	7	19
Bassin routier de Metz (Magny) Q100 sur la RN431	19	19	4	21
Mare de Corny	24	22	11	50

Légende : (1) voir le texte ; les écarts significatifs entre les bassins routiers et les mares de référence sont surlignés avec les couleurs suivantes : bassins nettement plus favorables par rapport à la mare de référence (en vert), bassins moins favorables : en orange ou rouge selon l'écart.

Tableau 35 - Idem_juillet 2022 :

Plan d'eau	Nombre d'espèces	S Nombre d'espèces avec indice SPEAR	A Nombre d'espèces à risque	Rapport A / S en %
Bassin routier de Bénaménil-Ouest sur la N4	24	24	2	8
Mare de Marainviller	39	35	6	17
Bassin routier de Bénaménil-Est sur la N4	22	22	5	23
Mare de Manonviller	43	40	8	20
Bassin routier de Metz (Magny) Q2 sur la RN431	33	30	4	13
Bassin routier de Metz (Magny) Q100 sur la RN431	32	32	6	19
Mare de Corny	20	19	6	32

Légende : idem tableau précédent.

L'indice SPEAR ci-dessous, calculé en utilisant cette fois-ci le pourcentage d'abondances entre les taxons sensibles et non sensibles (Tableau 36 et Tableau 37), confirme ce résultat, tout en étant plus significatif.

La mare de Corny a une qualité nettement supérieure, pour ce paramètre, à celle des autres plans d'eau, avec 63 % d'abondance d'espèces sensibles en avril (22 % en juillet).

Les bassins routiers ont une qualité bien inférieure à Corny (par exemple inférieure 1 % pour Bénaménil-Ouest en avril) et sont tous au même niveau de qualité, excepté Bénaménil-Est).

Les deux mares de Marainviller et Manonviller semblent subir ou avoir subies une pollution toxique non négligeable.

Tableau 36 - Rapport entre l'abondance d'espèces SPEAR et l'abondance totale, de 0 (mauvais) à 100 (bon), dans les bassins routiers et mares_ avril 2022 :

Plan d'eau	Nombre d'espèces	Nombre d'espèces avec indice SPEAR	T Abondance totale	Ab Abondance espèces à risque	SPEAR Rapport Ab / T en %
Bassin routier de Bénaménil-Ouest	30	28	848	6	0,7
Mare de Marainviller	39	37	1871	173	9
Bassin routier de Bénaménil-Est	13	13	257	62	24
Mare de Manonviller	33	29	1941	128	7
Bassin routier de Metz (Magny) Q2	39	37	1482	58	4
Bassin routier de Metz (Magny) Q100	19	19	713	16	2
Mare de Corny	24	22	163	102	63

Légende : idem tableau 34.

Tableau 37 - Idem **juillet** 2022 :

Plan d'eau	Nbre d'sp	Nombre d'espèces avec indice SPEAR	T Abondance totale	Ab Abondance espèces à risque	SPEAR Rapport Ab / T en %
Bassin routier de Bénaménil-Ouest	24	24	368	12	3
Mare de Marainviller	39	35	3429	362	11
Bassin routier de Bénaménil-Est	22	22	595	54	9
Mare de Manonviller	43	40	1360	144	11
Bassin routier de Metz (Magny) Q2	33	30	565	13	2
Bassin routier de Metz (Magny)Q100	32	32	866	28	3
Mare de Corny	20	19	774	172	22

Légende : idem tableau précédent.

6.2.3.3 Conclusion pour la pollution toxique

Les indices SPEAR montrent l'impact d'une toxicité plus importante, dans trois bassins sur les quatre, par rapport à leur mare de référence. En avril, seul le bassin de Bénaménil-Est semble peu impacté.

Le résultat, montrant un milieu plus toxique pour les bassins de Bénaménil-Ouest par rapport à ceux de MetzMagny, pourrait être lié à l'âge des bassins et donc la durée d'accumulation de toxiques.

Le déclassement de la mare de Marainviller, surtout en juillet, est surprenant (en raison de pollution agricole ?). Les mares de Marainviller et Manonviller ont une qualité bien inférieure à celle de Corny.

Les communautés de macro-invertébrés d'avril sont plus discriminantes que celles de juillet.

La colonne 'Rapport A (espèces à risque) / S (nombre total d'espèces)' nous semble un bon indicateur pour exprimer la pollution organique, dans le cas de nos plans d'eau.

L'indice utilisant les abondances semblent être le plus discriminant (Rapport Ab (abondance espèces à risque) / S (abondance totale)').

6.2.4 Synthèse sur les indices de pollution

Les trois critères de pollution (saprobie, salinité et toxicité, Tableau 38) aboutissent à une classification de niveau de pollution assez différent de celui attendu *a priori* (Tableau 6).

Note : la colonne sur la pollution saline est à titre indicatif au vu du faible impact de cette pollution.

Figure 6-8 - larve aquatique de *Caenis robusta* (Insecte, éphémère).

Longueur 4 mm. Partie postérieure avec cerques cassés. Bassin de Metz-MagnyQ2, avril 2022 (photographie Pierre MAZUER / Cerema)



Tableau 38 - Classement de la qualité chimique des plans d'eau :

Classement du moins au plus pollué (théorie, voir le Tb 6)	Plan d'eau	Sources de perturbation identifiées	Pollution organique (saprobie) Classement Avril / juillet	Pollution saline Classement Avril	Pollution toxique SPEAR Classement Avril / juillet	Classement final, du moins au plus pollué
1	Mare de Corny		2 / ND	2	2 / 1	2
2	Mare de Marainviller	apport d'un ruisseau temporaire venant d'une zone de culture	4 / ND	4	4 / 5	4
3	Mare de Manonviller	rejet historique d'une habitation	5 / ND	2	3 / 3	3
4	Bassin routier de Bénaménil-Est sur la N4	Rejet routier, 10 000 véh/J.	1 / ND	1	1 / 2	1
5	Bassin routier de Bénaménil-Ouest sur la N4	Rejet routier, 10 000 véh/J. Aspect plus pollué que le précédent	3 / ND	4	7 / 7	5
6	Bassin routier de Metz (Magny) Q100 sur la RN431	Rejet routier, 27 000 véh/J mais épuration préalable par 1 ^{er} bassin, de Metz-MagnyQ2 ci-dessous.	7 / ND	7	5 / 4	6
7	Bassin routier de Metz (Magny) Q2 sur la RN431	Rejet routier, 27 000 véh/J	6 / ND	4	6 / 6	7

Légende : Tb : tableau ; NC : non discriminant. Les mares avec le même classement sont considérées avec le même niveau de pollution. Les bassins routiers sont sur des lignes grisées. Les valeurs surlignées en rouge sont les 4 plus mauvaises.

En conclusion, pour les trois critères, le plan d'eau de meilleure qualité est le bassin routier de Bénaménil-Est. Les trois mares sont ensuite classées dans l'ordre suivant : Corny, Manonviller, Marainviller. Le bassin routier de Bénaménil-Ouest semble peu impacté par la pollution organique mais plus par la pollution toxique. Les deux bassins routiers de Metz-Magny sont les plus pollués, sur presque tous les critères.

6.2.5 Espèces remarquables

Les espèces remarquables sont définies habituellement selon trois critères : espèces protégées (accords internationaux ou réglementation française), espèces menacées (listes rouges de l'UICN) et espèces déterminantes ZNIEFF (c'est-à-dire permettant le classement en ZNIEFF).

Les espèces trouvées dans nos listes faunistiques ne sont concernées que par les listes UICN et les listes d'espèces déterminantes ZNIEFF (Tableau 39). Une espèce rare dans notre région a été ajoutée à ce tableau.

La présence d'espèces remarquables ne préjugent pas de la qualité de l'eau. Mais de manière générale, elles sont plus rares ou leur présence plus fragile par rapport aux autres espèces.

6.2.5.1 Espèces UICN :

Quatre niveaux d'espèces menacées existent : CR (en danger critique), EN (En danger), VU (vulnérable) et NT (quasi-menacé, c'est-à-dire proche du seuil des espèces menacées). Seules des espèces de niveau VU et NT sont dans nos relevés.

Deux espèces de mollusques bivalves sont vulnérables (VU), ***Pisidium conventus*** et ***Anodonta anatina***. Ces deux espèces sont uniquement trouvées dans les mares de référence, en petite abondance. Notons que l'espèce *Anodonta anatina* est en un seul exemplaire dans la liste de mare de Corny car trouvée suite à une chasse spécifique réalisée après avoir vu des coquilles en berge.

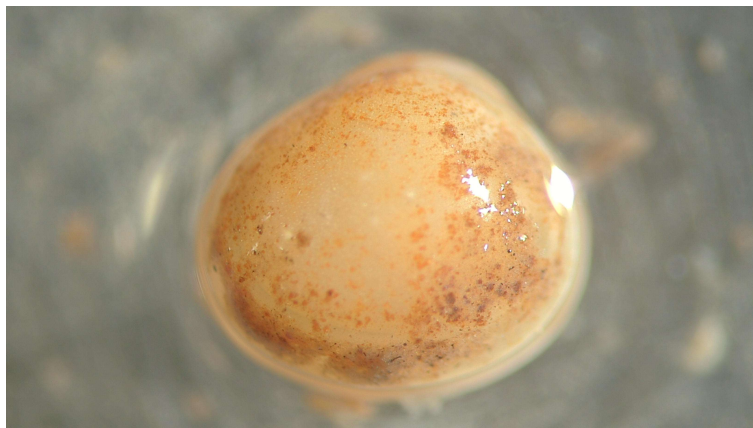
Figure 6-9 - *Anodonta anatina* (Mollusque bivalve).

Longueur environ 85 mm. Mare de Corny. Photographie prise sur le terrain dans le tamis, individu vivant relâché, juillet 2022 (photographie Pierre MAZUER / Cerema) :



Figure 6-10 - *Pisidium conventus* (Mollusque bivalve).

Longueur 2 mm. Mare de Marainviller, avril 2022. (photographie Pierre MAZUER / Cerema) :



Une espèce de demoiselle, *Sympetrum vulgatum*, ayant le statut NT (espèce quasi-menacée), a été trouvée dans la mare de Metz-MagnyQ2 (un seul individu). Cette présence n'est pas significative.

6.2.5.2 Espèces déterminantes ZNIEFF

Le Conseil scientifique régional du patrimoine naturel de Lorraine a validé des listes d'espèces classées selon trois niveaux : espèce déterminante de niveau 1 (espèce prioritaire, protégée ou très rare régionalement), déterminante de niveau 2 (rare), et de niveau 3 (soit espèce parapluie de milieu en bon état, soit espèce peu commune ou localisée, soit espèce en limite de son aire de répartition).

1) Une seule espèce, représentée par un seul individu au printemps dans la mare de Corny, *Nemoura sciurus*, est classée déterminante ZNIEFF de niveau 2. Cette espèce de ruisseau est ici anecdotique, car elle provient certainement du ruisseau de côte calcaire, en milieu forestier, alimentant la mare une partie de l'année. C'est une espèce globalement polluosensible.

Figure 6-11 - larve aquatique de *Nemoura sciurus* (Insecte Plécoptère).

Longueur : 8 mm, sans les cerques. Mare de Corny, avril 2022 (photographie Pierre MAZUER) :



2) Trois espèces déterminantes ZNIEFF de niveau 3 de trichoptères libres du genre **Holocentropus** sont déterminées, en faible abondance. Seul *H. picicornis* est significativement présent. Il se trouve dans les bassins routiers de Metz-Magny. Ces trois espèces sont caractéristiques d'une pollution organique modérée à forte (valence saprobique de 2,5) mais sont considérées comme sensibles aux pollutions toxiques.

3) Une seule espèce de libellule est déterminante ZNIEFF de niveau 3, **Orthetrum albistylum**. Cette espèce est sensible à la pollution toxique. A l'origine présente au sud de la France, elle semble avoir une répartition géographique s'étendant vers le nord.

6.2.5.3 Autres cas

1) L'hétéroptère (« punaise » aquatique) ***Cymatia rogenhoferi*** est rare dans notre région (Jacquemin, 2005). Cette espèce a une vaste distribution du Maghreb à la Sibérie et à l'Inde. En Europe, elle est signalée surtout en Europe Centrale et autour du Bassin Méditerranéen. Elle est peu signalée en France. Gilles Jacquemin l'a identifiée pour la première fois en Lorraine dans l'étang du Lindre en 2005.

L'écologie de cette espèce est mal connue : pour TAMANINI (1979), cette espèce fréquente les eaux stagnantes halophiles qui présentent une riche végétation. Pour BRAASCH (1989), elle n'est pas strictement liée aux eaux salées et colonise les mares récentes, ouvertes, présentant de fortes variations de température (espèce probablement thermophile), où abondent les algues filamenteuses, les hydrophytes, parfois des Characées. Cet auteur remarque que cette espèce apparaît et disparaît soudainement dans des milieux néoformés, à tel point qu'il utilise le terme de « migrations suicides » pour caractériser ce comportement. Pour ELDER (2002), dans l'unique station dans la Manche, la rare végétation aquatique est composée de Chlorophycées et de Characées. L'eau est douce et, à 14° C, présente un pH de 7,7 et un taux de 2 mg/l de CO₂ dissout. Gilles Jacquemin cite une forte population (espèce très largement dominante), dans une mare saumâtre envahie de Naiadacées, au pied d'un terribil des Potasses d'Alsace (site minier "Marie-Louise", Feldkirch (Haut-Rhin), 1996).

La présence d'un individu dans le bassin routier de Metz-MagnyQ2 en avril reste cohérent avec ses préférences écologiques : présence d'herbiers de Characées, salinité variable au cours de l'année, forte température l'été en raison de la faible hauteur d'eau.

Figure 6-12 - Adulte de *Cymatia rogenhoferi* (Insecte Hétéroptère).

Longueur : 7 mm. Bassin routier de Metz-MagnyQ2, avril 2022 (photographie Pierre MAZUER / Cerema) :



2) Le crustacé *Synurella ambulans* est ajouté à cette liste d'espèces remarquables pour information, car il ne figure pas dans la dernière clé de détermination des Crustacés Amphipodes publiée pour la France (PISCART (C) et BOLLACHE (L), 2012). L'espèce est par contre bien décrite dans deux clés allemandes (EGGERS et MARTENS, 2001 et Landesamt Nordrhein-Westfalen, 2010).

L'espèce est caractéristique d'une pollution organique modérée mais peu sensible aux toxiques.

Figure 6-13 - *Synurella ambulans* (Crustacé amphipode).

Longueur : 7 mm. Corps et détail de l'œil. Mare de Marainviller, avril 2022 (photographie Pierre MAZUER / Cerema) :



Tableau 39 - Liste des espèces remarquables dans les bassins routiers et mares en avril (en haut) et juillet (en bas) 2022 :

Taxon	Mare de réf - Marainviller, 21/04/2022	Bassin de Bénaménil-ouest 21/04/2022	Mare de réf - Manonviller, 22/04/2022	Bassin de Bénaménil-est 22/04/2022	Mare de réf - Corny, 20/04/2022	Bassin de Metz (Magny) - Q2 20/04/2022	Bassin de Metz (Magny)_Q10 0, 20/04/2022	Total abondance	Liste UICN France (CR/ EN/ VU /NT)	Espèce déterminante ZNIEFF Niveau 2	Espèce déterminante ZNIEFF Niveau 3	Espèce rare / région	Espèces remarquables
<i>Nemoura sciurus</i>					1			1		1			1
<i>Holocentropus dubius</i>						2		2			1		1
<i>Holocentropus picicornis</i>			1			4	11	16			1		1
<i>Cymatia rogenhoferi</i>						1		1				1	1
<i>Orthetrum albistylum</i>			2			4		6			1		1
<i>Pisidium conventus</i>	1		8					9	VU				1
Total	1	0	11	0	1	11	11	35	0	1	3	1	6

Taxon	Mare de réf - Marainviller, 04/07/2022	Bassin de Bénaménil-ouest 04/07/2022	Mare de réf - Manonviller, 05/07/2022	Bassin de Bénaménil-est 05/07/2022	Mare de réf - Corny, 06/07/2022	Bassin de Metz (Magny) - Q2 07/07/2022	Bassin de Metz (Magny)_Q10 0, 07/07/2022	Total abondance	Liste UICN France (CR/ EN/ VU /NT)	Espèce déterminante ZNIEFF Niveau 2	Espèce déterminante ZNIEFF Niveau 3	Espèce rare / région	Espèces remarquables
<i>Holocentropus dubius</i>						1		1			1		1
<i>Holocentropus picicornis</i>			2			8	3	13			1		1
<i>Holocentropus stagnalis</i>			1					1			1		1
<i>Aeshna isoceles</i>				1				1			1		1
<i>Sympetrum vulgatum</i>						1		1	NT				1
<i>Coenagrion scitulum</i>				7	2		1	10			1		1
<i>Anodonta anatina</i>					1			1	VU				1
Total	0	0	3	8	3	10	4	28	0	0	5	0	7

Légende : VU (vulnérable) et NT (quasi-menacé) ; nom en surligné vert : espèce présente en avril seulement ; nom en surligné orange : espèce présente en juillet seulement.
Abondance en surligné jaune : faible, de 1 ou 2 individus. Attention : pour les abondances, le nombre d'échantillons élémentaires n'est pas identique selon les bassins.

6.2.5.4 Conclusion pour les espèces remarquables

Le nombre d'espèces remarquables est faible, ainsi que leur abondance. Les deux seules espèces classées vulnérable sont dans une mare de référence. Des espèces déterminantes ZNIEFF de niveau 3 sont présentes autant dans les bassins routiers que leur mare de référence.

6.2.6 Espèces exotiques

La présence d'espèces exotiques ne préjuge pas de la qualité de l'eau. Mais de manière générale, elles sont plus ubiquistes que les espèces autochtones et s'installent dans des écosystèmes déjà déstabilisés (eaux plus chaudes, moins oxygénées ...). Elles sont gênantes si elles sont envahissantes, au détriment des espèces autochtones, et réduisent la biodiversité d'un écosystème.

Deux espèces de crustacés *Gammarus roeseli* (espèce originaire d'Europe centrale) et *Asellus aquaticus* (Asie du sud-est), deux espèces de mollusque *Potamopyrgus antipodatum* (Nouvelle-Zélande) et *Ferrissia californica* (Amérique du nord) et de l'espèce de ver plat *Dugesia tigrina* (Amérique) sont trouvés dans nos plans d'eau.

Ces 5 espèces sont désormais courantes dans les milieux aquatiques de la région, en forte abondance dans des eaux en général plus ou moins chargées en pollution organique.

Une seule différence significative entre bassins routiers et leur mare de référence, en avril (Tableau 40) et en juillet (Tableau 41), est visible. C'est la présence, uniquement dans les bassins routiers, de *Dugesia tigrina*, taxon particulièrement ubiquiste et supportant des températures exceptionnellement élevées. D'après Russier Delolme, 1972, cité dans l'ouvrage de détermination d'Eric Pattée, 1981 : « Elles survivent normalement jusqu'à près de 30°C et meurent en 24h à 37,5°C ».

Figure 6-14 - A gauche *Asellus aquaticus* (Crustacé amphipode), à droite *Dugesia tigrina* (Vers planaire).

Asellus : longueur : 10 mm. Mare de Manonviller, avril 2022 (photographie Pierre MAZUER / Cerema)

Dugesia : longueur : 4 mm. Bassin de Metz-MagnyQ2, octobre 2023 (photographie Pierre MAZUER / Cerema)



Tableau 40 - Espèces exotiques et abondances dans les bassins routiers et mares_ avril 2022 :

Plan d'eau	<i>Gammarus roeseli</i>	<i>Asellus aquaticus</i>	<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	<i>Ferrissia californica</i>	<i>Dugesia tigrina</i>	Total espèces exotiques	Total toutes espèces du plan d'eau
Bassin routier de Bénaménil-Ouest sur la N4					34	34	5844
Mare de Marainviller		8922		7		96	13201
Bassin routier de Bénaménil-Est sur la N4					180	180	4682
Mare de Manonviller		1373		1		1374	20445
Bassin routier de Metz (Magny) Q2 sur la RN431	1	92	33		6	132	12557
Bassin routier de Metz (Magny) Q100 sur la RN431		119	24	1		144	3508
Mare de Corny				2		2	2550
Total	1	1673	57	11	220	1962	62787

Légende : Attention : pour les abondances, le nombre d'échantillons élémentaires n'est pas identique selon les plans d'eau (voir Tableau 10 et Tableau 11).

Tableau 41 - *Idem* juillet 2022 :

Plan d'eau	<i>Gammarus roeseli</i>	<i>Asellus aquaticus</i>	<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	<i>Ferrissia californica</i>	<i>Dugesia tigrina</i>	Total espèces exotiques	Total toutes espèces du plan d'eau
Bassin routier de Bénaménil-Ouest sur la N4					109	109	7157
Mare de Marainviller		119		7		206	15247
Bassin routier de Bénaménil-Est sur la N4		2		34	287	323	9926
Mare de Manonviller		441				441	11823
Bassin routier de Metz (Magny) Q2 sur la RN431	1	64	10		73	148	3504
Bassin routier de Metz (Magny) Q100 sur la RN431	2	37	164	4		207	5734
Mare de Corny				401		401	4076
Total	3	663	174	446	469	1835	57467

Légende : *idem* tableau précédent.

6.2.7 Cas des larves de moustiques

Ce point fait l'objet d'un rapport spécifique : « *Les communautés de moustiques dans 4 bassins routiers et 3 mares de référence situés en Lorraine (2022).* »

Une analyse des facteurs pouvant expliquer les faibles densités a été réalisée.

Voici les principales conclusions :

« *Les moustiques sont prélevés avec un premier protocole appelé 'tous macro-invertébrés' et un deuxième protocole spécifique 'moustiques'.*

Le premier protocole est appliqué sur quatre bassins routiers et trois mares de référence. Dans les 129 échantillons élémentaires récoltés sur les 7 plans d'eau, nous trouvons 120 254 individus et 259 taxons différents, répartis dans 72 familles, 123 genres et 149 espèces. Seulement 100 moustiques, appartenant à 6 espèces, sont identifiés grâce à ce protocole.

Le deuxième protocole concerne uniquement les 4 bassins routiers et les moustiques. Malgré un effort d'échantillonnage important, à peine 77 individus supplémentaires sont identifiés.

Nos résultats montrent que ce type de bassins routiers ne constituent pas un risque de prolifération de moustiques, dans notre zone d'étude.

Ces bassins routiers, avec une hauteur d'eau permanente, constituent des écosystèmes aquatiques avec une richesse en espèces importantes, comparable à celle de mares de référence et en particulier comportant un grand nombre de prédateurs.

En conclusion, pour tous stockages d'eau accessibles aux moustiques, il est préférable de privilégier la création d'écosystème aquatiques pérennes, de manière à favoriser l'installation d'une biocénose riche d'espèces différentes et notamment de prédateurs, comme les larves de libellules ou les coléoptères prédateurs ».

6.3 Comparaison entre plans d'eau pour le substrat Hélophytes

Ce substrat est le plus hospitalier en nombre de familles (Tableau 22).

Il est choisi pour comparer des indices de ressemblances de Jaccard, car c'est le seul substrat prélevé sur tous les plans d'eau avec un nombre identique d'échantillons élémentaires (2 échantillons de 1/20 m² chacun).

Note 1 : il était prévu de calculer cet indice sur l'ensemble des substrats des plans d'eau, mais les fortes variations des substrats prélevés selon les plans d'eau (Tableau 10 et Tableau 11) rend son interprétation complexe. Non seulement il y a de forts écarts sur les substrats prélevés (selon la définition de la norme NF T90-333), mais les substrats sont nettement différents à l'intérieur de ces classes. Par exemple, les différentes espèces d'hélophytes ou hydrophytes présentes ici peuvent avoir une morphologie et une hospitalité variable (par exemple entre les hélophytes de la strate haute (massettes, roseaux) et de la strate basse (graminées). Il en est de même pour les substrats sédimentaires (par exemple, avec les litières, qui peuvent avoir pour origine des ligneux ou alors des hélophytes, ainsi que des niveaux de décomposition nettement différents des substrats litières, branchages, vases). De plus, les richesses taxonomiques à l'espèce sur ces derniers substrats sont beaucoup trop faibles pour déceler une différence discriminante.

Les prélèvements n'étant pas toujours sur les mêmes espèces végétales, nous avons indiqué dans les tableaux de ce chapitre, les sous-classes d'hélophytes de la norme NF T90-333 prélevées pour les échantillons : strate haute (phragmites, typha, ...) et strate basse (graminées à peine émergentes, ...), en précisant parfois la nature du taxon (forme, genre, ...).

Le test est fait **au niveau de l'espèce, dès le premier individu**. Ce test à l'espèce est le plus précis au niveau écologique et permet d'avoir un plus grand nombre d'espèces (par rapport à la prise en compte d'une espèce à partir de 3 individus).

Note 2 : le test est plus fiable **en ne prenant en compte que les espèces comportant au moins 3 individus**. Vu le plus faible nombre d'espèces disponibles comportant au moins 3 individus, il n'a pas été réalisé.

6.3.1 Présentation de l'indice de Jaccard

C'est un indice de similarité entre deux listes taxonomiques. Il permet de comparer la nature des taxons présents entre une liste taxonomique d'une station perturbée et celle d'une station de référence.

L'indice de distance de Jaccard (% de similarité) est calculé de la manière suivante :

$$\text{Indice de Jaccard (\%)} = (a / S) \times 100$$

avec :

a : nombre de taxons communs aux 2 listes ;

S : somme des taxons des deux listes = a+b+c, avec :

b : nombre de taxons uniquement présents dans la liste de référence ;

c : nombre de taxons uniquement présents dans la liste testée ;

L'indice varie de 100 (les listes taxonomiques sont identiques) à 0 (il n'y a pas de taxon commun).

L'indice peut être utilisé quel que soit le nombre de taxons de la liste de référence ou de la liste testée. Par exemple, ce nombre peut être supérieur dans la liste testée.

Les règles d'utilisation de cet indice sont les mêmes que celles énoncées au chapitre 6.2.1.2 sur l'indice saprobique.

6.3.2 Comparaison des mares de référence entre elles.

Autant en avril (Tableau 42) qu'en juillet (Tableau 43), les indices de ressemblance sont faibles, montrant une forte différence entre les communautés de macro-invertébrés des mares de référence, ce qui laisse à penser que chaque mare de référence est un 'cas particulier' et qu'il est difficile de comparer la nature des espèces présentes.

Tableau 42 - Indice de Jaccard entre les mares de référence, pour le substrat héliophytes, au niveau de l'espèce, dès le premier individu_avril 2022 :

Liste de référence	Liste testée	Nbre d'espèces liste de référence (1)	Nbre d'espèces liste testée (1)	Espèces communes aux 2 listes 'a'	Espèces uniquement présentes dans liste de réf. 'b'	Espèces uniquement présentes dans liste testée 'c'	Indice de Jaccard %
Mare de Marainviller (1 écht de la strate haute et 1 de la strate basse - graminée)	Mare de Manonviller (2 écht de la strate haute)	24	23	6	18	17	15
	Mare de Corny			4	20	8	13
Mare de Manonviller (2 écht de la strate haute)	(1 écht de la strate haute : Carex et 1 de la strate basse - herbacée)	23	12	7	16	5	25

Légende : héliophytes strate haute et strate basse : déterminations par classe, selon la norme NF T90-333. Parfois, le genre ou l'espèce supposée est indiquée. (1) : pour information, ce chiffre n'intervient pas dans le calcul

Tableau 43 - Idem juillet 2022 :

Liste de référence	Liste testée	Nbre d'espèces liste de référence (1)	Nbre d'espèces liste testée (1)	Espèces communes aux 2 listes 'a'	Espèces uniquement présentes dans liste de réf. 'b'	Espèces uniquement présentes dans liste testée 'c'	Indice de Jaccard %
Mare de Marainviller (1 écht de la strate haute et 1 de la strate basse - graminée)	Mare de Manonviller (2 écht de la strate haute)	21	32	8	13	24	18
	Mare de Corny			5	16	9	14
Mare de Manonviller (2 écht de la strate haute)	(1 écht de la strate haute : Carex et 1 de la strate basse - herbacée)	32	14	6	26	8	15

Légende : voir Tableau 42

6.3.3 Comparaison des espèces présentes entre bassins routiers et mares de référence

Les indices de Jaccard sont ici aussi faibles (Tableau 44), mais il n'est pas possible d'attribuer cet écart à la qualité de l'eau, vu le résultat du chapitre précédent (comparaison entre elles des mares de référence).

Au vu de ces résultats, la comparaison entre les bassins routiers et les mares de référence n'a été faite que pour avril.

Tableau 44 - Indice de Jaccard entre les bassins routiers et les mares de référence, pour le substrat héliophytes, au niveau de l'espèce, dès le premier individu_ avril 2022 :

Liste de référence	Liste testée	Nbre d'espèces liste de référence (1)	Nbre d'espèces liste testée (1)	Espèces communes aux 2 listes 'a'	Espèces uniquement présentes dans liste de réf. 'b'	Espèces uniquement présentes dans liste testée 'c'	Indice de Jaccard %
Mare de Marainviller (1 écht de la strate haute et 1 de la strate basse - graminée)	Bassin routier de Bénaménil-Ouest (2 écht de la strate haute : <i>Typha</i>)	24	23	6	18	17	14
Mare de Manonviller (2 écht de la strate haute)	Bassin routier de Bénaménil-Est (2 écht de la strate haute, jonc)	23	9	5	18	4	19
Mare de Corny (1 écht de la strate haute : Carex et 1 de la strate basse - herbacée)	Bassin routier de Metz-MagnyQ2 (2 écht de la strate haute)	12	14	4	8	10	18
	Bassin routier de Metz-MagnyQ100 (2 écht de la strate haute - <i>Phragmites</i>)		14	3	9	11	13

Légende : voir Tableau 42

En conclusion, les indices de Jaccard montrent une forte différence entre les communautés de macro-invertébrés des mares de référence et des bassins routiers, confirmant l'analyse du Tableau 19. Néanmoins, cette différence ne traduit pas une différence de qualité entre les mares et les bassins, d'après les paramètres que nous avons testés : pollution organique, toxique et salée (voir notamment du Tableau 23 au Tableau 35).

Pour évaluer les impacts éventuels de la pollution routière, il est préférable d'exploiter la polluosensibilité de chaque espèce (et non une comparaison des espèces présentes par un indice de Jaccard).

6.3.4 Comparaison entre les résultats d'avril et de juillet par plan d'eau

Il y a une forte différence entre les communautés de macro-invertébrés d'avril et de juillet pour un même plan d'eau (Tableau 45). Ce résultat confirme l'approche du tableau 19.

La nature des taxons d'un même plan d'eau ne peut donc pas être comparée d'une saison à l'autre, car les cycles de vie des espèces impliquent une présence au stade aquatique à des périodes différentes pour beaucoup d'espèces.

Il est donc pertinent de prévoir plusieurs campagnes de prélèvement pour bien connaître la biodiversité d'un site. Cet point, déjà connu par les hydrobiologistes, et est rappelé ici sur la base de nos résultats, pour information.

Tableau 45 - Indice de Jaccard entre avril et juillet pour les bassins routiers et les mares de référence, pour le substrat hélophytes, au niveau de l'espèce, dès le premier individu :

Liste de référence (avril)	Liste testée (juillet)	Nbre d'sp liste de référence (1)	Nbre d'sp liste testée (1)	Espèces communes aux 2 listes 'a'	Espèces uniquement présentes dans liste de réf. 'b'	Espèces uniquement présentes dans liste testée 'c'	Indice de Jaccard %
Mare de Marainviller (1 écht de la strate haute et 1 de la strate basse - graminée)	Mare de Marainviller (1 écht de la strate haute - phragmites et 1 de la strate basse - nénuphar sortant de l'eau)	24	21	9	15	12	25
Mare de Manonviller (2 écht de la strate haute)	Mare de Manonviller (2 écht de la strate haute)	23	32	12	11	20	28
Mare de Corny (1 écht de la strate haute : Carex et 1 de la strate basse - herbacée)	Mare de Corny (2 écht de la strate haute dont 1 Carex)	12	14	6	6	8	30
Bassin routier de Bénaménil-Ouest (2 écht de la strate haute : <i>Typha</i>)	Bassin routier de Bénaménil-Ouest (2 écht de la strate haute : <i>Typha</i>)	22	16	7	15	9	23
Bassin routier de Bénaménil-Est (2 écht de la strate haute, jonc)	Bassin routier de Bénaménil-Est (2 écht de la strate haute dont 1 jonc)	29	42	16	13	26	38
Bassin routier de Metz-MagnyQ2 (2 écht de la strate haute)	Bassin routier de Metz-MagnyQ2 (2 écht de la strate haute, mais colmaté par des algues filamenteuses)	14	13	5	9	8	23
Bassin routier de Metz-MagnyQ100 (2 écht de la strate haute - phragmites)	Bassin routier de Metz-MagnyQ100 (2 écht de la strate haute - phragmites)	14	19	5	9	14	18

Légende : voir Tableau 42

6.4 Apport des bassins routiers à la Trame bleue pour le groupe des macro-invertébrés : influence des paramètres écologiques

Afin d'évaluer l'intérêt des bassins routiers pour la Trame bleue, nous avons étudié l'influence des paramètres écologiques (caractéristiques « locales » des sites aquatiques et contexte paysager) sur la richesse et la diversité des macro-invertébrés, considérés au niveau taxonomique du genre, des bassins et mares étudiés.

La diversité prend en compte le nombre de genres et la distribution des individus au sein de ces genres (« équitabilité »). Elle est calculée par :

$$H' = - \sum_{i=1}^S P_i \times \ln(P_i)$$

Avec

S = le nombre de genres

P_i = abondance relative (proportion) de chaque genre (P_i = n_i / N) avec n_i = nombre d'individus du genre i et N = nombre total d'individus

ln = logarithme népérien

Si H' est faible, cela signifie que le nombre d'espèces est faible, et/ou que la distribution des abondances entre les espèces est inégale.

L'indice varie de 0 (une seule espèce) à H_{max} = ln(S). H_{max} correspond à la valeur maximale que l'indice peut atteindre (peuplement diversifié), si les effectifs sont répartis de manière égale dans les genres. Par exemple, si S = 70, H_{max} = 4,25 et si S = 30, H_{max} = 3,40.

La communauté des macro-invertébrés sur les deux saisons, avril et juillet (c'est-à-dire le cumul des listes taxonomiques) est prise en compte dans ce chapitre.

Dans un premier temps, nous avons utilisé deux indicateurs :

- la richesse taxonomique au niveau du genre (nombre total de genres recensés à l'issue des deux campagnes d'inventaires) ;
- un indice de diversité basé sur l'indice de Shannon décrit ci-dessous, appliqué sur les genres et leurs effectifs.

Puis, dans un second temps, nous avons réalisé une analyse exploratoire (Analyse des Correspondances Multiples) permettant d'examiner les points communs et les différences entre ces sites aquatiques, afin d'essayer de dégager des tendances au sein des paramètres locaux et paysagers, pouvant influencer les deux indicateurs précédents.

Il est important de garder en mémoire que :

- des corrélations entre paramètres n'impliquent pas forcément des liens de causalité,
- les analyses statistiques permettent d'envisager des liens de causes-effets, qu'il convient de vérifier dans un deuxième temps.

6.4.1 Richesse et diversité des bassins

A) Richesse :

Nous avons additionné le nombre de genres identifiés sur les deux saisons, dans les mares et les bassins, pour caractériser leur richesse globale (Tableau 46).

Tableau 46 - Richesse générique cumulée pour les deux saisons et pour les 7 plans d'eau, classée du plus riche au moins riche :

Classement	Plan d'eau	Richesse en genres S
1	Mare de Manonviller	71
2	Mare de Marainviller	58
3	Bassin routier de Metz (Magny) Q2 sur la RN431	53
4	Bassin routier de Bénaménil-Ouest sur la N4	46
5	Bassin routier de Metz (Magny) Q100 sur la RN431	46
6	Bassin routier de Bénaménil-Est sur la N4	38
7	Mare de Corny	33

Légende : ligne blanche : mare, ligne grise : bassin routier

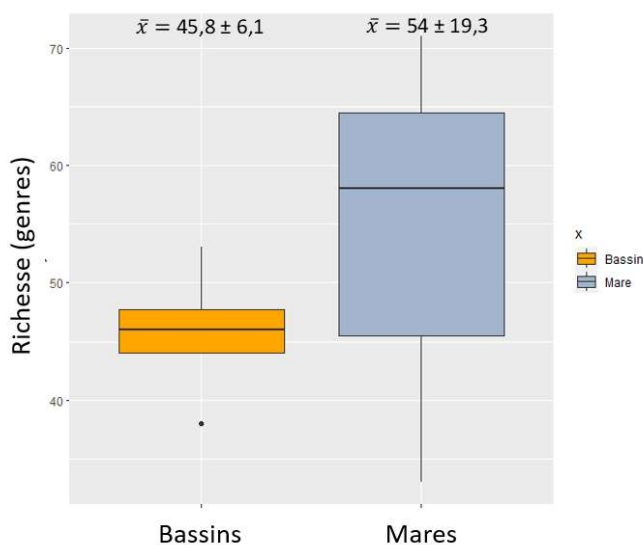
Cette richesse des genres, cumulée sur les deux saisons, est comprise entre 33 et 71. Les deux sites les plus riches sont des mares. Cependant, le site le moins riche est aussi une mare (Corny).

Note : les deux plans d'eau les moins riches du Tableau 46 sont aussi ceux possédants une communauté de macro-invertébrés traduisant la meilleure qualité d'eau (voir chapitres précédents). En effet, la diversité n'est pas toujours strictement liée à la qualité de l'eau : un grand nombre d'autres paramètres peuvent l'influencer comme nous le verrons dans les paragraphes suivants.

Le faible effectif de plans d'eau étudiés rend les comparaisons statistiques difficiles. Toutefois, si l'on compare la richesse moyenne obtenue entre les 3 mares et les 4 bassins étudiés, on constate que les valeurs obtenues pour les mares sont plus variables (écart-type plus grand) que celle des bassins et que la moyenne des mares est supérieure à celle des bassins (Figure 6-15).

La différence, entre les bassins et les mares au niveau de la richesse des genres, n'est pas significative (test des rangs signés de Wilcoxon). Nous pouvons donc considérer que les peuplements des bassins et des mares ont une richesse qui est équivalente en moyenne.

Figure 6-15 - Comparaison de la distribution des valeurs de richesse générique pour les bassins et mares (cumul des deux saisons).



B) Diversité :

Les valeurs de diversité (Tableau 47) et de leurs écart-types (Figure 6-16) sont proches entre les deux types de milieu. Le classement des plans d'eau obtenu est nettement différent de celui des richesses (Tableau 46) et du classement de qualité des plans d'eau obtenu dans le Tableau 38.

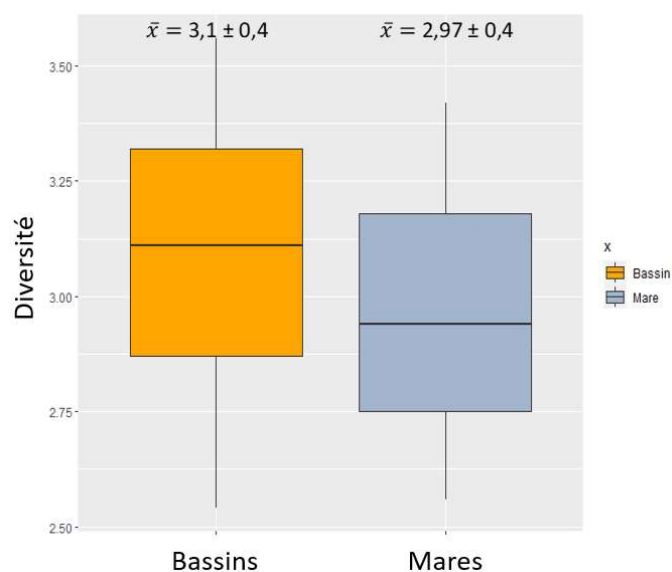
L'équitabilité de Piélou E (rapport entre H' et Hmax) figure aussi dans ce tableau. Si elle tend vers 0, nous sommes en présence d'un déséquilibre où une seule espèce domine tout le peuplement. Si elle tend vers 1, les espèces présentes dans le peuplement ont des abondances proches.

L'équitabilité s'approche de 1 pour la majorité de nos plans d'eau. Les plus faibles valeurs sont pour Metz-MagnyQ2 et Q100, ainsi que pour la mare de Marainviller.

Tableau 47 - Diversité (indice de Shannon sur les genres), classée de la plus forte à la moins forte, et équitabilité (de Piélou) obtenues sur les 7 plans d'eau (cumul pour les deux saisons), :

Classement	Plan d'eau	Diversité (indice de Shannon) H'	S	Hmax	Équitabilité de Piélou
1	Bassin routier de Bénaménil-Ouest sur la N4	3,56	46	3.83	0,93
2	Mare de Manonviller	3,42	71	4.26	0,8
3	Bassin routier de Bénaménil-Est sur la N4	3,24	38	3.64	0,89
4	Bassin routier de Metz (Magny) Q2 sur la RN431	2,98	53	3.97	0,75
5	Mare de Corny	2,94	33	3.50	0,84
6	Mare de Marainviller	2,56	58	4.06	0,63
7	Bassin routier de Metz (Magny) Q100 sur la RN431	2,54	46	3.83	0,66

Figure 6-16 - Comparaison de la distribution des valeurs de diversité pour les bassins et mares (cumul des deux saisons)



Nous avons comparé les valeurs de diversité (indice de Shannon sur les genres), pour les deux types de sites. Cette fois, les distributions s'avèrent encore plus proches, avec une moyenne de diversité légèrement plus faible pour les mares. Ici aussi, cette différence n'est pas statistiquement significative (test des rangs signés de Wilcoxon). On peut donc considérer, comme pour la richesse, que la diversité des peuplements dans les bassins est équivalente en moyenne à celle des mares.

6.4.2 Influence des paramètres locaux et paysagers sur la richesse et la diversité des peuplements de macro-invertébrés

Dans le paragraphe précédent, nous avons montré que, sur notre échantillon de plans d'eau, la richesse et la diversité des macro-invertébrés s'avèrent similaires. Bien sûr, à diversité équivalente, les communautés peuvent être nettement différentes entre les plans d'eau, comme l'ont montré les chapitres précédents.

Pour comprendre comment une mare ou un bassin peuvent contribuer à la richesse et à la diversité des macro-invertébrés au sein d'un réseau de sites s'intégrant à une trame bleue, nous avons comparé ces 7 plans d'eau en utilisant divers paramètres écologiques. Sur la base du Tableau 5, nous avons sélectionné les paramètres les plus informatifs pour comparer et différencier les sites aquatiques (bassins et mares).

Nous avons testé de nombreux paramètres pour ne retenir que les plus pertinents et informatifs pour cette analyse.

Ces paramètres écologiques peuvent être classés dans trois groupes :

- **Groupe 1 - Paramètres « locaux » propres aux sites aquatiques** : taille du site (surface et profondeur), recouvrement par la végétation aquatique, présence / absence de poissons, indicateur de pollution toxique (SPEAR),

- **Groupe 2 - Paramètres du contexte paysager** : artificialisation des sols (dans rayon de 5000 m), occupation des sols par une agriculture intensive (dans un rayon de 300 m), nombre d'autres sites aquatiques (bassins ou mares dans un rayon de 5000 m),

- **Groupe 3 - Indicateurs de la biodiversité** : richesse des genres, richesse des familles, indice de diversité (Shannon calculé sur les genres).

Pour représenter les différences et ressemblances entre les sites, nous avons utilisé une Analyse des Correspondances Multiples (ACM), après avoir transformé les paramètres des groupes 1 et 2 en variables qualitatives (passages de valeurs numériques à des catégories, du type « Faible », « Moyen », « Fort » ou « Oui » / « Non »).

Les paramètres du groupe 3 (indicateurs de la biodiversité), sont eux conservés en valeurs quantitatives et ne sont pas utilisés directement dans l'analyse pour différencier les sites aquatiques. Ils sont utilisés *a posteriori* pour voir si les regroupements des plans d'eau obtenus avec les autres paramètres écologiques utilisés vont dans le sens de ces indicateurs de richesse et de diversité.

Les paramètres retenus pour réaliser cette ACM sont les suivants (Tableau 48 à Tableau 50).

Tableau 48 - Paramètres écologiques « locaux » (groupe 1) utilisés dans l'Analyse des Correspondances Multiples

Num	Site	Type	GROUPE 1 - Paramètres "locaux"			
			Surface au miroir "Superf"	Recouvrement par les végétaux aquatiques "Recveg"	Présence / Absence de Poissons "Poissons"	Évaluation de la pollution toxique "SPEAR"
1	BenamenilO	Bassin	Moyen	Fort	NON	Fort
2	Marainviller	Mare	Moyen	Fort	OUI	Moyen
3	BenamenilE	Bassin	Fort	Faible	OUI	Faible
4	Manonviller	Mare	Fort	Faible	OUI	Moyen
5	MagnyQ2	Bassin	Faible	Fort	NON	Moyen
6	MagnyQ100	Bassin	Moyen	Moyen	NON	Moyen
7	Corny	Mare	Faible	Faible	OUI	Faible

Tableau 49 - Paramètres écologiques « paysagers » (groupe 2) utilisés dans l'Analyse des Correspondances Multiples

Num	Site	Type	GROUPE 2 - Paramètres "paysagers"		
			Artificialisation des sols dans un rayon de 5000 m "Artif5000"	Occupation des sols par une agriculture intensive dans un rayon de 300 m "Agri.int300"	Nombre de bassins et de mares dans un rayon de 5000 m "Nbassinsmares"
1	BenamenilO	Bassin	Faible	Faible	Moyen
2	Marainviller	Mare	Faible	Faible	Fort
3	BenamenilE	Bassin	Faible	Nul	Faible
4	Manonviller	Mare	Faible	Faible	Moyen
5	MagnyQ2	Bassin	Fort	Fort	Faible
6	MagnyQ100	Bassin	Fort	Fort	Faible
7	Corny	Mare	Faible	Nul	Faible

Tableau 50 - Indicateurs de biodiversité (groupe 3) utilisés dans l'Analyse des Correspondances Multiples

Num	Site	Type	GROUPE 3 - indicateurs de biodiversité		
			Richesse générique "Numgen"	Richesse en famille "Numfam"	Indice de diversité "NumShannon"
1	BenamenilO	Bassin	46	34	3,56
2	Marainviller	Mare	58	44	2,56
3	BenamenilE	Bassin	38	34	3,24
4	Manonviller	Mare	71	51	3,42
5	MagnyQ2	Bassin	53	40	2,98
6	MagnyQ100	Bassin	46	39	2,54
7	Corny	Mare	33	28	2,94

Les résultats de cette Analyse des Correspondances Multiples sont illustrés sur les figures 7-13, 7-14 et 7-15.

La projection des individus (bassins et mares) par l'Analyse des Correspondances Multiples (Figure 6-17) permet de distinguer 4 groupes de sites nettement discriminés par les paramètres écologiques (modalités).

La projection des modalités (Figure 6-18) permet d'interpréter ces regroupements, qui sont résumés ci-dessous.

1) Bassin de Bénaménil Est et Mare de Corny :

Ces deux sites sont très similaires par rapport aux paramètres écologiques utilisés dans cette analyse. La richesse en macro-invertébrés observée sur ces deux sites est relativement faible comparée à celle des autres sites : Bénaménil-Est classée 6/7 et Corny classée 7/7.

Cependant le bassin de Bénaménil-Est obtient une diversité plus élevée (classement 3/7) que la mare de Corny (classement 5/7).

En dehors de leur surface en eau (nettement plus importante sur le bassin de Bénaménil-Est que sur la mare de Corny), ils partagent :

- Un faible recouvrement végétal,
- La présence de poissons,
- Un indicateur de pollution toxique (SPEAR) faible,
- Un contexte paysager globalement favorable à la biodiversité (faible artificialisation des sols et pas d'agriculture intensive proche), mais un faible nombre d'autres sites aquatiques (bassins ou mares) dans un rayon de 5 000 m, traduisant un certain isolement spatial.

2) Mare de Manonviller

Cette mare a un profil écologique assez similaire à celui des deux sites précédents. Cependant, la richesse obtenue sur ce site est la plus importante de tous les sites étudiés et la diversité est également élevée (classement 2/7).

Les paramètres écologiques qui diffèrent par rapport aux deux sites précédents sont les suivants :

- Un indicateur de pollution toxique (SPEAR) plus élevé (considéré comme « moyen »),
- Un nombre plus important de sites aquatiques (mares et bassins) présents dans un rayon de 5 000 m.

3) Bassin de Bénaménil Ouest et Mare de Marainviller

Ces deux sites obtiennent une bonne évaluation de leur biodiversité, mais sur des critères différents :

- Mare de Marainviller : richesse élevée (classement 2/7) et diversité faible (6/7), ce qui signifie qu'un grand nombre de taxons y a été identifié, mais avec des effectifs très inégaux (inéquitabilité),

- Bassin de Bénaménil Ouest : diversité élevée (classement 1/7) et richesse moyenne (4/7).

Ces deux sites ont en commun :

- Une surface moyenne,
- Un fort recouvrement végétal,
- Un contexte paysager globalement favorable à la biodiversité (faible artificialisation des sols et peu d'agriculture intensive proche), ainsi qu'un nombre de sites aquatiques voisins moyen à fort.

Les poissons sont présents uniquement sur la mare de Marainviller, qui obtient par ailleurs un indicateur de pollution toxique moyen, tandis qu'il est fort sur le bassin de Bénaménil Ouest.

4) Bassins de Metz-Magny Q2 et Q100

La richesse et la diversité obtenues sur ces deux bassins sont faibles à moyennes.

Ces deux sites ont un contexte paysager strictement identique, compte tenu de leur proximité spatiale. Contrairement à tous les autres sites, les bassins de Metz-Magny se situent dans un contexte paysager plutôt défavorable pour la biodiversité :

- Forte artificialisation des sols,
- Forte présence d'une agriculture intensive,
- Faible nombre de sites aquatiques dans le voisinage (mares et bassins).

Concernant les paramètres « locaux », ces deux sites sont assez différents :

- Metz-Magny Q2 est un petit bassin fortement recouvert par la végétation,
- Metz-Magny Q100 est un grand bassin faiblement recouvert par la végétation (en ne considérant que la végétation immergée. En effet, le bassin est recouvert d'hélophytes mais que nous avons considérées hors d'eau la majorité du temps).

Enfin, on peut noter l'absence de poissons et un indicateur de pollution toxique moyennement élevé pour les deux sites.

Figure 6-17 - Résultat de l'Analyse des Correspondances Multiples – Projection des individus (bassins et mares)

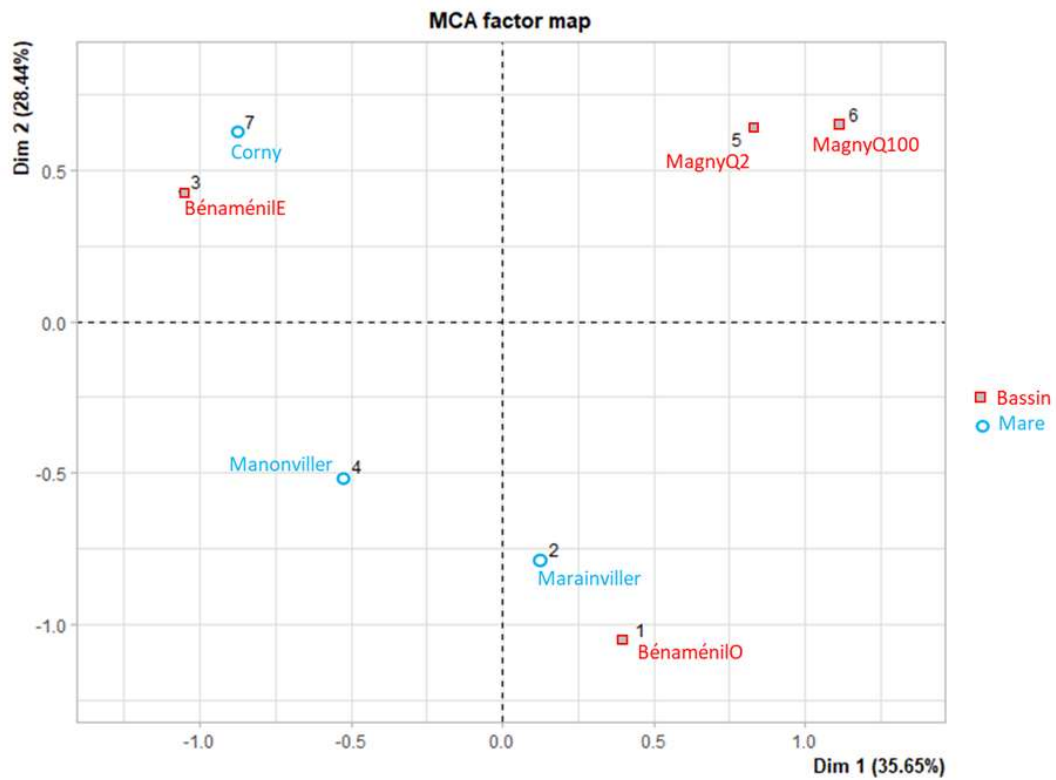


Figure 6-18 - Résultat de l'Analyse des Correspondances Multiples – Projection des modalités

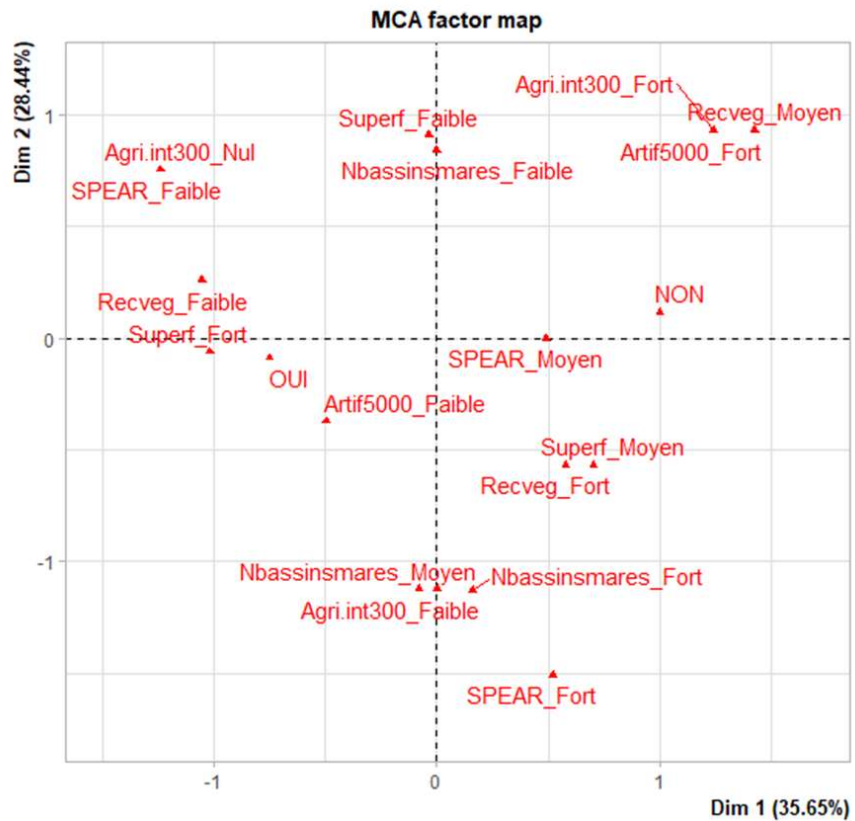
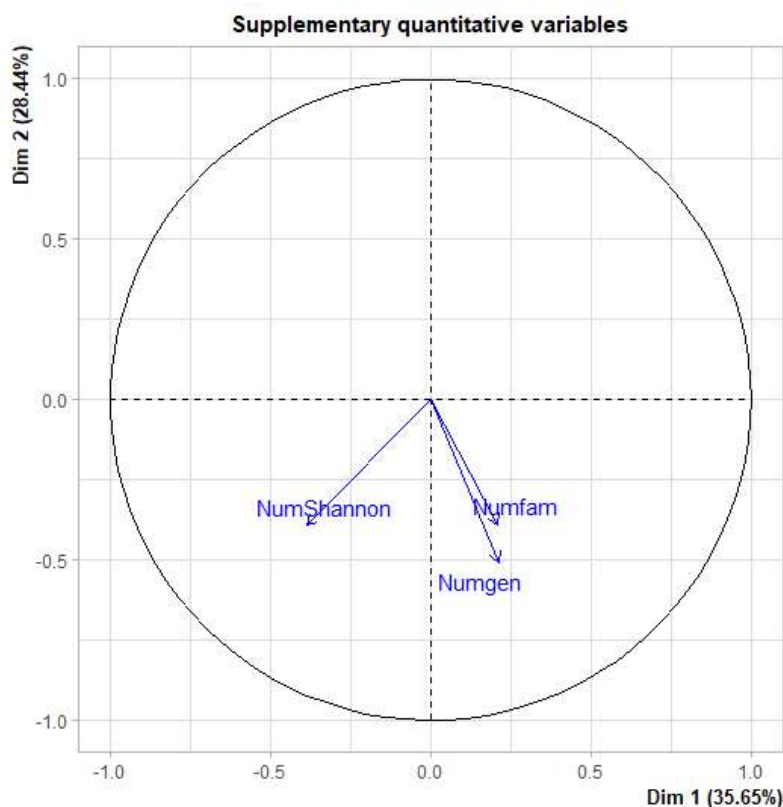


Figure 6-19 - Résultat de l'Analyse des Correspondances Multiples – Projection des indicateurs de biodiversité (variables supplémentaires)



6.4.3 Interprétation et synthèse des résultats

En toute rigueur, il est difficile d'établir des conclusions solides concernant l'influence des paramètres écologiques, sur la base d'un effectif de sites statistiquement très petit. Cependant, des tendances semblent émerger à l'examen des profils écologiques ci-dessus.

En premier lieu, il convient de retenir que les richesses et diversités obtenues ne semblent pas liées au type de site, c'est-à-dire bassin ou mare.

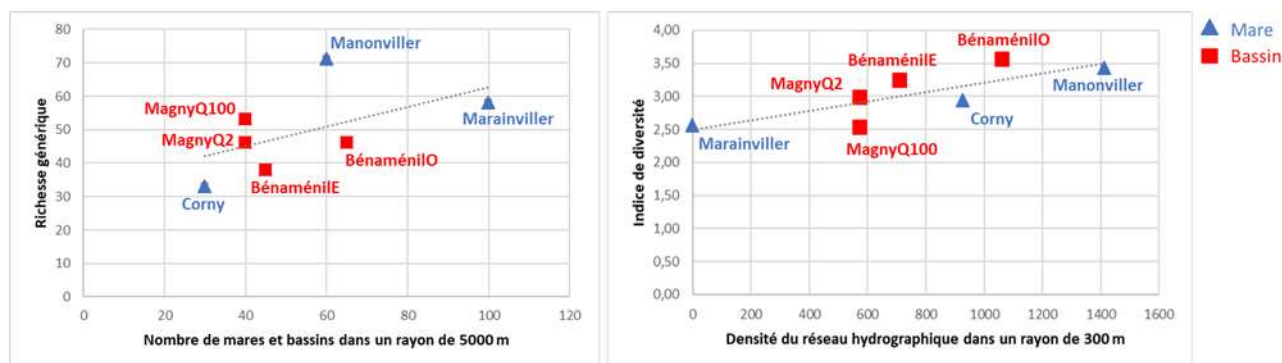
D'autres paramètres écologiques semblent influencer les valeurs obtenues sur cet échantillon de sites (Figure 6-18) et en particulier :

- La disponibilité en sites aquatiques voisins (« densité » de la trame bleue en quelque sorte), qui semble influencer positivement la richesse et la diversité des macro-invertébrés présents dans un bassin ou une mare (Figure 6-20 ci-dessous, nombre de mares et bassins dans un rayon de 5 km). Le chapelet de bassins routiers, avec volume mort, le long des routes, d'une distance médiane entre bassins d'environ 2,3 km sur notre secteur d'étude (route N4 entre Moncel-lès-Lunéville et Gogney), pourrait donc favoriser la biodiversité.

- La présence de poissons qui semble associée à une baisse de la biodiversité des macro-invertébrés.

Note : bien que cela ne soit pas étudié ici, il est possible que cette baisse soit visible à partir d'un certain seuil d'abondance de poissons (hypothèses d'une prédation et d'une consommation des ressources et micro-habitats pour beaucoup de macro-invertébrés).

Figure 6-20 - Corrélations entre la richesse et la diversité des macro-invertébrés, avec deux indicateurs de la disponibilité en sites aquatiques (« densité de la trame bleue »)



Légende : A gauche : corrélation entre la richesse des genres et le nombre de mares et bassins dans un rayon de 5000 m autour des sites aquatiques . A droite : Corrélation entre l'indice de diversité et la densité du réseau hydrographique (linéaire cumulé), dans un rayon de 300 mètres autour des sites aquatiques

7 Réponses aux questions posées avant l'étude

7.1 Les bassins routiers peuvent-ils accueillir les mêmes communautés de macro-invertébrés que celles de mares naturelles fonctionnelles peu perturbées ?

Cette question peut être aussi exprimée aussi de la manière suivante : les bassins routiers accueillent-ils seulement des espèces ubiquistes ou peu à moyennement polluosensibles ?

L'analyse des communautés de macro-invertébrés montre la forte individualité de chaque plan d'eau, que cela soit une mare ou un bassin routier (Tableau 43 et Tableau 44). Chaque plan d'eau est donc une situation unique, permettant l'installation de sa propre communauté de macro-invertébrés.

Toutes les communautés, autant en mare de référence qu'en bassin routier, sont marquées par la présence d'une pollution organique nette (béta-mésosaprobie), voire intermédiaire avec une pollution organique forte (Tableau 25 et Tableau 26).

A l'inverse de ce qui était attendu, les mares de Marainviller et Manonviller semblent plus marquées par la pollution organique que les bassins routiers de Bénaménil-Ouest et Est.

Par contre, les bassins routiers semblent un peu plus impactés par la pollution toxique, sauf Bénaménil-Est (Tableau 34 et Tableau 35).

Les bassins routiers ne contiennent pas moins d'espèces remarquables que les mares (Tableau 39), excepté des espèces vulnérables UICN uniquement en mare de Corny.

En conclusion sur nos 3 secteurs d'étude, les bassins routiers avec volume mort d'une hauteur d'eau pérenne et minimum de plusieurs dizaines de centimètres, peuvent abriter des communautés de macro-invertébrés qui présentent un intérêt certain pour le maintien de la biodiversité aquatique.

Les communautés des bassins routiers sont marquées par la pollution organique, mais autant que celles des mares de référence. Elles sont un peu plus impactées par la pollution toxique.

7.2 La biodiversité en macro-invertébrés permet-elle de déduire des informations sur le niveau de pollution dans les bassins et à l'aval de leur rejet ?

Il est aussi possible de répondre à cette question (Tableau 25 et Tableau 26, Tableau 34 et Tableau 35).

En conclusion, d'après les indices biologiques, la charge organique dans les bassins routiers, comme pour les mares de référence, correspondent à un niveau de pollution moyen. Le qualité du rejet potentiel des 4 bassins routiers n'est donc pas pire que celle d'une mare.

Pour la pollution toxique, les indices SPEAR ne sont pas faciles à interpréter. Néanmoins, excepté pour le bassin de Bénaménil-Est, les bassins routiers peuvent être considérés comme plus pollués que les mares de référence.

Cette situation est constatée, avec un âge important pour la majorité des bassins (sauf Metz-Magny) et donc une forte durée d'accumulation de pollutions (pas de curage connu des bassins depuis au moins 10 ans). Il est donc peu probable que le rejet des bassins routiers puisse changer la classe de qualité de cours d'eau déjà en classe d'État écologique 'moyen' (jaune).

Par contre, il est possible que le rejet d'un bassin routier dans une rivière de classe d'État écologique 'bleu' ou 'vert' puisse la dégrader, d'autant plus que le rejet se déroule en situation d'orage dans une rivière à faible débit ou à l'étiage. L'impact serait avant tout lié au débit du milieu récepteur.

Ce point pourrait être étudié dans une autre étude, en prenant un bassin routier se rejetant dans une rivière de classe 'bleu', ne subissant aucune autre source de pollution.

7.3 La biodiversité en macro-invertébrés des bassins routiers est-elle intéressante pour la trame bleue, pour le groupe des macro-invertébrés ?

Bien que l'échantillon de sites étudiés soit restreint, l'exploitation des données apporte des réponses à cette question. Voir notamment le paragraphe 6.4 .

En conclusion, les bassins routiers constituent des sites qui peuvent être tout aussi accueillants que les mares pour les macro-invertébrés aquatiques. Les communautés qu'ils hébergent peuvent être très diverses, en fonction de leurs profils écologiques.

Sans les considérer comme des réservoirs de biodiversité, ils peuvent héberger une biodiversité plus ou moins riche et ainsi contribuer à une trame bleue locale, a minima en tant que site « relais » pour les espèces.

Il serait intéressant d'approfondir leur apport à la biodiversité des sites aquatiques voisins (mares en particulier), dans différents contextes paysagers selon les paramètres écologiques prépondérants mis en évidence dans ce travail.

7.4 Quelles sont les conséquences réglementaires de la présence éventuelle d'espèces protégées ?

Nous n'avons pas obtenu d'espèce protégée dans nos relevés. Parmi les macro-invertébrés protégés, peu d'espèces sont susceptibles d'être rencontrées dans les bassins routiers, en raison d'écologies les cantonnant à d'autres types de milieux.

Néanmoins, dans notre région, une espèce au moins apparaît comme potentielle : la Leucorrhine à large queue (*Leucorrhinia caudalis*). Il s'agit d'une libellule qui se reproduit dans des sites aquatiques stagnants, généralement assez grands, incluant les plans d'eau et gravières des vallées alluviales et les étangs forestiers. La présence de plantes aquatiques flottantes, comme le Nénuphar blanc, associée à des surfaces en eau libre, semble être caractéristique des sites où elle s'installe. L'aire de présence de cette libellule protégée est actuellement en cours d'extension en France. Elle semble avoir récemment colonisé la vallée de la Moselle (Moselle et Meurthe-et-Moselle), où elle peut être localement abondante.

Cette espèce est inscrite à l'article 2 de l'arrêté de protection nationale des insectes (Arrêté du 23 avril 2007), ce qui implique que les spécimens et leur habitat (sites de reproduction) sont strictement protégés.

Des espèces d'autres groupes biologiques pourraient aussi être présentes (batraciens, oiseaux, ...).

La réglementation ci-dessous est présentée pour les cas où il serait possible de trouver des espèces protégées.

7.4.1 Principe

La destruction d'espèces protégées est réglementée par le Code de l'environnement (article L411-2 du CE). La notion s'applique à tout le patrimoine naturel, du moment qu'il y a un risque de destruction d'une espèce, dès le premier individu. La proposition de mesures « Eviter - réduire - compenser (ERC) » ne permet pas de justifier l'absence de demande d'une dérogation, du moment d'il y a un risque de destruction du patrimoine naturel.

Pour les bassins routiers, en cas de travaux (par exemple lors du curage des boues sédimentaires), il est nécessaire, en cas de présence d'une espèce protégée, de faire une demande de dérogation pour permettre sa destruction. Cette demande est envoyée à la préfecture, chargée de rédiger un éventuel arrêté préfectoral de dérogation, après avis du Conseil Scientifique Régional du Patrimoine Naturel (CSRPN) ou du Conseil National de la protection de la Nature (CNP) selon l'espèce considérée (par exemple CSRPN pour la Leucorrhine à large queue).

La demande de dérogation peut être actualisée à tout moment au cours de la vie d'une installation, même après sa mise en service, et notamment en cas d'extension (« modification substantielle », voir R411-10-1 du CE).

Une autorisation environnementale vaut dérogation si elle intègre la demande de dérogation (L411-6 du CE).

7.4.2 L'article L411-2 du CE

L'article L411-1 du CE pose le principe de non destruction. Une dérogation de destruction sur le site du projet est accordée si trois conditions (cumulées) sont respectées :

- la raison impérative d'intérêt public majeur (RIIPM) ;
- l'absence d'une solution alternative ;
- l'obligation de ne pas nuire au maintien de la population, qui doit avoir un état de conservation favorable.

7.4.3 Discussion sur l'aspect juridique.

La jurisprudence est particulièrement variée, pour un même type de demande, sur ces procédures de dérogation et peut sembler parfois contradictoire. Les juges, en cas de contentieux, s'attachent à analyser chaque cas, en se basant au mieux sur les avis techniques et scientifiques apportés par chacune des parties.

Il n'y a pas de jurisprudence à notre connaissance sur le cas particulier des curages de bassins routiers contenant des espèces protégées.

Les principes juridiques exposés au chapitre précédant nous permettent d'avancer les points d'analyse suivants sur les trois conditions cumulées de la dérogation :

1) Raison impérative d'intérêt public majeur (RIIPM) : elle doit démontrer que les enjeux liés à la réalisation des travaux, sont supérieurs aux enjeux de conservation. Toutefois, au regard des espèces protégées susceptibles d'être rencontrées ici, la RIIPM devrait généralement être démontrée dans le cas d'un bassin routier. L'entretien d'ouvrage d'épuration est une nécessité. L'arrêt de l'entretien des ouvrages se traduirait par un défaut d'entretien pouvant remettre en cause :

- les autorisations administratives de fonctionnement de ces ouvrages. Elles demandent leur entretien et notamment le retrait à fréquence définie des vases accumulant des produits toxiques (curage) ;
- l'atteinte du bon état écologique des masses d'eau réceptrices des eaux pluviales (Directive européenne cadre sur l'eau, 2000) ;
- le fonctionnement même de ces ouvrages et leur utilité.

2) Absence d'une solution alternative. Cette condition est systématiquement respectée : l'entretien de l'ouvrage d'épuration (curage ...) ne peut se faire que sur son propre site.

3) Absence de nuisance au maintien de la population dans un état de conservation favorable.

Ce point nécessite une approche au cas par cas. Est-ce que le bassin routier constitue un bassin de superficie importante ou négligeable par rapport à la trame bleue susceptible d'être utilisé par l'espèce protégée, constituée par les mares et autres plans d'eau à proximité ?

Si cette superficie est négligeable par rapport aux habitats présents pour l'espèce (cela peut être le cas dans un paysage naturel), le curage du bassin routier n'aura dans ce cas aucun impact sur la population. Inversement, dans une zone où le bassin est dans une zone contenant peu d'écosystèmes de ce type, le curage pourra être impactant sur la population (à confirmer selon le résultat de l'étude).

La période de curage peut aussi avoir une importance pour certaines espèces, en fonction de leur cycle biologique et des périodes de présence sur le site.

Pour la Leucorrhine à large queue, la présence est annuelle sur les sites aquatiques et ce sont principalement les stades aquatiques (œufs et larves) qui seraient les plus impactés par un curage du bassin en cas de présence. Il est donc difficile de définir une période de moindre sensibilité pour cette espèce, sachant que les sites de reproduction (milieu aquatique) sont également protégés par l'arrêté.

7.4.4 Conclusion sur l'aspect juridique

En cas de présence constatée d'une espèce protégée, il doit donc être demandé une dérogation de destruction. Par exemple, pour la reproduction avérée sur un bassin de la Leucorrhine à large queue, pouvant être mise en évidence principalement par l'observation de larves dans l'eau ou d'exuvies en bordure du bassin (mues larvaires retrouvées sur la végétation riveraine lors du passage au stade adulte), la réalisation d'une demande de dérogation apparaît nécessaire avant de réaliser le curage ou d'autres travaux susceptibles d'impacter le milieu aquatique.

Au vu de la réglementation, il est fort probable qu'une dérogation de destruction d'espèces protégées soit accordée dans le cas d'un curage, à condition qu'elle soit accompagnée de mesures de réduction (curage partiel « *a minima* »), et éventuellement de compensation, pertinentes.

7.5 Recommandations pour la conception et la gestion des bassins routiers.

Les bassins routiers sont des ouvrages de dépollution et leur conception doit respecter les règles de l'art, présentées dans le guide GTPOR, 2007.

Néanmoins, le présent rapport montre que ces bassins sont aussi des lieux de biodiversité aquatiques, non négligeables pour la biodiversité.

Il montre que la large majorité de la biodiversité se situe dans les habitats de berge (notamment les ceintures d'hélophytes, Tableau 20 et Tableau 21).

Pour les maîtres d'ouvrages et les services d'exploitation souhaitant favoriser la biodiversité et sa pérennité dans les ouvrages de rétention et de traitement routiers, il conviendrait donc :

- que la conception des bassins routiers permette le maintien d'un volume mort de 40 cm minimum (recommandation actuelle, qui peut changer à l'avenir pour intégrer une évaporation supérieure en été, due au changement climatique) et favorise l'installation de ceinture d'hélophytes sur au moins 2 m de large ;
- que l'entretien des hélophytes consiste en un faucardage et non en leur suppression, sauf si les hélophytes se développent au point de remettre en cause le fonctionnement de l'ouvrage ;
- que le curage se limite aux parties non végétalisées ou, si la partie végétalisée doit être réduite, qu'elle soit conservée sur une part importante, par exemple 30 % de la superficie au miroir.

Les hélophytes s'installent en principe naturellement, principalement dans les zones les moins profondes. Il est possible de favoriser cette installation en plantant des espèces locales (massettes, phragmites ...), par exemple sur du géotextile au dessus du matériau portant (le fond en béton étant nécessaire à l'entretien des bassins). Notons aussi que le Cerema étudie la possibilité d'installer des radeaux végétalisés (programme de recherche mené par l'équipe TEAM à Nancy) pour épurer la pollution dissoute des bassins. Ces radeaux d'hélophytes pourraient aussi contribuer à la biodiversité.

Pour éviter que l'accumulation de substances toxiques n'impacte la biodiversité des bassins, il est recommandé de les curer. Il est néanmoins difficile de fixer une fréquence de curage sur la base de la toxicité sur les macro-invertébrés.

Note : la thèse de Clarke (J.M.), 2014, montre, mais avec un coefficient de corrélation faible (de 0,256), que l'indice de diversité de Shannon augmente les 8 premières années (en restant faible, plafonnant à 1,8), puis régresse rapidement les années suivantes. Un curage serait dans ce cas souhaitable tous les 10 ans. Néanmoins, nos résultats ne montrent aucune tendance. Notre bassin de Bénaménil-Est est ancien (16 ans) et a les meilleurs indices de qualité par rapport à la pollution organique (tableau 25) et la pollution toxique (tableau 34), même par rapport aux mares de référence.

Il est recommandé que l'environnement terrestre immédiat autour du bassin soit lui-aussi hospitalier pour la faune. Nous recommandons l'installation de haies hautes ou basses autour des bassins, au niveau des clôtures, s'il y a assez de place disponible.

Cela permet a) que les nombreuses espèces aquatiques, ayant une phase terrestre et besoin de végétaux terrestres, puissent accomplir un cycle biologique complet (libellules, trichoptères, ...) ; b) de fournir des habitats aux prédateurs des moustiques (oiseaux, chiroptères, araignées ...), même si les moustiques dans les bassins routiers ont une abondance faible (Cerema, 2024 A et 2024 B).

Cette recommandation est uniquement pour les espèces aquatiques. Les aménagements concernant la faune terrestre (par exemple, installation de clôtures l'empêchant de passer) ne sont pas étudiés dans cette étude.

8 Conclusion

L'objectif de la présente étude est de savoir si les macro-invertébrés aquatiques peuvent être de bons indicateurs de la qualité biologique des bassins routiers, et notamment de leur biodiversité.

Pour cela, les communautés de macro-invertébrés prélevés sur quatre bassins routiers (avec un trafic de 10 000 à 27 000 véhicules par jour) et trois mares de référence sont comparées. Il est analysé 129 échantillons élémentaires, chacun d'un volume de 400 ml et environ 120 000 individus comptés ou estimés. Il est déterminé 259 taxons différents, répartis dans 72 familles, 123 genres et 149 espèces. Les échantillons sont déterminés à l'espèce pour la majorité des groupes définis dans la norme AFNOR NF T90-388.

Les résultats peuvent surprendre. Les richesses taxonomiques des bassins routiers étudiés sont du même ordre de grandeur que celles de mares, considérées comme des références sans source de perturbation. Nous ne constatons donc pas un effondrement de la richesse en taxons dans les bassins routiers.

La richesse n'étant pas toujours proportionnelle à la qualité d'un milieu, des indices biologiques de qualité d'eau, basés sur la nature des espèces, sont ensuite utilisés (matière organique, salinité, toxicité).

Les communautés de macro-invertébrés des 7 plans d'eau sont marquées par une pollution organique nette mais modérée. La salinité ne semble pas impacter les communautés des bassins routiers, par rapport à leur mare de référence. Les bassins routiers sont un peu plus marqués par une pollution de type toxique que les mares (excepté le bassin de Bénaménil-Est).

La qualité biologique des sédiments fins, permettant notamment d'évaluer le risque d'impact de substances toxiques accumulées, n'est pas évaluée au niveau de l'espèce, notamment pour les Chironomidae.

Globalement, même si les écarts de qualité sont relativement peu marqués entre les bassins routiers et les mares, les indices biologiques donnent le classement de synthèse, du moins pollué au plus pollué, suivant : a) bassin routier de Bénaménil-Est et mare de Corny, b) les mares de Marainviller et Manonviller et le bassin routier de Bénaménil-Ouest, et enfin c) les deux bassins routiers de Metz-Magny (ces deux derniers bassins subissant la plus forte pollution routière).

La richesse est apportée principalement par les substrats vivants (hélrophytes, chevelus racinaires ...). Inversement, les substrats morts (vases, limons ...) constituant en général la partie centrale des plans d'eau, et la majeure partie du recouvrement du fond, a une richesse extrêmement faible, autant pour les bassins routiers que leur mare de référence.

Ce rapport permet aussi d'apporter des réponses sur le choix de méthode d'échantillonnage. Par exemple, il est pertinent de faire deux campagnes de prélèvements pour une recherche de biodiversité, les communautés de macro-invertébrés d'avril et de juillet étant particulièrement différentes. Par contre, une seule campagne est suffisante pour faire un bilan de qualité de ces plans d'eau. La campagne d'avril est plus discriminante et la campagne de début juillet donne globalement un résultat plus sévère.

Des bio-indicateurs discriminants de qualité d'eau sont définis pour nos plans d'eau :

- pour la pollution organique : la proportion entre 'le nombre d'espèces ayant une affinité modérée (au plus) à la pollution organique' et 'le nombre total d'espèces' ;
- pour la pollution saline : la proportion entre 'le nombre d'espèces d'eau douce' et 'le nombre total d'espèces' ;
- pour la pollution toxique : la proportion entre 'le nombre d'espèces à risque' et 'le nombre total d'espèces' ou alors la proportion entre 'l'abondance des espèces à risque' et 'l'abondance totale'.

Ces indicateurs sont résumés sommairement dans l'alinéa ci-dessus mais doivent être lus dans le détail du présent rapport.

L'intérêt des bassins routiers pour le réseau des continuités écologiques de la Trame Bleue, pour le groupe des macro-invertébrés, est démontré par des richesses taxonomiques proches de celles des mares. Nos résultats, à relativiser par le faible effectif de nos plans d'eau, montrent une corrélation nette entre la richesse de chacun de nos 7 plans d'eau et l'importance des milieux aquatiques dans un rayon de 5 km. Sur notre secteur d'étude de la route N4, les bassins routiers sont séparés d'une distance médiane de 2,3 km. De manière plus générale, le chapelet de bassins routiers, avec niveau d'eau permanent, présent le long des routes, pourrait donc favoriser la biodiversité.

Bien qu'il n'y ait pas d'espèce protégée dans nos relevés, nous avons analysé la réglementation actuelle sur ce point.

Il serait intéressant de reproduire ce type d'étude pour des trafics routiers nettement plus importants. Les trafics associés à nos quatre bassins restent relativement modestes par rapport à certaines autoroutes. La difficulté d'étudier des sites avec un trafic supérieur est de trouver un contexte paysager favorable à la biodiversité, afin de prendre en compte, si possible, uniquement l'impact de la pollution routière et non celui d'une autre pollution éventuelle, agricole, industrielle ou urbaine à proximité des bassins.

Figure 8-1 - *Leptocerus tineiformis* (Insecte, trichoptère à fourreau) et *Holocentropus stagnalis* (trichoptère libre).

Leptocerus : bassin Metz-MagnyQ2, avril 2022

Holocentropus : mare de Manonville, juillet 2022 (photographies Pierre MAZUER / Cerema)



Glossaire :

Nota : il est rappelé que les définitions de tous les termes d'un rapport scientifique sont facilement accessibles sur Internet.

Analyse des Correspondances Multiples (ACM) : méthode qui permet d'étudier l'association entre au moins deux variables qualitatives.

AERM : Agence de l'eau Rhin-Meuse. Établissement public national à caractère administratif et à compétence territoriale limitée.

Bassin : désigne dans ce rapport les bassins pluviaux routiers (appelé aussi bassin d'orage ou bassin de ruissellement). Ils peuvent être construits en série (avec un bassin de pollution suivi d'un bassin hydraulique) ou être simple (dit aussi mixte), conçu pour une pluie Q2 ou Q10.

CEI : Centre d'exploitation et d'intervention de la DIR.

CEN : Conservatoire des espaces naturels, association loi 1901 pour la préservation des milieux naturels, des paysages et de la biodiversité. Son rôle de gestionnaire d'espaces naturels est reconnu d'intérêt général et agréé par l'État et la Région.

CL50 (72h) : concentration létale pour 50 % des individus, soumis pendant 72 heures à une substance.

DIR : Direction interdépartementale des routes.

EPR : abréviation employée dans ce rapport pour « Eau pluviale routière », synonyme de « eau pluviale ou eau de ruissellement de chaussée routière ».

Diversité : désigne dans ce rapport l'indice de diversité de Shannon-Weaver. Il prend en compte le nombre de taxons et leur abondance relative.

Hélophytes : plantes dont l'appareil végétatif et reproducteur sont à l'air libre, alors que l'appareil souterrain est fixé dans un substrat gorgé d'eau. Elles occupent la zone des eaux peu profondes, les sols humides et les berges exondées (d'après Eau et rivières de Bretagne).

OPIE : Office pour les insectes et leur environnement, association de protection de la nature et d'éducation à l'environnement, spécialisée sur les insectes.

Plan d'eau : désigne, dans ce rapport, indifféremment un bassin routier ou une mare de référence.

Pleustophytes : plantes qui dérivent au gré des vents ou de la houle sans capacité de mobilité propre. Les pleustophytes ne possèdent aucun système de fixation sur le substrat.

Pollution chronique routière : désigne la pollution produite par la route (chaussée, bordure ...) et sa circulation (voiture, hydrocarbures ...). Elle regroupe macro-éléments (matières en suspension, organique) et micro-éléments (métaux, hydrocarbures, phénols ...).

PRAM Grand Est : programme régional d'Actions Mares du CEN Lorraine

Q2, Q10 et Q100 : fréquence de pluie, de retour statistique, respectivement 2, 10 et 100 ans.

Saprobie : affinité des taxons à la pollution organique. Voir chapitre 6.3.1 .

Secteur : désigne, dans ce rapport, un couple constitué d'un bassin routier associé à une mare de référence. Trois secteurs sont étudiés.

SIG : système d'information géographique, basé sur des couches géographiques et spatiales informatisées.

Sténotherme : désigne les espèces qui ne peuvent supporter que des variations de température de faibles amplitudes (*in* Tachet et col., 2010).

Taxon : entité de classification des êtres vivants, à un rang quelconque (ordre, famille, genre, espèce, etc) et/ou unité (ou niveau) de détermination correspondante.

Théia : données publiques traitées par le CNES (Centre national d'études spatiales), associée à 11 structures publiques, dont le Cerema. Théia propose notamment une couche d'occupation des sols.

Trame bleue : réseau formé de continuités écologiques aquatiques identifiées par les Schémas régionaux de cohérence écologique ainsi que par les documents de planification de l'État, des collectivités territoriales et de leurs groupements. Les continuités écologiques comprennent des réservoirs de biodiversité et des corridors écologiques (articles L.371-1 et R.371-19 du code de l'environnement). 'd'après <https://www.trameverteetbleue.fr/presentation-tvb/qu-est-ce-que-trame-verte-bleue/definitions-trame-verte-bleue>'.

ZNIEFF : zone naturelle d'intérêt écologique, floristique et faunistique. C'est un inventaire initié par le Ministère chargé de l'environnement (loi du 12 juillet 1983) et lancé en 1982 par le Muséum national d'histoire naturelle. L'inventaire vise à connaître les espaces naturels, terrestres et marins, remarquables. Les inventaires naturalistes sont validés scientifiquement dans chaque région par le Conseil Scientifique Régional du Patrimoine Naturel puis nationalement par le Muséum National d'Histoire Naturel.

Liste des figures et des tableaux :

Index des tableaux

Tableau 1 - Protocole d'échantillonnage : liste des substrats pour les macro-invertébrés, prioritaires et non prioritaires :.....	15
Tableau 2 - Zones d'occupation des sols potentiellement les plus et les moins favorables à la biodiversité :.....	18
Tableau 3 - Relevés météorologiques à la station de Metz-Frescaty :.....	21
Tableau 4 - Description des hydro-écorégions de niveau 1 et 2 concernées par le périmètre d'étude :.....	22
Tableau 5 - Principales caractéristiques des bassins routiers et des mares retenus pour l'étude (avril et juillet 2022) :.....	33
Tableau 6 - Classement supposé de la qualité de l'eau des 7 plans d'eau :.....	36
Tableau 7 - Accidents routiers et fondants hivernaux sur la RN4 au niveau du secteur de Bénaménil, au premier semestre 2022 :.....	36
Tableau 8 - Accidents routiers et fondants hivernaux sur la RN431 au niveau du secteur de Metz-Magny, au premier semestre 2022 :.....	37
Tableau 9 - Dates de prélèvement des macro-invertébrés.....	38
Tableau 10 - Substrats présents dans les plans d'eau étudiés en avril 2022 :.....	43
Tableau 11 - <i>Idem</i> _juillet 2022 :.....	44
Tableau 12 - Synthèse sur la diversité de substrats présents dans les plans d'eau étudiés (valeurs pour avril et juillet) :.....	45
Tableau 13 - Niveau de détermination recherché pour la présente étude :.....	47
Tableau 14 - Nombre de taxons déterminés dans les bassins routiers et mares, tous substrats confondus, y compris « chasse »_avril 2022 :.....	51
Tableau 15 - Nombre de taxons déterminés, caractéristiques des bassins routiers ou des mares_avril :.....	53
Tableau 16 - <i>Idem</i> _juillet :.....	54
Tableau 17 - Nombre de taxons déterminés dans les bassins routiers et mares_tous substrats confondus, y compris « chasse », juillet 2022 :.....	55
Tableau 18 - Comparaison entre le nombre de genres des plans d'eau_avril et juillet 2022 :.....	56
Tableau 19 - Nombre de taxons caractéristiques par saison, pour tous les plans d'eau, avril et juillet :.....	57
Tableau 20 - Nombre de familles (dès le premier individu) par substrat présent dans les plans d'eau_avril 2022 :.....	62
Tableau 21 - <i>Idem</i> _juillet 2022 :.....	63
Tableau 22 - Nombre de familles (dès le premier individu) apportées par les hélophytes (2 échantillons élémentaires de 1/20 m ² chacun)_avril et juillet 2022 :.....	64
Tableau 23 - Méthode des saprobies, niveaux et valeurs :.....	66
Tableau 24 - Saprobies, niveaux et valeurs retenues pour le traitement des données :...	67
Tableau 25 - Nombre et taux d'espèces sensibles à la pollution organique dans les bassins routiers et mares_avril 2022 :.....	69
Tableau 26 - <i>Idem</i> _juillet 2022 :.....	70
Tableau 27 - Taux du nombre d'espèces polluosensibles des bassins routiers par rapport à leur mare de référence_avril 2022 :.....	72
Tableau 28 - <i>Idem</i> _juillet 2022 :.....	72
Tableau 29 - Indice Saprobique dans les bassins routiers et mares, avril et juillet :.....	73

Tableau 30 - Indices de salinité, disponibles sur le site freshwaterecology.info (paramètre « Salinity preference II ») :	74
Tableau 31 - Nombre et taux d'espèces sensibles à la salinité dans les bassins routiers et mares, pour l'indice de « salinity II » et l'indice de Priscart_avril 2022 :	75
Tableau 32 - Indices de salinité « Salinity preference II » disponible sur le site Freshwaterecology.info dans les bassins routiers et mares, tous substrats confondus, y compris « chasse » :	75
Tableau 33 - Indices de salinité, adapté d'après Priscart dans les bassins routiers et mares, tous substrats confondus, y compris « chasse »_avril 2022 :	76
Tableau 34 - Pourcentage du nombre des espèces SPEAR, de 0 (mauvais) à 100 (bon), dans les bassins routiers et mares_avril 2022 :	78
Tableau 35 - <i>Idem</i> _juillet 2022 :	78
Tableau 36 - Rapport entre l'abondance d'espèces SPEAR et l'abondance totale, de 0 (mauvais) à 100 (bon), dans les bassins routiers et mares_avril 2022 :	79
Tableau 37 - <i>Idem</i> _juillet 2022 :	79
Tableau 38 - Classement de la qualité chimique des plans d'eau :	81
Tableau 39 - Liste des espèces remarquables dans les bassins routiers et mares en avril (en haut) et juillet (en bas) 2022 :	86
Tableau 40 - Espèces exotiques et abondances dans les bassins routiers et mares_avril 2022 :	88
Tableau 41 - <i>Idem</i> _juillet 2022 :	88
Tableau 42 - Indice de Jaccard entre les mares de référence, pour le substrat hélophytes, au niveau de l'espèce, dès le premier individu_avril 2022 :	91
Tableau 43 - <i>Idem</i> _juillet 2022 :	91
Tableau 44 - Indice de Jaccard entre les bassins routiers et les mares de référence, pour le substrat hélophytes, au niveau de l'espèce, dès le premier individu_avril 2022 :	92
Tableau 45 - Indice de Jaccard entre avril et juillet pour les bassins routiers et les mares de référence, pour le substrat hélophytes, au niveau de l'espèce, dès le premier individu :	93
Tableau 46 - Richesse générique cumulée pour les deux saisons et pour les 7 plans d'eau, classée du plus riche au moins riche :	95
Tableau 47 - Diversité (indice de Shannon sur les genres), classée de la plus forte à la moins forte, et équitabilité (de Piélou) obtenues sur les 7 plans d'eau (cumul pour les deux saisons), :	96
Tableau 48 - Paramètres écologiques « locaux » (groupe 1) utilisés dans l'Analyse des Correspondances Multiples.....	98
Tableau 49 - Paramètres écologiques « paysagers » (groupe 2) utilisés dans l'Analyse des Correspondances Multiples.....	98
Tableau 50 - Indicateurs de biodiversité (groupe 3) utilisés dans l'Analyse des Correspondances Multiples.....	99

Index des figures

Figure 1A - Larves aquatiques dans leur fourreau d' <i>Agraylea sexmaculata</i> (Insecte, trichoptère).....	6
Figure 1B - Larve aquatique d' <i>Orthetrum albistylum</i> , tête et masque (Insecte, libellule).....	8
Figure 2-1 - Prélèvements de macro-invertébrés avec échantillonneurs Surber et haveneau.....	16
Figure 3-1 - Localisation des trois secteurs d'études, constitués chacun d'un bassin routier et de sa mare de référence.....	20
Figure 3-2 - Larve aquatique de Chironomidae, tête sortant du fourreau (Insecte, diptère).	23
Figure 3-3 - Occupation des sols autour du secteur de Bénaménil-Ouest et sa mare de référence de Marainviller, sur un rayon de 5 et 10 km :.....	24
Figure 3-4 - Adulte de <i>Hydrovatus cuspidatus</i> (Insecte, coléoptère).....	24
Figure 3-5 - Occupation des sols autour des secteurs 1 et 2 (rayon de 300 mètres) :.....	25
Figure 3-6 - Bassin routier de Bénaménil-Ouest.....	25
Figure 3-7 - Mare de Marainviller, avril 2022.....	26
Figure 3-8 - Occupation des sols du site de Bénaménil-Est et Manonviller.....	27
Figure 3-9 - Bassin routier de Bénaménil-Est.....	27
Figure 3-10 - Mare de Manonviller.....	28
Figure 3-11 - Occupation des sols du secteur de Metz-Magny et sa mare de référence Corny, sur un rayon de 5 et 10 km.....	30
Figure 3-12 - Occupation des sols autour du bassin de Metz-Magny (à gauche) et sa mare de Corny, à droite (rayon de 300 mètres) :.....	30
Figure 3-13 - Bassin routier de Metz-MagnyQ2, avril 2022.....	31
Figure 3-14 - Bassin routier de Metz-MagnyQ100, avril 2022.....	31
Figure 3-15 - Mare de Corny, juillet 2022.....	32
Figure 5-1: Pluviométrie sur la station de Saint-Maurice-aux-Forges lors de la période d'étude :.....	40
Figure 5-2: Pluviométrie sur la station de Metz-Frescaty lors de la période d'étude :.....	40
Figure 5-3 - <i>Hippeutis complanata</i> , jeunes individus (Mollusque, Gastéropode).....	42
Figure 6-1 - <i>Cloeon dipterum</i> (Insecte, éphéméroptère).....	50
Figure 6-2: Nombre de genres déterminés dans les bassins routiers et mares_ avril 2022 :	52
Figure 6-3: Nombre de genres déterminés dans les bassins routiers et mares_ juillet 2022 :	55
Figure 6-4 - Comparaison entre le nombre de genres et le pourcentage d'hélophytes et hydrophytes dans le plan d'eau (avril) :.....	59
Figure 6-5 - Comparaison entre le nombre de genres et le nombre de substrats différents prélevés :.....	59
Figure 6-6 - Adulte femelle d' <i>Acilius sulcatus</i> (Insecte, coléoptère).....	61

Figure 6-7 - Adulte d' <i>Hyphydrus ovatus</i> (Insecte, coléoptère).....	68
Figure 6-8 - larve aquatique de <i>Caenis robusta</i> (Insecte, éphémère).....	80
Figure 6-9 - <i>Anodonta anatina</i> (Mollusque bivalve).....	82
Figure 6-10 - <i>Pisidium conventus</i> (Mollusque bivalve).....	83
Figure 6-11 - larve aquatique de <i>Nemoura sciurus</i> (Insecte Plécoptère).....	83
Figure 6-12 - Adulte de <i>Cymatia rogenhoferi</i> (Insecte Hétéroptère).....	84
Figure 6-13 - <i>Synurella ambulans</i> (Crustacé amphipode).....	85
Figure 6-14 - A gauche <i>Asellus aquaticus</i> (Crustacé amphipode), à droite <i>Dugesia tigrina</i> (Vers planaire).....	87
Figure 6-15 - Comparaison de la distribution des valeurs de richesse générique pour les bassins et mares (cumul des deux saisons).....	96
Figure 6-16 - Comparaison de la distribution des valeurs de diversité pour les bassins et mares (cumul des deux saisons).....	97
Figure 6-17 - Résultat de l'Analyse des Correspondances Multiples – Projection des individus (bassins et mares).....	101
Figure 6-18 - Résultat de l'Analyse des Correspondances Multiples – Projection des modalités.....	101
Figure 6-19 - Résultat de l'Analyse des Correspondances Multiples – Projection des indicateurs de biodiversité (variables supplémentaires).....	102
Figure 6-20 - Corrélations entre la richesse et la diversité des macro-invertébrés, avec deux indicateurs de la disponibilité en sites aquatiques (« densité de la trame bleue »).	103
Figure 8-1 - <i>Leptocerus tineiformis</i> (Insecte, trichoptère à fourreau) et <i>Holocentropus</i> <i>stagnalis</i> (trichoptère libre).....	110

Bibliographie

- AFNOR, NF T90-333:2016 - Qualité de l'eau - Prélèvement des macro-invertébrés aquatiques en rivières peu profondes.
- AFNOR, NF T90-388:2020 - Qualité de l'eau – Analyse d'échantillons contenant des macro-invertébrés de cours d'eau, canaux et plans d'eau.
- Agence de l'eau Rhin-Meuse, 1989 – Atlas de la lithologie et de la perméabilité du bassin Rhin-Meuse – réalisé par Zumsteim (J.F.) et col. – 22p
- ASKEN (R.R.), 1988 – The dragonflies of Europe – Colchester (Essex) : Harley Books, 1988 – 291 pages
- Cerema, 2020 - Quelle est la biodiversité dans les bassins routiers ? Quelles conséquences sur les milieux récepteurs ? - Étude bibliographique, première approche à partir des macro-invertébrés et note d'enjeux - réalisé par Pierre MAZUER – 39p
- Cerema, 2021 – Qualification et caractérisation des pollutions chroniques routières – réalisé par Céline Gibelin – site de Trappes – 90p
- Cerema, 2022 – Évaluation de l'impact des rejets chroniques des eaux pluviales routières sur la qualité biologique des rivières, relevés complémentaires 2021 (rejet de l'A31 dans le Veymerange), proposition d'indicateurs biologiques – auteur : MAZUER P. - Metz : Cerema-Est, 2022 – 33p + rapports d'annexes.
- Cerema , 2024 – les moustiques dans quatre bassins routiers et trois mares de référence situés en Lorraine (2022) – réalisé par Pierre MAZUER – Metz – 59p
- Cerema , 2024 – les communautés de moustiques dans 6 bassins routiers de Lorraine , suivi 2023 - réalisé par Pierre MAZUER – Metz
- CLARKE (J. M.), 2014 – A review of the factors affecting the biodiversity of constructed stormwater management systems along road – Bachelor of science thesis – Chalmers University of technology – 44 p.
- DEDIEU (N) et VERNEAUX (V), 2017 – Développement d'un indice macro-invertébrés lacustre DCE français – Appui scientifique à la mise en œuvre de la Directive cadre sur l'eau – annexe technique : protocole test.
- Direction interdépartementale des routes, Service systèmes et réseaux, 2020 – Observatoires des trafics 2019 – 15 p.
- EGGERS (Thomas Ols), MARTENS (Andreas), 2001 – Bestimmungsschlüssel der Süßwasser-Amphipoda (Crustacea) Deutschlands – Dinkelscherben : Lauterbornia, 2001 – Lauterbornia 42:1-68 - 68 pages
- Freshwaterecology.info. Site Internet
- GTPOR (guide technique Pollution d'origine routière) – voir SETRA, 2007
- JACQUEMIN (G), 2005 - Une punaise aquatique rare découverte en Lorraine: *Cymatia rogenhoferi* (FIEBER, 1864) (HETEROPTERA, Corixidae) - Biologie des Insectes, Laboratoire de Biologie expérimentale – Immunologie - 2p
- Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen, 2010 – Taxonomie für die Praxis, Bestimmungshilfen – Makrozoobenthos – LANUV-Arbeitsblatt 14.
- LE VIOL (I) et col., 2009 - The contribution of motorway stormwater retention ponds to the biodiversity of aquatic macroinvertebrates - Biological Conservation - 9p

LISS (M), VON DER OHE (PC), 2005 - Analyzing effects of pesticides on invertebrate communities in streams - Environmental Toxicology and Chemistry, 24 (4), 954-965.

MAZUER (P), 2022 – Impact des eaux pluviales routières sur les cours d'eau – Nouveaux outils d'évaluation – Revue générale des routes et aménagements - 991 (2022) : 20 - 25.

MONDY (C.P.) et col. 2011 – A new macroinvertebrate-based multimetric index (I2M2) to evaluate ecological quality of Frensch wadeable streams fulfilling the WFD demands : a taxonomical and trait approach – Elsevier – Ecological indicators 18 (2012) p 452 – 467

NISBET (M) et VERNEAUX (J), 1970 – Composantes chimiques des eaux courantes, discussion et proposition de classes en tant que base d'interprétation des analyses chimiques – Annales de limnologie t6, fasc2, p161-190.

NQE : norme de qualité environnemental des substances chimiques, définie dans la directive européenne cadre sur l'eau (DCE) de 2000. Les valeurs des NQE françaises sont fixées par arrêtés ministériels.

OPIE benthos : <http://www.opie-benthos.fr/opie/insecte.php>

Pattée (E) et Gourbault (N), 1981 – Turbellariés triclades paludicoles (planaires d'eau douce) – Bulletin de la société linnéenne de Lyon n°9

PISCART (C) et BOLLACHE (L), 2012 – Crustacés Amphipodes de surface (Gammars d'eau douce) – Thonon-les-Bains : Association française de limnologie, 2012 – AFL n° 11 – 113 pages.

PISCART (C), 2011 – Salinisation et biodiversité des macro-invertébrés dulçaquicoles – Éditions universitaires européennes - 113p

PISCART (C), Ben J. Kefford (B.J), Jean-Nicolas Beisel (J-N), 2011 - Are salinity tolerances of non-native macroinvertebrates in France an indicator of potential for their translocation in a new area ? Limnologica 41 (2011) 107–112

SCHER (O), 2005 – les bassins d'eau pluviale autoroutiers en région méditerranéenne : fonctionnement et biodiversité – Évaluation de l'impact de la pollution routière sur les communautés animales aquatiques – thèse de l'université de Provence – Aix-Marseille I – 168 p + annexes

SETRA – 2007 - Guide technique Pollution d'origine routière (GTPOR) – Conception des ouvrages de traitement des eaux –

SETRA, 2011 – L'impact des fondants routiers sur l'environnement – Etat des connaissances et pistes d'actions – Note d'information n°94 – 24p

SUAIRE (Remi), 2015 - Dynamique de transfert des fondants routiers dans un bassin de rétention des eaux de ruissellement routières : vers une solution d'assainissement par phytoremédiation – Thèse de doctorat - Université de Lorraine – 204p

TACHET et col., 2010 – Invertébrés d'eau douce, systématique, biologie, écologie – CNRS Editions

WASSON et col. (JB), 2002 – Les hydro-écorégions de France métropolitaine, Approche régionale de la typologie des eaux courantes et éléments pour la définition des peuplements de référence d'invertébrés – Cemagref, Lyon.

Annexes (voir rapports spécifiques)

Rapport : Annexe A : fiches de terrains et listes faunistiques.

Rapport : Annexes B à I

Annexe B1 - Fiche vierge de reconnaissance d'un bassin

Annexe B2 - Fiche vierge de reconnaissance d'une mare

Annexe C1 - Tableau de synthèse de la phase de sélection des sites : bassins en zone favorable

Annexe C2 - Tableau de synthèse de la phase de sélection des sites : bassins en zone défavorable

Annexe D - Cartes géologiques

Annexe E - Hydro-écorégions

Annexe F - Difficultés de détermination taxonomique

Annexe G - Listes taxonomiques et abondances des bassins routiers et mares de référence, tous substrats confondus, en incluant les substrats supplémentaires_avril et juillet 2022

Annexe H - Répartition des taxons entre bassins routiers et mares_avril et juillet 2022

Annexe I - Note méthodologique sur l'intérêt des prélèvements supplémentaires au protocole de base



**RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*



Cerema

CLIMAT & TERRITOIRES DE DEMAIN

Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement

Siège social : Cité des mobilités - 25 avenue François Mitterrand - CS 92 803 - 69674 Bron Cedex -

Tél. : +33 (0)4 72 14 30 30 – www.cerema.fr

Cerema-Est Bâtiment C, Île du Saulcy, CS 30855, 57045 Metz Cedex 1 - Tel : +33 (0)3 87 20 43 00