

Rapport de projet

Biocénose du bras « Lachen » du Rhin (Petite Camargue Alsacienne)

Possibilités de les favoriser avec des améliorations de l'habitat



Bâle, le 13 mars 2024



Mentions obligatoires

Client

Association Suisse Pro Petite Camargue Alsacienne
c/o Andreas Sturm
Inzlingerstrasse 301
4125 Riehen

Prestataire

Life Science AG
Greifengasse 7
CH-4058 Bâle
lifescience@lifescience.ch

Partenaires du projet

Réserve naturelle Petite Camargue Alsacienne
1 rue de la Pisciculture
68300 Saint-Louis

Auteurs

Daniel Küry, Life Science AG daniel.kuery@lifescience.ch
Alexander Freude, Life Science AG, alexander.freude@lifescience.ch
Collaboration au rapport : Daniel Zeitner

Citation

Küry, D. & Freude, A. 2024. Biocénose du bras mort du Rhin « Lachen » (Petite Camargue Alsacienne). Possibilités de la promouvoir avec des améliorations de l'habitat. Rapport de projet commandé par la Station de recherche Petite Camargue Alsacienne de l'Université de Bâle, 33 pages + annexe

Première page de photos

Lachen en juillet 2023 (Photo : D. Küry)

Remerciements

Nous tenons à remercier le Prof. Valentin Amrhein, responsable de la station de recherche Petite Camargue Alsacienne, pour la commande et la collaboration, ainsi que Léa Merckling de la Réserve naturelle Petite Camargue Alsacienne pour les permis et l'échange de contenu.



Résumé

Le Lachen est un bras mort du Rhin et fait partie de la réserve naturelle de la Petite Camargue Alsacienne. Avant la construction d'une station d'épuration des eaux usées, la commune de Village-Neuf déversait ses eaux usées dans cet ancien bras secondaire, ce qui avait entraîné une forte pollution nutritive (eutrophisation, hypertrophie). Malgré le traitement des eaux usées effectué entre-temps, l'état actuel du cours d'eau ne correspond pas aux objectifs de la réserve naturelle. Un assainissement et une revalorisation écologique du Lachen s'imposent donc. Une étude extensive des biocénoses a donc été menée en 2023 avec les objectifs suivants : (1) vérifier la situation d'eutrophisation, (2) caractériser la biocénose actuelle, (3) évaluer l'état écologique du Lachen en le comparant à l'Ancien Bras au Kirchenerkopf qui n'est pas pollué par les eaux usées, (4) schématiser les mesures qui permettront d'améliorer l'état écologique du cours d'eau à long terme.

De mars à octobre 2023, les paramètres physico-chimiques, les plantes vasculaires ainsi que les principaux groupes d'animaux (macrozoobenthos, libellules, poissons, amphibiens, reptiles, oiseaux et mammifères) ont été étudiés en partie avec des méthodes standardisées et en partie avec des relevés exploratoires.

Les paramètres chimiques indiquant des conditions pauvres en oxygène dans le Lachen sont à l'origine des différences faunistiques et floristiques par rapport à l'Ancien Bras non pollué au Kirchenerkopf. A part les espèces de roseaux sur les rives, aucune plante vasculaire n'a été détectée dans le Lachen. Les groupes d'animaux terrestres étaient représentés avec une diversité et une fréquence comparable dans le Lachen et dans le cours d'eau de référence (Ancien Bras), mais les amphibiens et les groupes d'invertébrés disposant d'un stade larvaire aquatique n'ont pas réussi à se développer dans le Lachen. Pourtant, les structures attirantes sur les rives du Lachen ont un effet attractif sur les amphibiens et les libellules. En conséquence, l'absence de reproduction réussie est probablement due à la qualité insuffisante de l'eau.

Les objectifs et les mesures d'assainissement du Lachen qui ont déjà fait leurs preuves à d'autres endroits prévoient l'arrêt des rejets d'eaux usées, l'enlèvement des sédiments au fond du cours d'eau (par pelleuse ou drague aspirante) et leur déversement, ainsi que le refoulement des roselières denses sur les rives. Une estimation des coûts et la pesée des avantages et des inconvénients des différentes mesures constituent la base de la prise de décision pour planifier la suite des opérations.

Table des matières

1	Situation initiale	5
1.1	Evolution du paysage du sud du Rhin supérieur aux XIXe et XXe siècles	5
1.2	Raison et objectif des enquêtes	6
2	Domaine d'étude et méthodes	7
2.1	Les eaux examinées	7
2.2	Enquête sur les paramètres physico-chimiques	8
2.3	Enregistrement de la communauté	8
3	État actuel des milieux et de la biocénose	10
3.1	Paramètres chimiques et physiques	10
3.2	Oiseaux et mammifères	10
3.3	Reptiles	12
3.4	Amphibiens	13
3.5	Poissons	Fehler! Textmarke nicht definiert.
3.6	Libellules	Fehler! Textmarke nicht definiert.
3.7	Macrozoobenthos	17
3.8	Plantes vasculaires	18
4	Évaluation de l'état écologique du rire et analyse des causes	20
5	objectifs de développement du rire	23
6	mesures proposées	24
6.1	Rénovation du relief du bassin de rétention des eaux pluviales	24
6.2	Élimination des sédiments	24
6.3	Estimation approximative des coûts	29
7	Évaluation des mesures et recommandations	30
8	Outlook, étapes supplémentaires	31
9	Bibliographie	32

10 AnnexeFehler! Textmarke nicht definiert.

Annexe 1 : Localisation des cachettes artificielles et des nasses à poissons	34
Annexe 2 : Photos de vertébrés	36
Amphibiens	36
Reptiles	38
Poissons	40
Oiseaux	42
Mammifères	48

1 Situation initiale

1.1 Evolution du paysage du Rhin supérieur du sud aux XIXe et XXe siècles

Le cours ramifié du Rhin (zone de furcation) a été modifié à grande échelle aux XIXe et XXe siècles (Figure 1). La grande correction du Rhin menée par Johann Gottfried Tulla a commencé vers 1840 dans la partie la plus méridionale du Rhin supérieur et, en raison de l'approfondissement du fleuve et de l'abaissement du niveau de la nappe phréatique, a entraîné des changements massifs dans le paysage. Avec la construction du Grand Canal d'Alsace peu après la Première Guerre mondiale, un plan d'eau artificiel a été créé entre Bâle et Breisach, qui absorbe la plupart des eaux de ruissellement de surface à niveau d'eau moyen. Le drainage de vastes zones du fond de la vallée a permis l'intensification de l'agriculture, le développement progressif des agglomérations et l'expansion des voiries dans des zones du paysage auparavant pratiquement inutilisables.

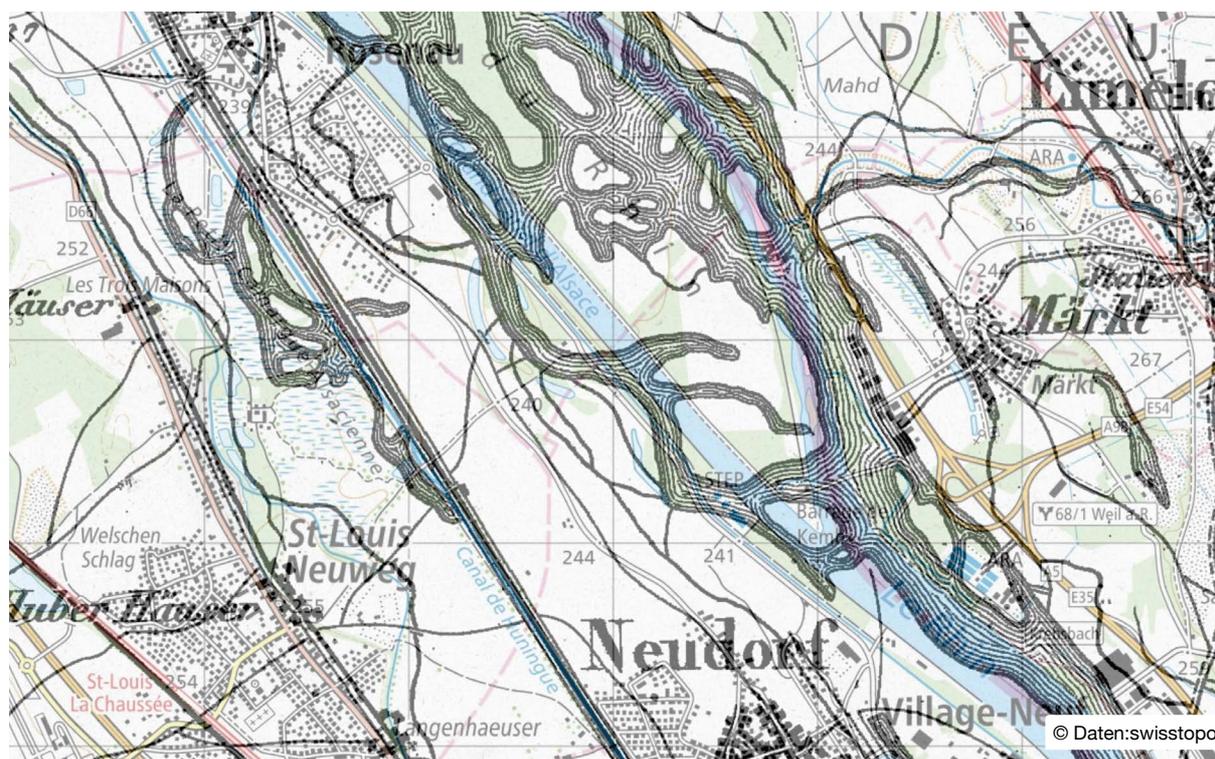


Figure 1: Superposition de la carte nationale actuelle et de la carte historique avant la correction du Rhin (<https://map.geo.admin.ch>).

À la suite de ces mesures, les bras du Rhin furent séparés du Rhin. Des eaux anciennes comme l'Ancien Bras et le Lachen ont émergé, qui existent encore aujourd'hui sous forme d'eaux libres. En raison de la croissance des plantes des berges vers le milieu de l'eau, ce qu'on appelle l'envasement, la surface d'eau libre a été progressivement réduite.

Dans les années 1970, les eaux du réseau d'égouts de Village-Neuf étaient déversées dans le Lachen et dans les années 1980, une station d'épuration

a été construite pour traiter les eaux usées avant qu'elles ne se déversent dans le Grand Canal d'Alsace.



Figure 2: Résidus des événements de relief dans le canal entre le bassin de rétention des eaux pluviales et le Lachen (février 2023).

Il existe aujourd'hui un bassin de rétention de pluie au sud-est du Lachen, qui collecte les pics d'eaux usées du réseau d'égouts mixtes en cas de fortes pluies et les alimente avec retard vers la station d'épuration. Apparemment, cependant, les eaux usées non traitées s'écoulent toujours dans le canal et le Lachen lors de pluies particulièrement intenses (Figure 2).

1.2 Raison et objectif des enquêtes

Il y a trente ans, une étude examinait la pollution du Lachen et soulignait la nécessité d'une réhabilitation et d'une amélioration écologique de l'eau (Bertram, 1994). Depuis, le besoin de rénovation a été quelque peu oublié en raison d'autres projets urgents.

La station de recherche de la Petite Camargue Alsacienne a mandaté la société Life Science AG pour enquêter sur la communauté de vie du Lachen. L'étude vise à atteindre les objectifs suivants : (1) examiner de la situation d'eutrophisation, (2) caractériser de la communauté actuelle, (3) évaluer de l'état écologique par comparaison avec la situation antérieure (pour autant que connue) et la communauté de l'environnement non contaminée par les eaux usées du Ancien Bras au Kirchenerkopf, (4) Préciser les mesures permettant d'améliorer à long terme l'état écologique du Lachen.

2.2 Enquête sur les paramètres physico-chimiques

Les paramètres chimiques et physiques ont été examinés au printemps 2023 comme paramètres d'orientation afin d'identifier les différences majeures entre les deux plans d'eau. Des tests rapides disponibles dans le commerce (JBL, EasyTest 6in1) ont été utilisés, qui fournissent des informations approximatives sur les paramètres suivants : NO_3^- , NO_2^- , GH, KH, pH et Cl_2 .

2.3 La saisie de la biocénose

2.3.1 Amphibiens

La procédure de saisie des amphibiens était basée sur les ouvrages standards Schlüpmann & Kupfer (2009) et Hachtel et al. (2009a) et les fiches méthodologiques d'Albrecht et al. (2013). Au Lachen, les amphibiens ont été localisés et identifiés au cours de quatre passages (de mars à juin) par observation directe, captures à l'épuisette et perceptions auditives nocturnes des individus qui appelaient. En plus de l'espèce, les stades d'âge (adultes, subadultes, têtards et frai) ont également été notés. La durée d'observation par passage et par plan d'eau était d'au moins 2 heures.

Les différentes espèces du complexe de *Pelophylax* sont difficiles à distinguer sur la base d'observations visuelles ou de cris, c'est pourquoi aucune distinction n'a été faite. Sur l'Ancien Bras II manquait le premier cycle de mars et donc également des preuves d'un frai précoce, car il n'était pas encore clair à l'époque si un plan d'eau de référence pouvait être examiné en plus de la zone de frai. Des captures nocturnes supplémentaires au pièges (15 petits pièges à poissons par plan d'eau lors de deux passages en juin et juillet) ont été utilisées pour détecter la présence ou l'absence de tritons.

2.3.2 Reptiles

La procédure de saisie des reptiles était basée sur Blanke (2006), Hachtel et al. (2009b) et les fiches méthodologiques d'Albrecht et al. (2013). Les reptiles ont été cartographiés au moyen d'observations visuelles au cours de quatre passages (de mars à août). À cette fin, des transects ont été parcourus lentement (2 h/km) dans des endroits présentant une structure appropriée (y compris des lisières d'arbres ensoleillées et bien structurées) dans des conditions météorologiques optimales. De plus, des cachettes artificielles (neuf feuilles de plastique ondulées de 50 x 100 cm chacune) placées sur des structures appropriées ont été vérifiées au préalable pour détecter les reptiles prenant le soleil ou cherchant un abri.

2.3.3 Poissons

Les poissons n'ont pas été enregistrés systématiquement, mais ont été notés lors de travaux de cartographie d'autres groupes d'organismes. En

particulier, les captures d'amphibiens au casier en juin et juillet ont donné de nombreux enregistrements de petits poissons comme prises accessoires.

2.3.4 Oiseaux et mammifères

À l'aide de deux caméras animalières (Bushnell, 32 MP CORE DS-4K), des oiseaux et des mammifères ont été capturés de mars à octobre 2023 dans des endroits appropriés (zones avec des traces spécifiques aux espèces et dans la zone des roseaux) à proximité immédiate du plan d'eau concerné. Les photos ont été évaluées à l'ordinateur et, si possible, identifiées par espèce. Les photos contiennent également plusieurs enregistrements des mêmes individus et ne fournissent donc aucune information sur les densités de population des espèces animales individuelles, car le même individu peut avoir été photographié plusieurs fois par jour. D'autres espèces d'oiseaux ou de mammifères ont été identifiées sous forme d'observations visuelles accidentelles ou de perceptions auditives lors d'inspections d'autres groupes d'organismes.

2.3.5 Macrozoobenthos

L'échantillonnage du macrozoobenthos a été basé sur la méthode IBEM (Indice de Biodiversité des Etangs et Mares) de Indermühle et al. (2008) et a eu lieu le 22 mai, le 31 juillet et le 6 octobre 2023. En fonction de la taille du plan d'eau, des prélèvements au pied ont été effectués à quatre (Lachen) et six endroits (Ancien Bras - référence) à l'aide d'une épuisette (25 x 25 cm, maillage de 500 µm). Les échantillons ont été conservés dans de l'éthanol (environ 80 %) sur le terrain et finalement identifiés à l'espèce, tant que possible, en laboratoire à l'aide d'une loupe binoculaire.

2.3.6 Libellules

Pour les libellules, des inspections de transects standardisées ont été réalisées dans des zones identiques du côté de l'eau et du côté terre des roselières de la zone des berges. Les études sur les libellules ont eu lieu pendant la durée de vol optimale (entre 9h et 17h), dans des conditions calmes, par temps ensoleillé et sans nuages et à des températures >18 °C (Küry & Christ 2010). Quatre dates d'inspection ont été réparties sur toute la période de vol des libellules (21 mai 2023, 5 juin 2023, 26 juin 2023, 5 septembre 2023) et complétées par des observations visuelles complémentaires.

2.3.7 Plantes vasculaires

Le recensement des plantes vasculaires a eu lieu le 5 septembre 2023 aux mêmes endroits que les enquêtes sur le macrozoobenthos et avaient pour objectif de documenter les habitats des espèces d'invertébrés.

3 État actuel des milieux et de la biocénose

3.1 Paramètres chimiques et physiques

On remarque particulièrement la différence dans les concentrations de nitrite (NO_2^-), qui était plus élevée dans le Lachen avec des valeurs $> 0,5$ mg/l que dans l'Ancien Bras (Tableau 1). La valeur de guide suisse de 0,3 mg/l (GSchV, annexe 3.1) est dépassée à cet égard. Les concentrations moyennes de nitrites mesurées dans le Lachen par Bertram (1994) étaient de 1,4 mg/L, bien au-dessus de la valeur standard. Les valeurs des nitrates (NO_3^-) différaient selon le point de mesure dans les eaux. Cependant, ils étaient généralement plus élevés dans le Lachen que dans l'Ancien Bras. Il n'y avait pas de différences notables dans les autres paramètres, dureté d'eau et dureté carbonatée (GH, KH), pH et chlore (Cl_2).

Des analyses plus approfondies de la qualité chimique de l'eau permettraient d'obtenir une image plus claire de la qualité actuelle de l'eau. Surtout des mesures supplémentaires de l'oxygène et du phosphore seraient utiles, tout comme des séries de mesures plus longues.

Tableau 1: Paramètres chimiques et physiques du Lachen. Les valeurs accrues de nitrites (NO_2^-) sont colorées en rouge. GH : dureté totale, KH : dureté carbonatée

Date	Coordonnées (N/E)	NO_3^- (mg/l)	NO_2^- (mg/l)	GH (°dH)	KH (°d)	pH	Cl_2 (mg/l)
Lachen							
18 avril 2023	7.5597542 / 47.6209506	10	0	>14	20	7.2	0
18 avril 2023	7.5596837 / 47.6202630	0-10	>0,5	>14	15	7.6	0
18 avril 2023	7.5597364 / 47.6200690	0-10	>0,5	>14	20	8.4	0
18 avril 2023	7.5602229 / 47.6195174	10	>0,5	7-14	10	7.2-7.6	0
18 avril 2023	7.5614164 / 47.6185464	0-10	>0,5	>14	15	7.6-8	0,5
18 avril 2023	7.5609853 / 47.6176842	0-10	>0,5	>21	20	8.4	0,8-1,5
Ancien Bras							
24 avril 2023	7.5488516 / 47.6283417	0	0	>14	15	7.6	0,8
24 avril 2023	7.550602 / 47.6251277	10	0	>14	20	7.2	0,8
24 avril 2023	7.5508332 / 47.6250914	0	0	>7	20	6.8	0,8
24 avril 2023	7.5497228 / 47.6263657	0	0	>14	15	7.6	0

3.2 Oiseaux et mammifères

Au total, 19 espèces d'oiseaux ont été détectées dans la zone d'étude à l'aide des caméras animalières (Tableau 2). Malgré la mauvaise qualité de l'eau du Lachen, un nombre relativement important d'espèces d'oiseaux se

trouvaient dans l'eau ou sur les berges. Outre le canard colvert commun (*Anas platyrhynchos*), la fuligule morillon (*Aythya fuligula*), le canard chipeau (*Mareca strepera*) et la gallinule poule-d'eau (*Gallinula chloropus*) est très souvent photographié dans l'eau. De nombreuses photos montraient des grèbes castagneux au Lachen près du bosquet de la berge. La fuligule morillon et le grèbe castagneux (*Tachybaptus ruficollis*) se nourrissent notamment de mollusques et de larves de diptères (König, 1982), que l'on retrouve souvent dans les eaux polluées. La gallinule poule-d'eau et le canard chipeau ont besoin de zones de berges à forte végétation (König, 1982). Un couple de sarcelles d'hiver (*Anas crecca*) a été photographié dans la forêt bordant le Lachen. Même un martin-pêcheur (*Alcedo atthis*) a été aperçu à plusieurs reprises en vol. Néanmoins, aucun oiseau héron (*Ardea cinerea*, *Ardea alba*, *Egretta garzetta*) ont pu être détectés au Lachen, bien qu'ils étaient des visiteurs fréquents au Ancien Bras. Le manque des hérons au Lachen pourrait être lié au manque de poissons. Aussi manquaient au Lachen les oies cendrées (*Anser anser*), qui, en revanche, à l'Ancien Bras pourraient être déterminés.

Tableau 2: Nombre d'images individuelles de diverses espèces d'oiseaux sur et au-dessus des plans d'eau du Lachen et de l'Ancien Bras prises avec des caméras animalières.

Espèce	Lachen	Ancien Bras
Foulque macroule (<i>Fulica atra</i>)	1	
Martin-pêcheur (<i>Alcedo atthis</i>)	3	
Oie cendrée (<i>Anser anser</i>)		7
Héron cendré (<i>Ardea cinerea</i>)	1	104
Sarcelle d'hiver (<i>Anas crecca</i>)	6	
Coucou gris (<i>Cuculus canorus</i>)		1
Canard souchet (<i>Spatula clypeata</i>)	2	
Rossignol philomèle (<i>Luscinia megarhynchos</i>)		1
Ouette d'Égypte (<i>Alopochen aegyptiaca</i>)	6	
Corneille noire (<i>Corvus corone</i>)		13
Fuligule morillon (<i>Aythya fuligula</i>)	296	
Pigeon ramier (<i>Columba palumbus</i>)	7	3
Canard chipeau (<i>Mareca strepera</i>)	45	
Aigrette garzette (<i>Egretta garzetta</i>)		18
Grande Aigrette (<i>Ardea alba</i>)		17
Canard colvert (<i>Anas platyrhynchos</i>)	424	76
Gallinule poule-d'eau (<i>Gallinula chloropus</i>)	325	6
Rousserolle effarvatte (<i>Acrocephalus scirpacea</i>)	3	3
Grèbe castagneux (<i>Tachybaptus ruficollis</i>)	90	
Nombre d'espèces d'oiseaux	13	11

À l'aide des mêmes caméras animalières, huit taxons de mammifères ont été détectés dans la zone d'étude (Tableau 3). Dans la forêt et au bord du Lachen, des chevreuils (*Capreolus capreolus*) et le sanglier (*Sus scrofa*) ont été photographiés. Ils étaient parfois rejoints par des prédateurs comme le renard roux (*Vulpes vulpes*), la martre (*Martes* sp.) et un chat (*Felis* sp.). Le

blaireau européen (*Meles meles*) et un rongeur non identifié (Rodentia gen. sp.) ont également été signalés sur les rives du Lachen.

Tableau 3: Nombre d'images individuelles de diverses espèces de mammifères prises avec des caméras animalières sur et au-dessus des plans d'eau du Lachen et de l'Ancien Bras.

Espèce/Taxon	Lachen	Ancien Bras
Rat musqué (<i>Ondatra zibethicus</i>)		15
Blaireau européen (<i>Meles meles</i>)	3	
Chevreuil européen (<i>Capreolus capreolus</i>)	81	20
Chat (<i>Felis</i> sp.)	1	
Martre (<i>Martes</i> sp.)	2	
Rongeur (Rodentia gen. sp.)	3	
Renard roux (<i>Vulpes vulpes</i>)	8	
Sanglier (<i>Sus scrofa</i>)	30	
Nombre d'espèces de mammifères	7	2

Sur l'Ancien Bras cependant, seul le chevreuil (*Capreolus capreolus*) et le rat musqué (*Ondatra zibethicus*) ont pu être photographié. La différence de la faune mammifère peut s'expliquer par la position de la caméra animalière, qui se trouvait sur l'Ancien Bras visant uniquement la surface de l'eau, tandis qu'au Lachen, des emplacements dans la forêt et dans les buissons des berges ont également été choisis, ce qui a augmenté la proportion d'espèces terrestres enregistrées.

3.3 Reptiles

Dans la zone étendue des rives du Lachen (rigue ouest avec frange boisée et vastes prairies), les trois espèces de reptiles lézards agiles (*Lacerta agilis*; deux individus), overt commun (*Anguis fragile*; quatre individus) et la couleuvre helvétique (*Natrix helvetica*; un individu) pouvaient être détecté (Tableau 4). En mai et juin, une couleuvre helvétique pouvait également être observée nageant dans la piscine.

Tableau 4: Somme des individus des espèces de reptiles observées dans le Lachen et dans l'Ancien Bras identifiés à l'aide de cachettes artificielles et d'observations directes.

Espèce	Lachen	Ancien Bras
Overt commun (<i>Anguis fragile</i>)	4	
Couleuvre helvétique (<i>Natrix helvetica</i>)	1	2
Lézard agile (<i>Lacerta agilis</i>)	2	2
Nombre d'espèces	3	2

Sur l'Ancien Bras il manquait le overt commun. Cependant, deux lézards agiles et deux couleuvres helvétiques ont également pu être observés sur la rive ouest ensoleillée. Les overts communs détectés dans la zone d'étude ont été retrouvés exclusivement sous des cachettes artificielles, les lézards agiles sur des tas de branches et en bordure d'arbres dans des trouées de

végétation, et les couleuvres helvétiques sous des cachettes artificielles, dans des roseaux ou des buissons.

3.4 Amphibiens

Dans la zone d'étude, les cinq espèces d'amphibiens grenouille verte, grenouille rousse, crapaud calamite, rainette verte et alyte accoucheur ont été identifiées grâce à des observations visuelles (Tableau 5).

Tableau 5: Nombre d'individus de différentes espèces d'amphibiens dans le Lachen et dans l'Ancien Bras prouvé par observation visuelle, captures au filet et perceptions auditives. Pour le complexe grenouille verte: indication du nombre moyen d'individus par étape de saisie. Étapes: ad=adulte, sub = subadulte, lar =têtards.

Taxon	Lachen	Ancien Bras
Rainette verte (<i>Hyla arborea</i>)	3 ad	
Alyte accoucheur (<i>Alytes obstetricans</i>)	2 ad	2 ad
Grenouille rousse (<i>Rana temporaria</i>)	1 ad, 2 pontes	
Crapaud calamite (<i>Epidalea calamita</i>)		1 ad
Complexe de grenouille verte européenne (<i>Pelophylax</i> sp.)	35 ad/sub	85 ad/sub , environ 1500 lar
Nombre d'espèces	4	3

Le complexe de grenouille verte (*Pelophylax* agg.) était de loin la population d'amphibiens la plus élevée à la fois dans le Lachen et dans l'Ancien Bras. En moyenne, 85 individus ont été cartographiés à l'Ancien Bras et 35 au Lachen par date d'inspection (observations visuelles et appels). Les quelques individus du complexe de grenouille verte qui ont pu être brièvement capturés et identifiés morphologiquement à l'espèce étaient des grenouilles rieuses (*Pelophylax ridibundus*) et les grenouilles vertes européennes (*Pelophylax esculentus*).

En regardant les tranches d'âge observées, on remarque qu'aucun têtard n'a été trouvé dans le Lachen – contrairement à l'Ancien Bras , où ils étaient présents en grand nombre à partir de juin (exclusivement *Pelophylax* agg.). Au Lachen, cependant, deux pontes de la grenouille rousse (*Rana temporaria*) ont été cartographiées le 15 mars 2023 et un individu adulte a été observé. Cependant, lors des recensements ultérieures, d'autres traces de grenouilles rousses (têtards, juvéniles ou adultes) manquaient, ce qui indique que la qualité de l'eau (turbidité et manque d'oxygène) du Lachen ne permet pas le développement des larves d'amphibiens.

Dans la nuit du 28 mai 2023, trois rainettes vertes mâles (*Hyla arborea*) ont été observés sur les rives boisées nord et est du Lachen. Lors de l'inspection ultérieure du 21 juin 2023, malgré des recherches intensives, aucune trace de pontes ou de têtards de la rainette verte n'a pu être trouvée. On peut supposer que la reproduction de la rainette verte ne se produit pas dans le Lachen malgré des habitats terrestres appropriés. L'espèce ne se trouvait pas à l'Ancien Bras. Vraisemblablement plusieurs eaux de reproduction sont situées dans l'environnement étendu de l'Ancien Bras qui conviennent mieux à la rainette verte et sont exemptes de poissons.

Les alytes accoucheurs (*Alytes obstetricans*) appelants sont restés dans leur habitat terrestre dans toute la zone d'étude pendant la saison de reproduction. Surtout, la végétation éparsée et bien ensoleillée, les lisières des forêts et les vastes prairies constituaient les habitats terrestres préférés. Cependant, une preuve de reproduction au Lachen ou à l'Ancien Bras n'a pas réussi.

Aucune espèce de triton n'a pu être détectée ni pendant les observations visuelles ni dans les captures au piège. Seuls des amphibiens du complexe des grenouilles vertes ont été trouvés dans les pièges à poissons, notamment des grenouilles rieuses (*Pelophylax ridibundus*).

3.5 Poissons

Aucun poisson n'a été détecté dans le Lachen pendant toute la période d'étude (Tableau 6). Cela met en évidence les carences massives et la nécessité d'améliorer la qualité de l'eau (manque d'oxygène, d'ammonium, turbidité).

Tableau 6: Nombre déterminé d'individus de différentes espèces de poissons dans le Lachen et dans l'Ancien Bras lors de leur capture dans les casiers à poissons le 21 juin 2023.

Espèce	Lachen	Ancien Bras
Épinoche à trois épines (<i>Gasterosteus aculeatus</i>)		3
Carpe commune (<i>Cyprinus carpio</i>)		5
Rotengle (<i>Scardinius erythrophthalmus</i>)		1
Tanche (<i>Tinca tinca</i>)		2
Nombre d'espèces	0	4

Toutefois, dans l'Ancien Bras les poissons suivants ont été trouvés comme prises accessoires dans les pièges à amphibiens (le 21 juin 2023) (Tableau 6): Épinoche à trois épines (*Gasterosteus aculeatus*), la carpe commune (*Cyprinus carpio*), la rotengle (*Scardinius erythrophthalmus*) et la tanche (*Tinca tinca*). De plus, avec la caméra animalière à l'Ancien Bras, des poissons ressemblant à des carpes (Cyprinidae) ont été photographiés presque quotidiennement.

3.6 Libellules

Au total, 29 espèces de libellules adultes ont été observées dans les deux plans d'eau. Il s'agit de 83% des 35 espèces de libellules identifiées jusqu'à présent dans la zone d'étude de Kirchenerkopf et Lachen (Reiss 1991, Schmidt 1993, Rust 2004, C. Rust, comm. pers.). 18 espèces se sont retrouvées au Lachen et 26 espèces à l'Ancien Bras (Figure 4). Sur le nombre total d'espèces, 26 (90 %) habitent les eaux calmes et 18 espèces (62 %) (également ou uniquement) les eaux courantes, de nombreuses espèces étant présentes dans les deux types d'eau. Avec une Indice de Jaccard de 0.57, les deux objets d'étude montrent une similarité moyenne en termes de colonisation avec les libellules adultes.

Sur les 29 espèces, 16 étaient présentes dans les deux plans d'eau. *Calopteryx splendens*, *Chalcolestes viridis* et *Sympetrum fonscolombii* ont été observé seulement au Lachen, tandis que les 13 espèces suivantes n'étaient présentes que dans l'Ancien Bras: *Brachytron pratense*, *Calopteryx virgo*, *Erythromma viridulum*, *Gomphus pulchellus*, *Ischnura pumilio*, *Orthetrum albistylum*, *Orthetrum brunneum*, *Orthetrum coerulescens*, *Platycnemis pennipes* et *Somatochlora flavomaculata*. La proportion de ces espèces dans le nombre total d'individus dans les plans d'eau respectifs était inférieure à 2 %.

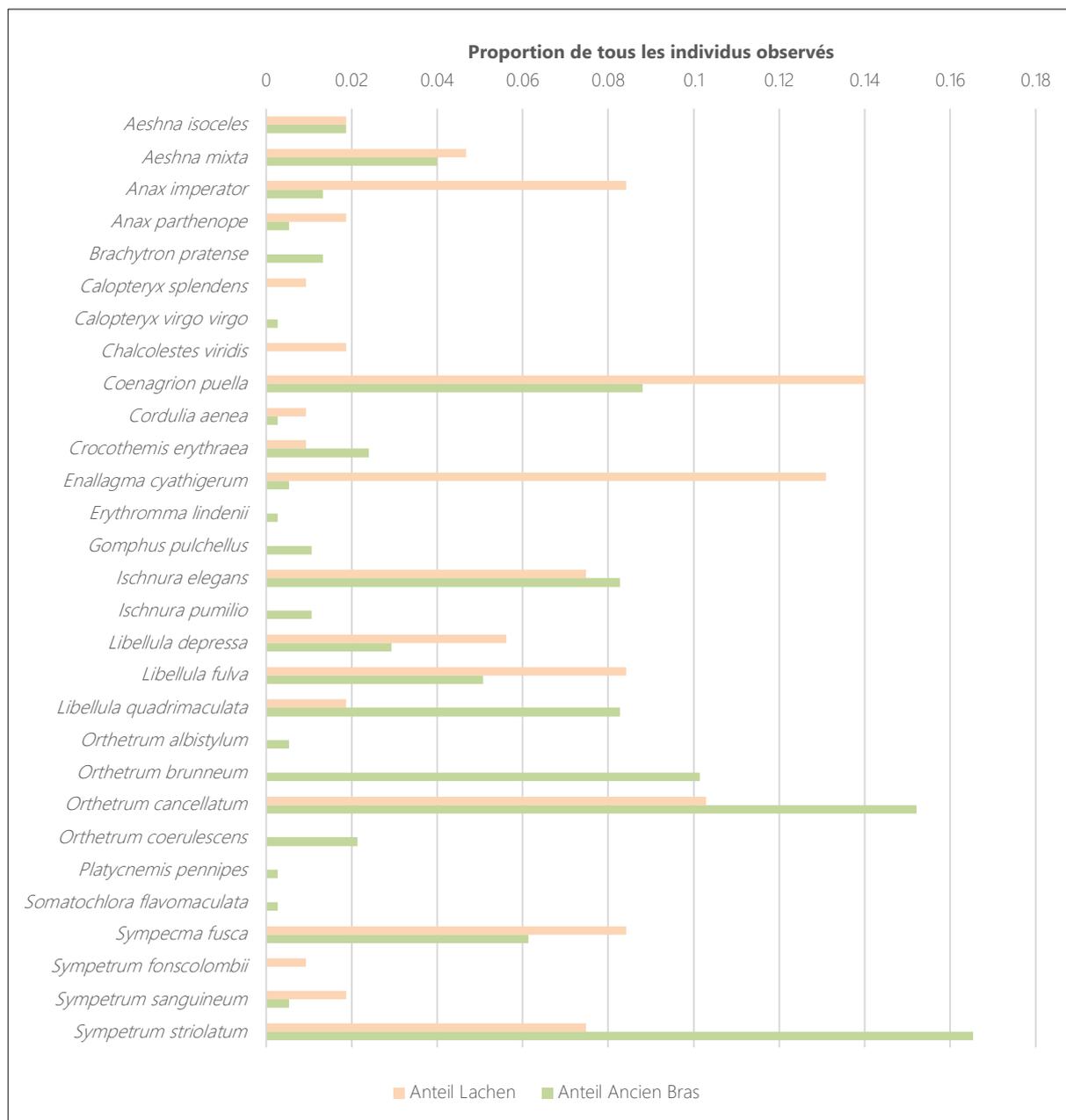


Figure 4: Proportion d'adultes de chaque espèce dans le nombre total d'individus adultes de libellules dans les deux plans d'eau examinés Lachen et Ancien Bras.

Les espèces les plus communes avec une proportion $\geq 8\%$ étaient au Lachen *Anax imperator*, *Coenagrion puella*, *Enallagma cyathigerum*,

Libellula fulva, *Orthetrum cancellatum* et *Sympecma fusca*, sur l'Ancien Bras *Coenagrion puella*, *Ischnura elegans*, *Libellula quadrimaculata*, *Orthetrum brunneum*, *Orthetrum cancellatum* et *Sympetrum striolatum*.

Par rapport aux études précédentes réalisées entre 1980 et 2000, les mentions des espèces suivantes sont manquantes en 2023: *Aeshna cyanea*, *Coenagrion pulchellum*, *Lestes sponsa*, *Sympetrum depressiusculum*, *Sympetrum pedemontanum* et *Sympetrum vulgatum*.

Parmi les espèces inscrites à la Liste Rouge d'Alsace et précédemment recensées en Petite Camargue Alsacienne, seule *Aeshna isoceles* est observée (Tableau 5).

Tableau 5: Nombre d'individus des espèces de libellules menacées et potentiellement menacées de la Liste rouge d'Alsace (RL E) sur le Lachen et sur l'Ancien Bras précédemment détectés dans la zone.

Espèce	Classement RL E	Lachen/Ancien Bras 1980 – 2004	Lachen 2023	Ancien Bras 2023
<i>Aeshna isoceles</i>	VU	X	2	7
<i>Sympetrum depressiusculum</i>	VU	X	–	–
<i>Sympetrum pedemontanum</i>	VU	X	–	–
<i>Coenagrion pulchellum</i>	NT	X	–	–
<i>Chalcolete viridis</i>	NT	X	–	–
<i>Somatochlora flavomaculata</i>	NT	X	–	1

En raison de l'approche méthodique, les preuves de reproduction des libellules ne sont disponibles que sous forme de larves. Alors que dans le Lachen, lors des études du macrozoobenthos, qu'un seul individu d'une demoiselle azur (*Coenagrion* sp.) a été capturée, la capture des larves dans l'Ancien Bras représentaient un total de 51 individus répartis en 9 taxons (Figure 5).

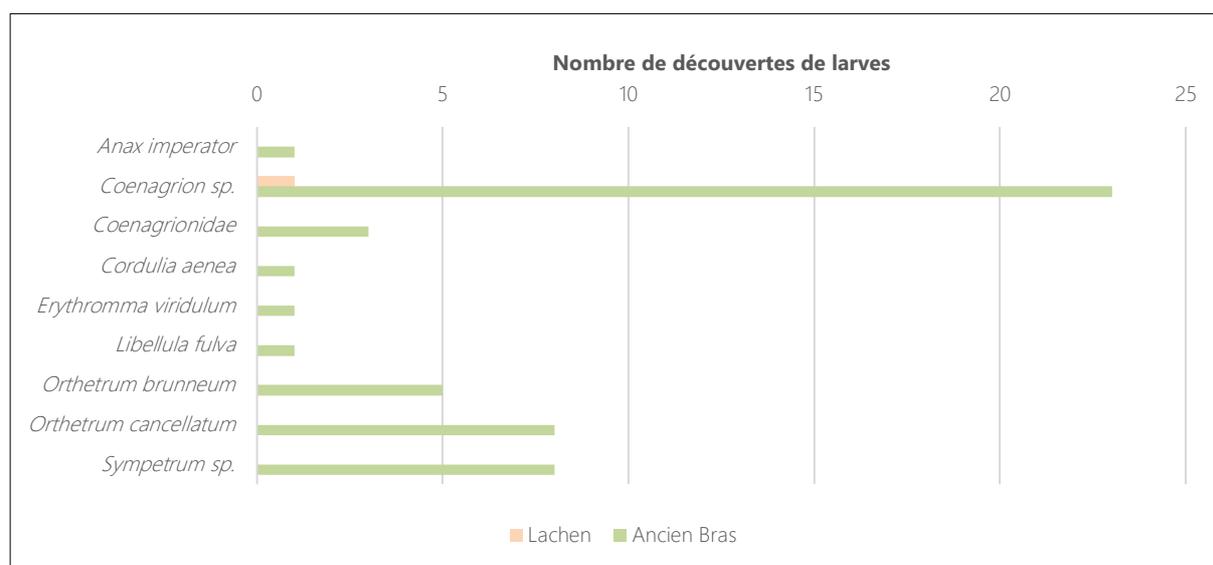


Figure 5: Nombre de découvertes larvaires des différents taxons de libellules dans les eaux du Lachen et de l'Ancien Bras.

3.7 Macrozoobenthos

Lors des études macrozoobenthos, 61 taxons ont été observés dans les deux plans d'eau. Alors que 18 taxons étaient présents dans le Lachen, l'Ancien Bras est peuplé d'un total de 53 taxons.

Dans les groupes taxonomiques, de nettes différences de colonisation entre les deux plans d'eau étaient perceptibles (Tableau 6). L'espèce de sangsue (Hirudinea) *Helobdella stagnalis* a été trouvée exclusivement dans le Lachen, tout comme l'espèce isopode de l'eau *Proasellus coxalis* et les puces d'eau (Cladocera) ainsi que les espèces de corixidés (Corixidae) *Sigara lateralis* et *Sigara striata*. Dans l'Ancien Bras se trouvaient l'espèce de sangsue *Erpobdella octoculata*, six des onze espèces d'escargots (Gastropoda), la seule espèce d'amphipode *Gammarus roeseli*, les trois espèces du genre éphémère (Ephemeroptera) *Caenis*, neuf taxons de différentes familles de punaises d'eau (Heteroptera) et quatre espèces de trichoptères (Trichoptera).

Tableau 6: Nombre d'individus des taxons macrozoobenthos retrouvés exclusivement dans le Lachen ou l'Ancien Bras.

Espèce/Taxon	Lachen	Ancien Bras
Hirudinea (sangsues)		
<i>Erpobdella octoculata</i>		1
<i>Helobdella stagnalis</i>	21	
Gastropoda (escargots)		
<i>Bathyomphalus contortus</i>		2
<i>Bithynia tentaculata</i>		1
<i>Ferrissia clessiniana</i>		7
<i>Gyraulus acronicus</i>		2
<i>Gyraulus albus</i>		2
<i>Gyraulus crista</i>		1
<i>Planorbarius</i> sp.		1
Amphipoda (amphipodes)		
<i>Gammarus roeseli</i>		169
Isopoda (isopodes)		
<i>Asellus aquaticus</i>	149	
Phyllopoda (phyllopoies)		
Cladocera	>1000	
Ephemeroptera (éphéméroptères)		
<i>Caenis horaria</i>		23
<i>Caenis luctuosa</i>		14
<i>Carnis robusta</i>		24
Coleoptera (coléoptères)		
<i>Acilius canaliculatus</i>		1
<i>Acilius sulcatus</i>	1	
<i>Enochrus</i> sp.		1
<i>Helochares abscurus</i>		3
<i>Hydaticus seminiger</i>	1	
<i>Laccophilus variegatus</i>		2
<i>Scirtus cf. hemisphaericus</i>		4

Espèce/Taxon	Lachen	Ancien Bras
Heteroptera (punaises)		
<i>Aquarius paludum</i>		3
Corixidae		4
<i>Gerris argentatus</i>		23
<i>Gerris odontogaster</i>		1
<i>Gerris</i> sp.		1
<i>Ilyocoris cimicoides</i>		8
<i>Micronecta scholtzi</i>		7
<i>Micronecta</i> sp.		22
<i>Microvelia reticulata</i>		2
<i>Microvelia</i> sp.		2
<i>Notonecta</i> sp.		3
<i>Plea minutissima</i>		2
<i>Ranatra linearis</i>		1
<i>Sigara nigrolineata</i>		5
<i>Sigara semistriata</i>		2
<i>Sigara lateralis</i>	170	
<i>Sigara</i> sp.	40	
<i>Sigara striata</i>	11	
Megaloptera (mégaloptères)		
<i>Sialis</i> sp.		1
Trichoptera (trichoptères)		
<i>Agrypnia paquetana</i>		8
<i>Ecnomus tenellus</i>		1
<i>Mystacides longicornis</i>		1
<i>Oecetis furva</i>		2
Phryganeidae		1

Seules 13 espèces étaient présentes dans les deux plans d'eau ensemble. La similarité faunistique mesurée avec l'indice de Jaccard était donc assez faible à 0.163.

La diversité selon Simpson (1-D) est de 0.786 dans le Lachen, plus petite que dans l'Ancien Bras avec 0.896 (Tableau 7). La diversité, mesurée par l'indice de Shannon, est également plus faible dans le Lachen à 1.851 que dans l'Ancien Bras d'une valeur de 2.796.

Tableau 7: Paramètres de diversité du macrozoobenthos dans les deux eaux examinées: richesse en taxons, indice de Simpson (1-D) et indice de Shannon.

Plan d'eau	Lachen	Ancien Bras
Richesse en taxons	18	53
Indice de Simpson (1-D)	0.786	0.896
Indice de Shannon	1.851	2.796

3.8 Plantes vasculaires

Dans les deux plans d'eau examinés, 22 espèces de plantes vasculaires strictement liées aux habitats aquatiques ont été recensées.

Alors qu'il y avait six espèces dans le Lachen, il y en avait dans l'Ancien Bras un total de 19 espèces (Tableau 8).

A noter sont les plantes aquatiques immergées (hydrophytes) *Chara vulgaris* et *Najas marina*, cette dernière étant classée potentiellement en danger (NT) dans la Liste rouge d'Alsace (Vangendt et al. 2014).

Tableau 8: Nombre de relevés de plantes vasculaires dans les régions du Lachen et de l'Ancien Bras, où ont été menées des recherches faunistiques. *: Classé NT dans la Liste Rouge d'Alsace.

Espèce/Taxon	Lachen	Ancien Bras
<i>Agrostis stolonifera</i>		2
<i>Calamagrostis epigejos</i>		3
<i>Cardamine amara</i>		1
<i>Carex elata</i>		6
<i>Carex</i> sp.	4	4
<i>Chara vulgaris</i>		3
<i>Deschampsia cespitosa</i>		2
<i>Equisetum hyemale</i>		2
<i>Eupatorium cannabinum</i>	1	
<i>Evonymus europaeus</i>	2	
<i>Galium palustre</i>		4
<i>Humulus lupulus</i>	2	
<i>Hypericum tetrapterum</i>		2
<i>Juncus articulatus</i>		3
<i>Juncus bufonius</i>		2
<i>Lysimachia vulgaris</i>	1	1
<i>Lythrum salicaria</i>		4
<i>Molinia arundinacea</i>		3
<i>Najas marina</i> *		1
<i>Phragmites australis</i>	5	9
<i>Ranunculus sceleratus</i>		1
<i>Scutellaria galericulata</i>		4

Une comparaison plus détaillée des populations de plantes vasculaires et de characées des deux plans d'eau est omise en raison du caractère purement indicatif des études floristiques.

4 Évaluation de l'état écologique du Lachen et analyse des causes profondes

L'augmentation des niveaux de nitrites dans le Lachen par rapport à l'Ancien Bras indiquent que la nitrification ne se produit pas complètement au printemps. D'une part, cela peut être dû à un mauvais apport en oxygène et/ou à des températures plus basses (Dodds & Whiles 2010). L'ampleur des concentrations de nitrites était comparable à celles des études de Bertram (1994), qui attribuait également l'augmentation des valeurs de nitrites aux conditions anaérobies. Les concentrations de nitrate au cours de la même saison sont faibles et corrélées à des niveaux élevés d'ammonium et à de faibles concentrations d'oxygène dans l'étude approfondie de Bertram (1994). En raison des niveaux de nitrites actuellement élevés, on peut supposer qu'il existe encore des déficits importants en oxygène dans le Lachen.

Les valeurs déterminées à titre indicatif d'échantillonnage indiquent donc que l'état physico-chimique du Lachen n'a que peu changé au cours des 30 dernières années. Malgré la construction du bassin de rétention des eaux de pluie, les eaux usées non traitées s'écoulent toujours du réseau d'égouts vers le canal et les bassins, comme en témoignent clairement les résidus solides sur les buissons et dans l'eau.

La comparaison de la présence de reptiles principalement terrestres montre clairement que la faune des deux sites examinés est comparable et dépend principalement de la structure de la berge et de ses environs. Bien qu'il n'y ait pas de population de poissons, la couleuvre à collier, en tant qu'espèce de reptile, trouve beaucoup de nourriture au Lachen, probablement en particulier des grenouilles vertes.

D'une part, les plans d'eau stagnants fournissent un service écologique dans la mesure où diverses espèces animales terrestres telles que les oiseaux ou les chauves-souris dépendent d'une large mesure des stades adultes ailés d'insectes aquatiques pour se nourrir (par ex. Fehlinger et al. 2023). D'autre part, l'environnement détermine l'attractivité d'un plan d'eau pour la colonisation par des insectes aquatiques ou des animaux terrestres au mode de vie amphibien.

L'absence de différences majeures dans les populations adultes d'amphibiens entre le Lachen et l'Ancien Bras peuvent probablement s'expliquer par leur activité migratoire. Les rainettes ont trouvé un endroit idéal pour leurs parades nuptiales dans les roselières et les arbres des zones nord du Lachen (Stumpel 1993, Pettelt et al 2006). Cependant, le manque de larves d'amphibiens dans le bassin montre que, malgré des structures attrayantes dans la zone des berges, on ne peut actuellement pas s'attendre à une reproduction réussie des amphibiens.

Contrairement aux groupes d'animaux amphibien, il existait des différences majeures entre le Lachen et l'Ancien Bras parmi les espèces qui vivaient

dans l'eau toute l'année. Parmi les groupes avec respiration branchiale tels que les poissons, les amphipodes, les éphémères, les sialidés et les trichoptères, il n'y avait aucune trace dans le Lachen, tandis que les coléoptères, les insectes qui absorbent l'oxygène de l'air, et les escargots avaient plus d'espèces/taxons dans l'Ancien Bras. Les espèces de punaises aquatiques comme *Sigara striata* sont considérées comme tolérants aux températures élevées et à une salinité élevée (Carbonell 2017, Hädicke et al. 2017, Klecka 2014). De plus, les espèces *Sigara semistriata* et *S. nigrolineata* trouvées dans l'Ancien Bras sont associés à des concentrations d'oxygène plus élevées et des concentrations de nitrites plus faibles que *S. striata* et *S. lateralis*, qui n'ont été détectées que dans le Lachen (Lock et al. 2013).

Les espèces qui vivent à la surface de l'eau, comme les gerridés ou les punaises aquatiques, absorbent l'oxygène de l'air directement ou via un tube respiratoire. Les notonectes emportent une réserve d'air avec eux dans des franges ciliées sur l'abdomen pendant leurs plongées à l'âge adulte et comme larves. Les corixidés, en revanche, ne portent un coussin d'air sous leurs ailes qu'à l'âge adulte. Leurs larves absorbent l'oxygène directement de la surface de leur corps. Au stade larvaire, la concentration d'oxygène dissoute dans l'eau exerce alors une influence importante sur les conditions de vie. Vu que *Sigara lateralis* et *Sigara striata*, contrairement aux autres espèces de punaises aquatiques, sont présentes en masse dans les piscines pauvres en oxygène; elles sont probablement particulièrement tolérantes à la pollution de l'eau et au manque d'oxygène qui y est associé. La principale raison de l'apparition exclusive de nombreuses espèces de punaises aquatiques liées à la surface de l'eau dans l'Ancien Bras est probablement un niveau de structure plus élevé.

Pour les coléoptères, qui respirent également l'oxygène de l'air sous forme de larves et d'adultes, il n'y a pas de différence nette dans la colonisation des deux plans d'eau comparés.

Chez l'espèce de trichoptères *Oecetis furva*, la forte liaison avec les plantes aquatiques immergées semble être responsable de l'absence de larves dans le Lachen (Hering & Schmidt-Kloiber 2024), tandis que dans le cas des autres espèces de trichoptères, dont la plupart réside sur les sédiments, des substances chimiques des paramètres physiques devraient également être responsables de l'absence de larves dans le Lachen.

Cette situation est très claire avec les libellules. Les libellules adultes à la recherche des eaux de reproduction sont (comme d'autres groupes d'insectes aquatiques) principalement attirées par la structure au bord de l'eau et les motifs de réflexion de la lumière à la surface de l'eau (Wildermuth & Küry 2009). Alors que les adultes du Lachen montrent un comportement reproducteur non perturbé, dans le Lachen, contrairement à l'Ancien Bras, une seule larve respirant des branchies peut être trouvée.

L'étude des insectes d'eau et des libellules adultes montre que le Lachen représente probablement un piège écologique pour de nombreux insectes aquatiques, ainsi que pour les amphibiens. Les adultes sexuellement matures sont attirés par la diversité des habitats environnants, par la

végétation des berges et par la surface de l'eau. Cependant, en raison de conditions physico-chimiques inappropriées, le développement larvaire ne peut pas être achevé et le cycle de vie est interrompu. Cela signifie que la fonction importante du bassin en tant qu'eau de reproduction pour les espèces aquatiques et amphibiens est perdue. Ce qui reste est une faune gravement appauvrie, composée d'espèces tolérantes au stress.

Les causes de cette situation hostile à la vie pour de nombreuses espèces dignes de protection sont le rejet à long terme d'eaux usées dans le bras mort du Rhin Lachen, dont les conséquences sont décrites en détail au niveau analytique chimique par Bertram (1994). Afin d'améliorer les conditions de la biocénose aquatique et amphibienne de Lachen, des mesures appropriées devraient être prises concernant la pollution des eaux usées et ses conséquences.

5 Objectifs de développement du Lachen

Les principaux objectifs de l'aménagement du Lachen sont de stopper la détérioration de la qualité de l'eau, d'inverser l'envasement progressif et de favoriser le développement naturel de la biocénose.

Pour atteindre cet objectif supérieur, les objectifs opérationnels suivants devraient être mis en œuvre:

(1) Le rejet des eaux usées du réseau d'égouts ou du bassin de rétention de pluie dans le Lachen est évité.

(2) Les sédiments contaminés du bassin sont éliminés jusqu'à ce que la qualité des sédiments corresponde à la situation des bras morts non contaminés ayant des stades de succession comparables.

(3) La moitié de la superficie des roseaux dans les zones nord et sud sera enlevée ainsi que les rhizomes afin d'arrêter et partiellement défaire l'ensablement.

Ces mesures améliorent les conditions pour la biocénose et permettent une reproduction réussie.

Une fois que le Lachen sera réhabilité, un objectif faunistique vérifiable sera de développer une biocénose présentant les caractéristiques suivantes:

- Une population de rainettes vertes se reproduit au Lachen.
- Au moins huit espèces de libellules se reproduisent avec succès dans le Lachen et sont régulièrement détectées sous forme d'adultes ou de larves. Dans un deuxième temps, l'inventaire se fait comparable avec celui de l'Ancien Bras.
- Au moins quatre espèces de trichoptères se reproduisent avec succès au Lachen.
- En plus des deux espèces de corises présentes, au moins cinq autres espèces de punaises aquatiques se développent dans le Lachen.

6 Suggestions de mesures

Les objectifs mentionnés ci-dessus peuvent être mis en œuvre grâce à un certain nombre de mesures. Un contrôle de réussite doit vérifier si les objectifs ont été atteints et si les progrès ont été réalisés afin de prendre des mesures correctives si nécessaire.

L'exigence de base à respecter est que les mesures se déroulent dans une zone protégée et sensible. Lors de la planification des mesures de rénovation, il convient donc de clarifier soigneusement si la mise en œuvre des mesures affectera ou perturbera des espèces animales et végétales rares et menacées dans le Lachen lui-même et dans les milieux terrestres voisins. Le principe de base est de choisir les mesures ayant le moins d'impact négatif sur la biocénose.

6.1 Rénovation du relief du bassin de rétention des eaux pluviales

Il existe deux options pour assainir le rejet d'eaux usées non traitées dans le Lachen qui se produit après de fortes pluies : (1) Le bassin de rétention pourrait être agrandi de manière que la totalité de la quantité d'eau soit retenue même si la quantité d'eaux usées augmente en cas d'incident de pluie forte. (2) Une canalisation pourrait être construite menant au Rhin, qui dirigerait les eaux usées non traitées vers le Rhin ou alors vers le Grand Canal d'Alsace en cas d'incident. Pour les deux variantes, les options de mise en œuvre techniques et politiques devraient être clarifiées avec des experts.

Lors de la rénovation du Lachen, tant l'élimination appropriée des sédiments contaminés (boues de sol) (voir chapitres 6.2.1 et 6.2.2) que l'élimination ultérieure des matériaux enlevés (voir chapitre 6.2.3) sont les défis centraux. Les variantes 1 et 2 peuvent être utilisées séparément, mais aussi en combinaison.

6.2 Élimination des sédiments

6.2.1 Variante 1 : Dragage

L'élimination des sédiments contaminés à l'aide de pelles est une méthode traditionnelle de revitalisation des étangs (Figure 6). En éliminant complètement mécaniquement les boues, le fond de gravier d'origine du Lachen est exposé par endroits, ce qui permet le raccordement à la nappe phréatique.

Puisqu'il faut s'attendre à ce que le Lachen soit toujours partiellement alimentée par les eaux souterraines, le niveau d'eau doit être abaissé lors du dragage. Pour cela, l'eau doit être pompée. Dans ces conditions, le fond de l'eau peut être parcouru.

Afin de maintenir les perturbations aussi faibles que possible malgré la population pauvre en espèces, le dragage doit être programmé pendant les mois d'hiver et le passage sur les sédiments doit être effectué avec le

plus de prudence possible. Les exigences techniques doivent être soigneusement clarifiées et l'impact sur les zones protégées voisines doit être aussi faible que possible.

L'étape de succession à laquelle s'adressent les mesures doit être définie comme l'État cible (par exemple étape pionnière, étape précoce ou intermédiaire de la succession). Il reste donc à déterminer dans quelle mesure la zone d'envasement avec la vaste ceinture de roseaux doit être supprimée et dans quelle mesure des habitats pionniers doivent être créés dans les zones des berges, par exemple sur la pente d'impact.

L'abaissement du niveau de l'eau et les mesures de protection pendant les travaux de construction ainsi que les installations temporaires pour le stockage provisoire des sédiments représentent des défis majeurs et doivent être soigneusement planifiés et mis en œuvre.



Figure 6: Exemple de dragage des sédiments après drainage de l'eau de l'étang près de Bad Schauenburg au-dessus de Liestal (Photo : Kury, Life Science).

6.2.2 Variante 2 : Aspiration des sédiments

Là où le risque de dommages aux environs est élevé, les dragues suceuses sont souvent utilisées pour éliminer les sédiments et rétablir un échange entre les eaux de surface et les eaux souterraines. En plus des unités de

pompage terrestres, des dragues suceuses amphibies ou flottantes sont également utilisées (Figure 7). La couche supérieure de sédiments est éliminée par une tête d'aspiration fixée à un bras de levier. Les sédiments sont pompés vers un site de drainage (Figure 9) via un tuyau/tuyau flottant.

Les boues peuvent être extraites sans abaisser le niveau de l'eau, mais des questions similaires se posent concernant l'accessibilité à l'eau comme pour le dragage. Les dragues suceuses amphibies ou flottantes nécessitent un lieu de mise à l'eau.

Si la superficie des roseaux doit être réduite en même temps, les sédiments et les rhizomes de la zone d'ensablement doivent être éliminés dans un deuxième temps.



Figure 7: Exemple d'un aspirateur de boue amphibien utilisé dans le Wenkenpark à Riehen (Photo : Küry, Life Science).

6.2.3 Traitement et élimination des sédiments

Les sédiments qui en résultent sont principalement constitués d'eau, mais contiennent une forte proportion de matières organiques ou inorganiques de tailles variables. Les matériaux de dragage ou d'aspiration pourraient être soit placés à proximité immédiate, soit transportés pour être éliminés.

La décision à prendre ne peut être prise que sur la base d'une analyse chimique des sédiments. Dans le cas de plans d'eau reliés à des systèmes de drainage – comme c'est le cas à Lachen – un test de pollution chimique pour les métaux lourds et les hydrocarbures aromatiques polycycliques décide du sort des boues.



Figure 8: Épandage de sédiments de bassin non contaminés sur les prairies voisines dans le cadre d'une rénovation de bassin.

Si la contamination légalement autorisée n'est pas dépassée, tout ou partie des sédiments peuvent être épandus sur les terres agricoles voisines (Figure 8) ou compostés sur place. Si les concentrations de polluants dépassent les limites légales, les sédiments doivent être évacués et éliminés de manière appropriée dans un autre endroit. Les procédés possibles comprennent le post-traitement dans la station d'épuration voisine, l'élimination des matériaux dans une décharge ou l'incinération dans un four équipé de manière appropriée.

Afin de répandre des sédiments non contaminés sur les zones agricoles voisines, la couche arable est enlevée et stockée dans une décharge provisoire. La boue est répandue sur le sous-sol lorsqu'il est humide (Fig. 8), et après séchage, la couche arable est à nouveau répartie sur la zone.

Pour le compostage, les sédiments, éventuellement accompagnés de matières organiques supplémentaires, sont épandus sur une zone à définir.

Après le processus de pourriture, le compost mûr peut être épandu sur les zones agricoles adjacentes ou transporté.

Si un transport est prévu pour l'élimination des sédiments, les sédiments sont transportés à l'aide de géotubes (sacs filtrants en géotextile) jusqu'à ce qu'ils soient increvables (Figure 9). Si l'eau sortant des géotubes est contaminée, elle doit être collectée et acheminée vers une station d'épuration.



Figure 9: Exemple d'un site de drainage où les sédiments sont drainés à l'aide de géotubes (Photo : Umwelt Aargau, n° 94 janvier 2024).

La boue séchée contient une proportion élevée d'azote et de phosphore, nutriments végétaux, et convient comme engrais agricole à condition qu'elle ne soit pas contaminée par des polluants. Le Lachen étant en contact direct avec l'ouvrage d'épuration, les conditions d'épandage sur les terres agricoles ne seront probablement pas réunies.

S'il est peu probable que les boues puissent être épandues sur des terres arables ou compostées sur place en raison d'une pollution excessive, elles devraient être transférées vers une décharge locale pour être éliminées. Les exigences relatives à l'élimination des déchets dans la décharge s'appliquent à cela. À cet égard, tous les permis et options doivent être clarifiés.

Les boues contaminées peuvent également être éliminées dans des installations d'incinération de déchets, des installations d'incinération de

boues ou dans des centrales électriques et des cimenteries alimentées au charbon. Les boues doivent contenir une proportion minimale de matière organique.

Avec une superficie d'environ 9 570 m² et une épaisseur moyenne de couche de boue d'environ 0,35 m (Bertram 1994), le volume théorique de boue humide d'environ 3 350 m³ résulte du Lachen.

6.3 Estimation approximative des coûts

Étant donné que le traitement des sédiments, l'admissibilité et l'étendue des zones d'aménagement de chantier/voies d'accès/zones de drainage (par exemple travaux de dégagement pour les voies de construction) ainsi que l'utilisation des équipements n'ont pas encore été clarifiés, aucune estimation détaillée des coûts n'est actuellement possible.

Selon des informations plus anciennes en provenance de Suisse, les coûts pour l'élimination des sédiments, le traitement et le transport ainsi que l'utilisation et l'élimination s'élèvent à 50-70 CHF / m³ pour les sédiments non contaminés et à 70-80 CHF / m³ et pour les sédiments plus fortement contaminés à 90-130 CHF / m³ (AWEL 2003). Avec un volume de boues de 3 350 m³, le coût total peut donc être estimé entre 170 000 CHF / € et 450 000 CHF / €. Les frais d'aménagement des zones à bâtir et des voies d'accès en raison d'un accès difficile ne sont pas inclus. Toutefois, les prix ont probablement augmenté au cours des 20 dernières années.

Un exemple comparable de 2020 montre des coûts de 590 000 CHF / €, recyclage des matériaux compris, pour l'élimination et l'élimination des sédiments non contaminés d'un bras mort de la Reuss (canton d'Aargau, Suisse). Avec les coûts supplémentaires liés à la planification du projet, à la modélisation du terrain et au piégeage du sable, le coût total s'est élevé à plus d'un million de francs / euros.¹

¹« Stille Reuss » réactivation et valorisation des eaux calmes. Requête en ligne le 6 février 2024
https://www.fischbach-goeslikon.ch/wp-content/uploads/Kurzbeschrift-Ortsbuergergemeinde_2020.04.02.pdf

7 Évaluation des mesures et recommandations

Sans mesures de revitalisation fondamentale aucun développement positif ne peut être prévu pour le Lachen en raison de la dégradation continue de la qualité de l'eau et de l'envasement progressif. C'est pourquoi un certain nombre de mesures doivent être prises pour atteindre les objectifs de développement.

La mise en œuvre des mesures a un impact sur les domaines suivants de l'environnement: qualité de l'eau, végétation/flore, animaux/faune, l'ensemble de la zone protégée du Kirchenerkopf. Une évaluation de l'intensité de ces impacts est résumée dans la matrice du Tableau 9.

Tableau 9: Conséquences à court terme (lors des travaux de construction) et effets à long terme des mesures proposées pour la valorisation écologique du Lachen. Effets: - : négatif, o : indifférent, + : bon, ++ : très bon, +++ : optimal.

Effets	La qualité d'eau		Végétation/Flore		Animaux/Faune		zone protégée	
	court terme	long terme	court terme	long terme	court terme	long terme	court terme	long terme
Sans mesures	-	-	-	-	-	-	-	-
Empêcher le rejet des eaux usées	++	+++	+	+	o	+	o	o
Dragage des sédiments	+	++	++	+++	++	+++	-	+
Drague suceuse à sédiments	+	++	++	+++	++	+++	o	+
Repousser les roseaux	o	o	++	+++	++	+++	+	++
Somme des mesures	++	+++	++	+++	++	+++	++	+++

Les deux procédés, pelles mécaniques et pelles-aspiratrices, diffèrent par leur impact sur l'ensemble de la zone protégée car l'espace nécessaire aux installations et aux équipements de chantier est différent. Cette évaluation suppose que les sédiments seront retirés de la zone et qu'il n'y aura pas de conséquences négatives sur la qualité des habitats de la zone protégée.

Avec les recommandations suivantes, un développement réussi pour atteindre les objectifs est possible:

- La mesure la plus importante consiste à empêcher que des eaux usées non traitées ne soient déversées dans le Lachen.
- En éliminant les sédiments, les conditions de vie des espèces végétales et animales peuvent être optimisées à long terme.
- En combinaison avec l'élimination des rhizomes des roseaux, la zone des roseaux est réduite et le processus d'ensablement progressif est également réinitialisé.

8 Perspectives, étapes supplémentaires

Sur la base des mesures proposées dans le rapport, diverses évaluations devraient être réalisées, qui comprennent les étapes suivantes :

- Réviser et, si nécessaire, adapter les objectifs de développement proposés.
- Contacter les exploitants de la station d'épuration du Village-Neuf et clarifier les possibilités de remédier la situation de pollution du canal d'adduction de Lachen et de détourner le trop-plein du bassin de rétention des eaux pluviales directement vers le Grand Canal d'Alsace.
- Enquêtes sur une éventuelle contamination des sédiments du Lachen et clarification des options d'élimination des sédiments.
- Formulation d'un concept d'assainissement du Lachen ayant pour objectifs d'éliminer les sédiments et les rhizomes de roseaux pour reculer le processus d'ensablement.
- Planification de l'exécution et mise en œuvre des mesures de rénovation du Lachen.

9 Bibliographie

- Albrecht, K., Hör, T., Henning, F. W., Töpfer-Hofmann, G., Grünfelder, C. 2013. Leistungsbeschreibungen für faunistische Untersuchungen im Zusammenhang mit landschaftsplanerischen Fachbeiträgen und Artenschutzbeitrag. Forschungs- und Entwicklungsvorhaben FE 02.0332/2011/LRB im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung. Schlussbericht Dezember 2013.
- Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft (AWEL). Baudirektion Kanton Zürich. 2003. Entsorgung von Sedimenten aus Stauhaltungen. Grundlagebericht Kurzversion. 23 p.
- Bertram, A. 1994. Der Lachen, ein totes Auengewässer am Oberrhein. Diplomarbeit, Universität Basel.
- Blanke, I. 2006. Effizienz künstlicher Verstecke bei Reptilienerfassungen: Befunde aus Niedersachsen im Vergleich mit Literaturangaben. Zeitschrift für Feldherpetologie, 13, pp.49–70.
- Carbonell, J A; Bilton, D T; Calosi, P; Millan, A; Stewart, Alan; Velasco, J (2017). Metabolic and reproductive plasticity of core and marginal populations of the eurythermic saline water bug *Sigara selecta* (Hemiptera: Corixidae) in a climate change context. University of Sussex. Journal contribution. <https://hdl.handle.net/10779/uos.23439809.v1>
- Dodds W. K. & Whiles M. R. 2010: Freshwater Ecology. Concepts and Environmental Applications of Limnology, Elsevier, Amsterdam 811 pp.
- Durrer, H. (o. J.). Projet ambitieux: Restauration du bras mort « Lachen ». Power Point, PDF.
- Fehlinger L., Misteli B., Morant D., Juvigny-Khenafou, N., Cunillera-Montcusí D., Chaguaceda F., Stamenković O., Fahy J., Kolář V., Halabowski D., Nash L.N., Jakobsson E., Nava V., Tirozzi P., Urrutia Cordero P., Mocq J., Camacho Santamans A., Zamora-Marín J. M., Marle P., Chonova T., Bonacina L., Mathieu-Resuge M., Suarez E., E. Osakpolor S., Timoner P., Evtimova V., Nita D., Carreira B.M., Tapolczai K., Martelo J., Gerber R., Dinu V., Henriques J., Selmečzy G. B. & Rimcheska B. (2023) The ecological role of permanent ponds in Europe: a review of dietary linkages to terrestrial ecosystems via emerging insects, *Inland Waters*, 13:1, 30–46.
- Hachtel, M., Schlüpmann, M., Theismeier, B., Weddelling, K. 2009a. Methoden der Feldherpetologie, Zeitschrift für Feldherpetologie, Supplement 15. Doeringhaus, A. et al., 2005. Methoden zur Erfassung von Arten der Anhänge IV und V der Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie. Naturschutz und Biologische Vielfalt 20, p.449.
- Hachtel, M., Schmidt, P., Brocksieper, U., Roder, C. 2009b. Erfassung von Reptilien – eine Übersicht über den Einsatz künstlicher Verstecke (KV) und die Kombination mit anderen Methoden. In M. Hachtel et al., eds. Methoden der Feldherpetologie. Zeitschrift für Feldherpetologie, Supplement 15, pp. 85–134. Available at: http://www.biostation-bonn.de/_con02/upload/downloads/Methoden-Feldherpetologie-Hachtel_et_al.pdf.
- Hädicke, C. W., Redei D., Kment P. (2017). The diversity of feeding habits recorded for water boatmen (Heteroptera: Corixoidea) world-wide with implications for evaluating information on the diet of aquatic insects. *European Journal of Entomology* 114: 147-159.

- Indermuehle, N., Angélibert S., Oertli, B. 2008. IBEM: Indice de Biodiversité des Etangs et Mares. Manuel d'utilisation. Ecole d'Ingénieurs HES de Lullier, Genève. 33 p.
- Klecka, J. (2014). The role of a water bug *Sigara striata*, in freshwater food webs. PeerJ 2: e389.
- Küry D. & J. Christ 2010: Libellenfauna und Libellenschutz im Kanton Basel-Stadt (Schweiz). Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaften beider Basel 12: 105–118.
- König, C. 1982. Wegweiser durch die Natur - Vögel Mitteleuropas. Verlag Das Beste Stuttgart.
- Lock K., Adriaens T., Van De Meutter F., Goethals P. (2013). Effect of water quality on waterbugs (Hemiptera: Gerromorpha & Nepomorpha) in Flanders (Belgium): results from a large-scale field survey. Annales de Limnologie - International Journal of Limnology 49(2): 121-128.
- Müller D. 2024: Pflege von Weihern und Altarmen, UmweltAargau94:11–14.
- Pellet, J., Rechsteiner, L., Skrivervik, A. J., Zürcher, J. F., N. Perrin 2006. Use of the Harmonic Direction Finder to study the terrestrial habitats of the European tree frog (*Hyla arborea*). Amphibia-Reptilia 27:138–142.
- Reiss T. 1991: Die Libellenfauna der Petite Camargue Alsacienne. Bulletin de la CINA, unveröff. Manuskript
- Reiss T. & J. Christ 1981: Artenliste der Libellen im Jahre 1981 (Morgenweide, Village-Neuf, Kirchenerkopf, Pisciculture). unveröff. Photokopie 2 pp.
- Rust C. 2004: Petite Camargue Alsacienne – Libellenparadies in der südlichen Oberrheinebene. Mercuriale 4: 2–5.
- Schmidt B. 1993: Ökologische Untersuchungen zur Libellenfauna der Petite Camargue Alsacienne 1993: speziell der Sumpf-Heidelibelle unter Berücksichtigung der Vegetation und der Hydrodynamik. Berichte Forschungsstation RANA Petite Camargue Alsacienne 1993:1–6
- Schlüpmann, M., Kupfer, A. 2009. Methoden der Amphibienerfassung – eine Übersicht. In: Hachtel, M., Schlüpmann, M., Thiesmeier, B., Weddeling, K. (Hrsg.): Methoden der Feldherpetologie. Zeitschrift für Feldherpetologie, Supplement 15: 784.
- Schmidt-Kloiber, A. & Hering, D. (eds.) 2024: www.freshwaterecology.info - the taxa and autecology database for freshwater organisms, version 8.0 (accessed on 08.02.2024).
- Stumpel, A. H. P. 1993. The terrestrial habitat of *Hyla arborea*. in A. H. P. Stumpel & U. Tester (ed.) Ecology and conservation of the European tree frog. Institute for Forestry and Nature Research, Wageningen, The Netherlands pp. 47–54
- Vangendt J., Berchtold J.-P., Jacob J.-C., Holveck P., Hoff M., Pierne A., Reduron J.-P., Boeuf R., Combroux I., Heitzler P., Treiber R., 2014. La Liste rouge de la Flore vasculaire menacée en Alsace. CBA, SBA, ODONAT, 96 p. Document numérique.
- Wildermuth H. & D. Küry 2009: Libellen schützen, Libellen fördern. Leitfaden für die Naturschutzpraxis, Beiträge zum Naturschutz in der Schweiz 31/2009, 1–88.

10 Annexe

Annexe 1 : Localisation des cachettes artificielles et des pièges

Figure 10 et Figure 11 montrent l'emplacement des cachettes artificielles individuelles dans l'étude des reptiles (KV_1a à 9a ou KV_1b à 9b) ainsi que les groupes de pièges individuels (trois pièges par groupe) dans l'étude des amphibiens et des tritons (RF_La1 à 5 ou RF_Re1 à 5).



Figure 10: Localisation des cachettes artificielles (points grisâtres ; KV_1a à KV_9a) pour reptiles et pièges à poissons pour amphibiens et tritons (points roses ; RF_La1 à RF_La5) au Lachen.



Figure 11: Localisation des cachettes artificielles (points grisâtres ; KV_1b à KV_9b) pour reptiles et pièges à amphibiens ou tritons (points roses ; RF_Re1 à RF_Re5) dans le monde antique Bras .

Annexe 2 : Photos de vertébrés

Ci-dessous sont présentés les enregistrements sur le terrain ou en laboratoire d'organismes sélectionnés.

Amphibiens

Lors des inspections d'amphibiens, seuls les adultes et les têtards du complexe de grenouilles vertes (Figure 12 et Figure 13) ainsi qu'une boule de ponte de grenouille rousse (Figure 14) ont pu être photographiés. Les autres espèces d'amphibiens identifiées ont été capturés auditivement.



Figure 12: Grenouille verte adulte dans le Lachen.



Figure 13: Larve de grenouille verte avec une bande brillante et floue entre la bouche et l'œil chez l'Ancien Bras.



Figure 14: Boules de ponte de grenouilles rouges dans la roselière du Lachen.

Reptiles

Les reptiles pouvaient être détectés au Lachen et à l'Ancien Bras grâce à l'aide d'inspections de transects et à l'aide de cachettes artificielles (KV) (Figure 15 à Figure 18).



Figure 15: Grand lézard agile (*Lacerta agilis*) sur un tronc de bois mort au bord du Lachen.



Figure 16: Lézard agile (*Lacerta agilis*) dans une végétation éparse sur les rives de l'Ancien Bras.



Figure 17: Couleuvre helvétique (*Natrix helvetica*) au Lachen sous des cachettes artificielles (KV). Flancs avec des marques de barres noires claires.



Figure 18: Orvet commun (*Anguis fragilis*) au Lachen sous une cachette artificielle (KV).

Poissons

À l'Ancien Bras quatre espèces de poissons ont également été trouvées dans les pièges à amphibiens (Figure 19 à Figure 22).



Figure 19: Jeune carpe (*Cyprinus carpio*) dans l'Ancien Bras.



Figure 20: Tanche (*Tinca tinca*) dans l'Ancien Bras.



Figure 21: Rotenge (*Scardinius erythrophthalmus*) dans l'Ancien Bras.



Figure 22: Épinoche à trois épines juvénile (*Gasterosteus aculeatus*) à l'Ancien Bras.

Oiseaux

Grâce à des caméras animalières, différentes espèces d'oiseaux ont pu être déterminés au Lachen et à l'Ancien Bras (Figure 23 à Figure 35).



Figure 23: Sarcelle d'hiver (*Anas crecca*) sur la rive boisée occidentale du Lachen.



Figure 24: Gallinule poule-d'eau (*Gallinula chloropus*) sur la rive boisée orientale du Lachen.



Figure 25: Pigeon ramier (*Columba palumbus*) sur la rive boisée occidentale du Lachen.

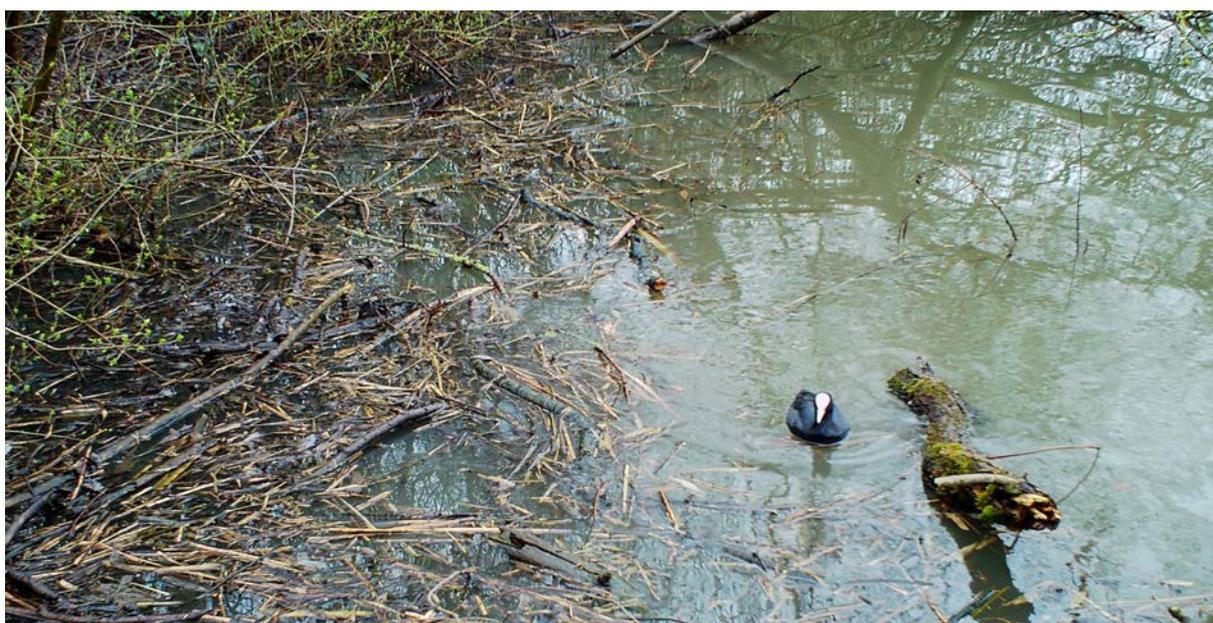


Figure 26: Foulque macroule (*Fulica atra*) sur la rive boisée orientale du Lachen.



Figure 27: Oie cendrée (*Anser anser*) sur la rive orientale de l'Ancien Bras.



Figure 28: Héron cendré volant (*Ardea cinerea*) sur la rive orientale de l'Ancien Bras.



Figure 29: Corneille noire (*Corvus corone*) sur la rive orientale de l'Ancien Bras.

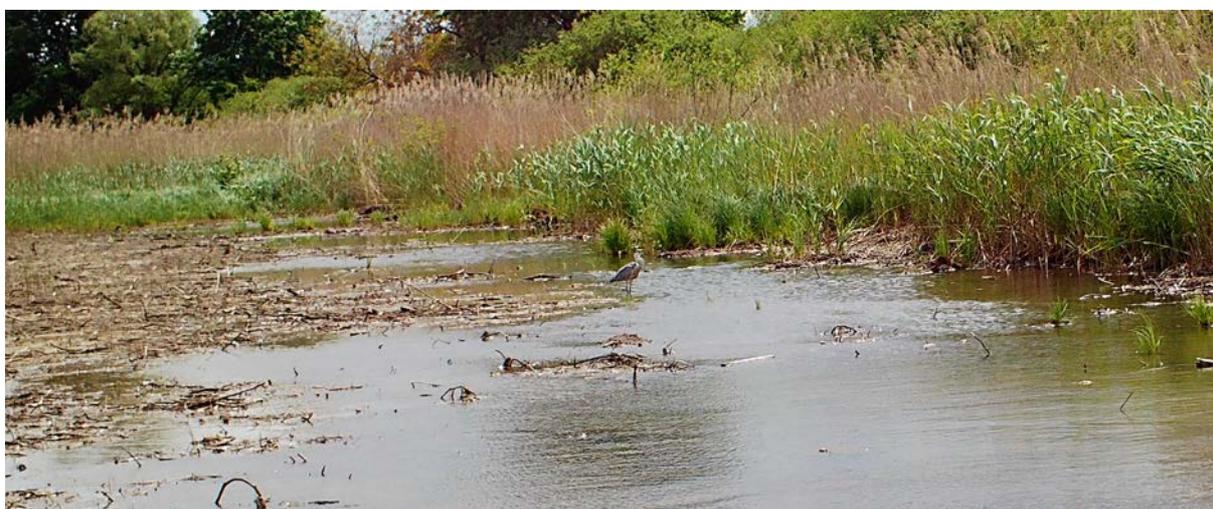


Figure 30: Héron cendré (*Ardea cinerea*) sur la rive orientale de l'Ancien Bras.



Figure 31: Aigrette garzette (*Egretta garzetta*) sur la rive orientale de l'Ancien Bras.



Figure 32: Martin pêcheur (*Alcedo atthis*) en vol photographié à partir de la rive ouest de l'Ancien Bras.

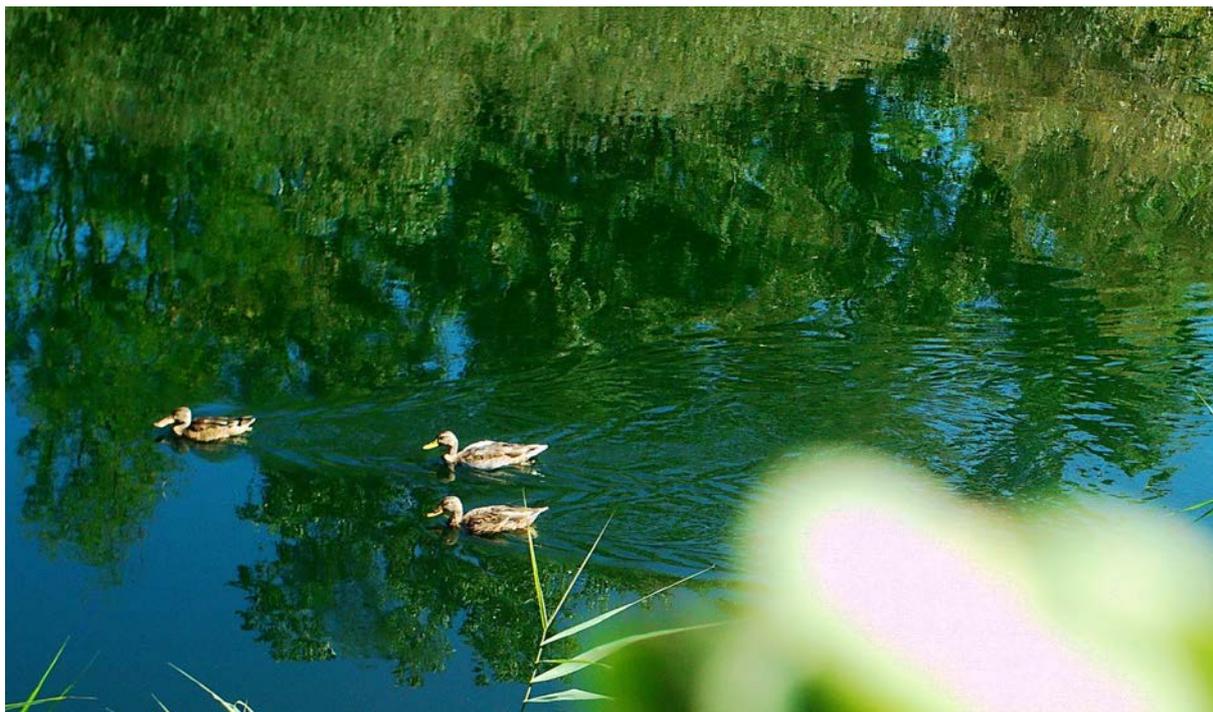


Figure 33: Canard souchet (*Spatula clypeata*) et deux canards colverts (*Anas platyrhynchos*) à l'Ancien Bras photographiés depuis la rive ouest.



Figure 34: Fuligule morillon femelle (*Aythya fuligula*) à l'Ancien Bras photographiés depuis la rive ouest.



Figure 35: Canard chipeau (*Mareca strepera*) à l'Ancien Bras.

Mammifères

Grâce à des caméras animalières, différentes espèces de mammifères ont pu être déterminés au Lachen et à l'Ancien Bras (Figure 36 à Figure 42).



Figure 36: Chevreuil (*Capreolus capreolus*) sur la rive boisée orientale du Lachen.



Figure 37: Sanglier (*Sus scrofa*) sur la rive boisée orientale du Lachen.



Figure 38: Renard roux (*Vulpes vulpes*) sur la rive boisée orientale du Lachen.



Figure 39: Blaireau européen (*Meles meles*) sur la rive est boisée du Lachen.



Figure 40: Martre (*Martes* sp.) sur la rive boisée orientale du Lachen.



Figure 41: Rat musqué (*Ondatra zibethicus*) sur la rive orientale de l'Ancien Bras.



Figure 42: Chevreuil (*Capreolus capreolus*) sur la rive orientale de l'Ancien Bras.